

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOELITON CAMPANI DOS SANTOS

**DESEMPENHO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO NO BIOCONTROLE
E BIOESTIMULO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)**

**PATO BRANCO
2025**

JOELITON CAMPANI DOS SANTOS

**DESEMPENHO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO NO BIOCONTROLE
E BIOESTIMULO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)**

**Performance of biological control agents on biocontrol and biostimulation in soybean
(*Glycine max* (L.) Merrill) crop)**

Trabalho de conclusão de Dissertação apresentada
como requisito para obtenção do título de Mestre
em Agronomia – área de concentração: Produção
Vegetal da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Sérgio Miguel Mazaro
Coorientador(a): Maira Cristina Schuster
Russiano

**PATO BRANCO
2025**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



JOELITON CAMPANI DOS SANTOS

**DESEMPENHO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO NO BIOCONTROLE E BIOESTIMULO NA
CULTURA DA SOJA (GLYCINE MAX (L.) MERRILL)**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 14 de Março de 2025

Sergio Miguel Mazaro, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Andre Luiz Radunz, Doutorado - Universidade Federal da Fronteira Sul (Uffs)

Lucas Da Silva Domingues, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Thayllane De Campos Siega, Doutorado - Fts Sementes

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 14/03/2025.

À minha família,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me proporcionar chegar até aqui. Nesta vida nada se conquista sozinho, gostaria de aqui agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

Agradeço aos meus pais José e Sônia, pelo apoio, incentivo e por depositarem confiança em mim. A minha irmã Kauany por todo apoio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro, meus agradecimentos pela confiança, compreensão e orientação durante esse período. E a minha co-orientadora Dra. Maira Cristina Schuster Russiano, por me incentivar, orientar e colaborar para a construção e condução do trabalho.

Aos colegas do grupo de pesquisa e laboratório, por todos os momentos de aprendizagem, pela ajuda prestada, como, os momentos de descontração e amizade. Em especial Camila Natacha Salvadori por auxiliar na montagem do experimento.

Aos amigos Ilana Niqueli Talino dos Santos, Mateus Gomes, Bruna Escher, Pamela Beatriz, Renan Quisini, que auxiliaram, incentivaram e apoiaram na condução do mestrado. Vocês foram essenciais.

Os meus agradecimentos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, os professores, em especial Lucas da Silva Domingues, Jean Carlo Possenti, Pedro Valério de Moraes e Michele Potrich, também estendo meus agradecimentos aos demais servidores do campus Dois Vizinhos.

Obrigado a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), às empresas parceiras do laboratório pelo apoio financeiro às pesquisas que permitiram a realização deste trabalho.

E mesmo que o fio que nos conduz por
toda a vida vez ou outra nos escape,
sempre poderemos retomá-lo mais adiante
Johann Wolfgang Goethe.

RESUMO

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é a principal oleaginosa produzida mundialmente. O óleo e a proteína extraída dos seus grãos, servem como base para a alimentação humana e animal e matéria prima para produção de biocombustíveis. O Brasil, ocupa o posto de maior produtor e exportador da *commodity*. Contudo, alguns fatores causam limitações nos altos rendimentos, ao exemplo das doenças, comumente manejadas com defensivos químicos os quais geram a contaminação dos ecossistemas e resistência dos patógenos. Visto a demanda por alimentos produzidos de maneira mais sustentável, os bioinsumos surgem como uma alternativa. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito de isolados de *B. velezensis*, *B. megaterium* e *T. longibrachiatum* na indução de resistência, solubilização de nutrientes, promoção de crescimento e no biocontrole de patógenos que acometem a cultura da soja. Os experimentos foram realizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. Com os quatro isolados, realizou-se o confronto *in vitro*, dos patógenos *C. truncatum*, *C. kikuchii*, *S. glycines*, *S. sclerotiorum*, *M. phaseolina*, *R. solani*, *D. longicolla* e *F. tucumaniae*. Também avaliou-se a capacidade de solubilização de potássio em meio Pikovskara e fósforo em meio NBRIP. Em casa de vegetação, os isolados foram aplicados em soja, e foi avaliada análises de enzimas ligadas a indução de resistência em plantas, que incluem: determinação da quitinase, β 1,3 glucanase, proteínas totais, fenilalanina amonialiase e compostos fenólicos. E conduzido em vasos o estudo de promoção de crescimento, avaliando sistema radicular e parte aérea. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a ANOVA seguido da análise de regressão no software Rbio. Os resultados indicam que os isolados apresentam afeito antagonista dos patógenos confrontados, apresentando bom desempenho como solubilizador de fósforo, enquanto que, para potássio apenas *T. longibrachiatum* se destacou. E induziram a produção das enzimas quitinase e a β 1,3 glucanase. Bem como, atividade de promoção de crescimento em plantas de soja tratadas com os isolados.

Palavras-chave: *Trichoderma* spp.; *Bacillus* spp.; bioinsumos; fitopatógenos; biológicos.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) is the main oilseed produced worldwide. The oil and protein extracted from its grains serve as a basis for human and animal food and raw material for the production of biofuels. Brazil occupies the position of largest producer and exporter of the *commodity*. However, some factors cause limitations in high yields, such as diseases, commonly managed with chemical pesticides which generate contamination of ecosystems and resistance of pathogens. Given the demand for food produced in a more sustainable way, bioinputs emerge as an alternative. In this sense, the present work aimed to evaluate the effect of isolates of *B. velezensis*, *B. megaterium* and *T. longibrachiatum* on the induction of resistance, solubilization of nutrients, growth promotion and biocontrol of pathogens that affect soybean crops. The experiments were carried out at the Federal Technological University of Paraná, Dois Vizinhos Campus. With the four isolates, the pathogens *C. truncatum*, *C. kikuchii*, *S. glycines*, *S. sclerotiorum*, *M. phaseolina*, *R. solani*, *D. longicolla* and *F. tucumaniae* were compared *in vitro*. The solubilization capacity of potassium in Pikovskara medium and phosphorus in NBRIP medium was also evaluated. In a greenhouse, the isolates were applied to soybean, and analyses of enzymes linked to the induction of resistance in plants were evaluated, which include: determination of chitinase, β 1,3 glucanase, total proteins, phenylalanine ammoniase and phenolic compounds. The growth promotion study was conducted in pots, evaluating the root system and shoot. The adopted design was completely randomized with four replications. The data obtained were submitted to the Shapiro-Wilk normality test, ANOVA, followed by regression analysis in the Rbio software. The results indicate that the isolates present antagonistic effect of the confronted pathogens, presenting good performance as a phosphorus solubilizer, while for potassium only *T. longibrachiatum* stood out. And they induced the production of the enzymes chitinase and the β 1,3 glucanase. As well as growth promotion activity in soybean plants treated with the isolates.

Keywords: *Trichoderma* spp.; *Bacillus* spp.; bioinputs; phytopathogens; biological.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mecanismos de ação direto (+) e indireto (escudo), de <i>Bacillus</i> spp. com a planta hospedeira.....	31
Figura 2 - Semeadura e cultivo das plantas para obtenção do extrato enzimático, maceração da amostra, extrato vertido em tubos Eppendorf e posterior centrifugação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	40
Figura 3 - Efeito antagonista dos isolados <i>B. velezensis</i> (BC 004), <i>B. velezensis</i> (BC 005) e <i>B. megaterium</i> (BC 003), sobre o crescimento micelial (cm) de <i>C. truncatum</i> , <i>S. glycines</i> e <i>C. kikuchii</i> respectivamente, ao longo de quatro dias. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	44
Figura 4 - Placas aos 7 dias de avaliação: Relação das testemunhas dos fitopatógenos: <i>C. truncatum</i> , <i>S. glycines</i> e <i>C. kikuchii</i> . E confrontos realizados com, <i>B. megaterium</i> (BC 003), <i>B. velezensis</i> (BC 004) e <i>B. velezensis</i> (BC 005), respectivamente. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	46
Figura 5 – Efeito antagonista dos isolados <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002), <i>B. velezensis</i> (BC 004), <i>B. velezensis</i> (BC 005) e <i>B. megaterium</i> (BC 003), sobre o crescimento micelial (cm) de <i>D. longicolla</i> , <i>S. sclerotiorum</i> , <i>F. tucumaniae</i> , <i>R. solani</i> e <i>M. phaseolina</i> , respectivamente, ao longo de quatro dias. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	48
Figura 6 - Placas aos 7 dias de avaliação: Relação das testemunhas dos fitopatógenos: <i>D. longicolla</i> , <i>S. sclerotiorum</i> , <i>F. tucumaniae</i> , <i>R. solani</i> e <i>M. phaseolina</i> . E confrontos realizados com <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002), <i>B. megaterium</i> (BC 003), <i>B. velezensis</i> (BC 004) e <i>B. velezensis</i> (BC 005), respectivamente. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	51
Figura 7 - Gradiente de solubilização de fósforo dos isolados <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002), <i>B. megaterium</i> (BC 003), <i>B. velezensis</i> (BC 004) e <i>B. velezensis</i> (BC 005), no quarto dia de avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	53
Figura 8 - Gradiente de solubilização de potássio dos isolados <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002), <i>B. megaterium</i> (BC 003), <i>B. velezensis</i> (BC 004) e <i>B. velezensis</i> (BC 005), no quarto dia de avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....	56
Figura 9 - Resposta de defesa de plantas de soja inoculadas com isolados <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002), <i>B. megaterium</i> (BC 003), <i>B. velezensis</i> (BC 004) e <i>B. velezensis</i> (BC 005) na expressão de Quitinase, β -1,3 Glucanase, compostos fenólicos, proteínas e FAL, respectivamente. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025. CVs%= 23,32%; 29,29%; 14,69%; 17,90% 18,63%, respectivamente.....	57
Figura 10 – Comparação de plantas de soja inoculadas com A) Testemunha x <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002); B) Testemunha x <i>B. megaterium</i> (BC 003); C) Testemunha x <i>B. velezensis</i> (BC 004); D) Testemunha x <i>B. velezensis</i> (BC 005), UTFPR Campus Pato Branco, 2025.....	60

Gráfico 1 - Índice de Solubilização (IS) de fósforo dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), em meio de cultura NBRIP, no decorrer de 96 horas avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025. CV= 16,19%.....52

Gráfico 2 - Índice de Solubilização (IS) de potássio dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), em meio de cultura NBRIP, no decorrer de 96 horas avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025. CV= 22,35%.....54

Quadro 1- Equação da reta e R2 ajustado referentes ao crescimento micelial de *C. truncatum*, *S. glycines* e *C. kikuchii*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....45

Quadro 2 – Equação da reta e R2 ajustado referentes ao crescimento micelial de *D. longicolla*, *F. tucumaniae*, *M. phaseolina*, *R. solani* e *S. sclerotiorum*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....48

Quadro 3 - Equação da reta e R2 ajustado referentes ao índice de solubilização de potássio dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005). UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....52

Quadro 4 - Equação da reta e R2 ajustado referentes ao índice de solubilização de fósforo dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005). UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.....55

Quadro 5 – Equação da reta e R2 ajustado referentes à resposta de defesa de plantas de soja inoculadas com *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), na expressão de Quitinase e β 1,3 Glucanase. UTFPR, Campus Pato Branco, 2024.....57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito do tratamento de sementes com os isolados <i>T. longibrachiatum</i> (TC 002), <i>B. megaterium</i> (BC 003), <i>B. velezensis</i> (BC 004) e <i>B. velezensis</i> (BC 005), sobre o comprimento parte aérea (CPA), Comprimento raiz (CRZ), diâmetro do caule (DC), massa verde da parte aérea (MVPA), massa verde da raiz (MVRZ), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca raiz (MSRZ), de plantas de soja em estágio V9. UTFPR Campus Pato Branco, 2025.....	59
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância estatística
BDA	Meio de Cultura Batata Dextrose e Ágar
BOD	Demanda Bioquímica de Oxigênio
pH	Potencial hidrogeniônico
DIC	Delineamento inteiramente ao acaso
FBN	Fixação biológica de nitrogênio
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
PR	Unidade da Federação – Paraná
EUA	Estados Unidos da América
Ssp.	Abreviação de espécies
PVC	Policloreto de vinila
BD	Caldo Batata Dextrose
FAL	Fenilalanina amônia-liase
Et al.	Expressão latina "et alii", que significa "e outros"
USDA	United States Department of Agriculture
RI	Radiation interception
RUE	Radiation use efficiency
POD	Peroxidase
DFC	Doenças de final de ciclo
NBRIP	National Botanical Research Institute's Phosphate growth medium
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°	Graus
Mg	Unidade de massa em miligramas
Mm	Unidade de medida em milímetros
Cm	Unidade de medida em centímetros
M	Unidade de medida em metros
μl	Símbolo da unidade de volume microlitro
mL	Unidade de volume mililitros
°C	Unidade de temperatura graus celsius
®	Marca Registrada
S	Coordenada geográfica correspondente ao Sul
W	Coordenada geográfica “West” determina o Oeste

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo geral	15
1.2 Objetivo específico	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Cultura da soja	17
2.2 Doenças na cultura da soja	19
2.2.1 Doenças fúngicas foliares: Patógenos de parte aérea com ocorrência na cultura da soja	20
2.2.1.1 <i>Colletotrichum truncatum</i>	21
2.2.1.2 <i>Cercospora kikuchii</i>	21
2.2.1.3 <i>Septoria glycines</i>	22
2.2.2 Doenças fúngicas radiculares: Patógenos habitantes de solo com ocorrência na cultura da soja	23
2.2.2.1 <i>Sclerotinea sclerotiorum</i>	23
2.2.2.2 <i>Macrophomina phaseolina</i>	24
2.2.2.3 <i>Rhizoctonia solani</i>	25
2.2.2.4 <i>Diaporthe longicolla</i>	26
2.2.2.5 <i>Fusarium spp.</i> - <i>Fusarium tucumaniae</i>	26
2.3 Controle de doenças	27
2.4 Bioinsumos	29
2.4.1 Aspectos gerais do gênero <i>Bacillus</i> spp.....	30
2.4.1.1 <i>Bacillus velezensis</i>	31
2.4.1.2 <i>Bacillus megaterium</i> - (<i>Priestia megaterium</i>)	32
2.4.2 Aspectos gerais do gênero <i>Trichoderma</i>	33
2.4.2.1 <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	34
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Caracterização da área experimental	36
3.2 Materiais e Métodos.....	36
3.2.1 Obtenção e cultivo dos fitopatógenos.....	36
3.2.2 Obtenção e cultivo dos agentes biológicos	36
3.3 Estudo 1: Antagonismo por confronto direto <i>in vitro</i>	37
3.4 Estudo 2: Solubilização de nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K)	38
3.4.1 Solubilização de Fósforo	38
3.4.2 Solubilização de Potássio	38
3.5 Estudo 3: Respostas de indução de resistência em plantas	39
3.5.1 Cultivo das plantas em casa de vegetação.....	39
3.5.2 Preparo do extrato enzimático.....	40
3.5.3 Determinação das proteínas totais.....	40
3.5.4 Determinação da quitinase.....	41
3.5.5 Determinação da β 1,3 glucanase.....	41
3.5.6 Determinação da fenilalanina amônia-liase (FAL).....	41
3.5.7 Determinação dos compostos fenólicos totais.....	42
3.5.8 Análise estatística.....	42
3.6 Estudo 4: Promoção de crescimento em plantas.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 Estudo 1: Antagonismo por confronto direto <i>in vitro</i>	44
4.1.1 Resultados antagonismo sobre patógenos causadores de doenças foliares.....	44
4.1.2. Resultados antagonismo sobre patógenos causadores de doenças radiculares.....	47

4.2 Estudo 2: Solubilização de nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K)	52
4.2.1 Solubilização de Fósforo	52
4.2.2 Solubilização de Potássio	54
4.3 Estudo 3: Respostas de indução de resistência em plantas	56
4.4 Estudo 4: Promoção de crescimento em plantas	59
5 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é uma *commodity* economicamente importante na agricultura mundial. O Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador da oleaginosa. Seus grãos, fornecem óleos e proteínas ricos para a nutrição humana e animal, e também são matéria prima exclusiva em distintos materiais industriais e produção de biocombustíveis (Hartman *et al.* 2011; Abdulkhani *et al.* 2017).

A demanda crescente por alimentos saudáveis, têm exposto a necessidade de alternativas mais seguras e sustentáveis para o manejo, que promovam uma substituição progressiva ou combinação com o uso de defensivos químicos utilizados em escala nas práticas de cultivo atuais (Rouphael; Colla, 2018; Rezende *et al.* 2021).

Alternativas sustentáveis e economicamente viáveis vêm sendo cada vez mais alavancadas. Entre elas, o uso bioinsumos a base de microrganismos eficazes no biocontrole de patógenos e promoção de crescimento vegetal, apresentando-se como uma das alternativas mais seguras e sustentáveis para o meio ambiente (Soumare *et al.* 2019; Macik *et al.* 2020; Meyer *et al.* 2022). Mitigando impactos como a contaminação de ecossistemas, da saúde humana e animais e resistência dos patógenos, quando comparado com os fungicidas químicos (Albuquerque *et al.* 2016).

Apesar dos avanços de estratégias e tecnologias aplicadas no manejo de cultivos, ainda há limitantes de altos rendimentos de grãos no campo. Ao destacar, perdas em razão das doenças causadas por uma diversidade de fungos, bactérias, nematoides e vírus (Bandara *et al.* 2020; Galeano, 2024). Lin *et al.* (2022), destaca que as perdas por doenças, bem como a severidade destas doenças são influenciadas por variados fatores, ao exemplo da região de semeadura, cultivar utilizada, ano safra, virulência da cepa do patógeno e as práticas aplicadas no controle de doenças.

Existem inúmeras doenças que acometem a cultura da soja (Henning *et al.* 2014). As doenças radiculares, ocasionadas por patógenos radiculares como a podridão de carvão, causada por *Macrophomina phaseolina* (Lodha; Mawar, 2020), o mofo branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Smolińska; Kowalska, 2018), o tombamento de plântulas causado por certas espécies de *Fusarium*, podridão vermelha da raiz ou síndrome da morte súbita (SDS) causada por *Fusarium* spp. (Raseti *et al.* 2018; LIN *et al.* 2022), a podridão radicular geográfica e deterioração da semente de *Phomopsis*, causadas por *Diaporthe longicolla* (Santos *et al.* 2011;

Ghissi; Reis; Deuner, 2014) e o *damping-off*, causada por *Rhizoctonia solani* (Palacioğlu *et al.* 2023).

Além de doenças foliares, como a ferrugem-asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi* (Wrather *et al.* 2010), a antracnose, causada por *Colletotrichum truncatum* (Seixas *et al.* 2022), mancha marrom de *Septoria* e/ou mancha parda de agente causal o fungo *Septoria glycines* (Allen *et al.* 2017) e crescimento foliar e mancha púrpura causada por *Cercospora kikuchii* (Soares *et al.* 2015).

Entre os agentes de biocontrole com maior destaque estão os gêneros *Trichoderma* e *Bacillus*. *Trichoderma* spp. são fungos saprofíticos, cosmopolitas habitantes do solo, pertencentes à família dos Ascomicetos. Apresentam potencial antagonista sobre diferentes patógenos (Blaszczyk *et al.* 2014). Já *Bacillus* spp. são bactérias Gram-positivas, em forma de bastonete, móveis, capazes de produzir esporos (Villarreal-Delgado *et al.* 2018; Beskrovnaya *et al.* 2021), categorizadas como rizobactérias (Sansinenea *et al.* 2019).

Estes microrganismos colonizam as raízes das plantas e a rizosfera na zona de comunicação planta-microrganismo. E contemplam um amplo modo de ação benéfico para as plantas, ao exemplo da antibiose produzindo metabólitos tóxicos à fitopatógenos; degradação da quitina componente da parede celular do fungo; competição por nutrientes e espaço; indução de resistência em plantas; que aliados ao crescimento vegetal que proporciona, produção de fitohormônios, produção de sideróforos, e solubilizadores de fósforo (Segarra *et al.* 2010; Gajera, 2013; Borgeschagas *et al.* 2015; Grover *et al.* 2021; Tyśkiewicz, 2022; Meyer *et al.* 2022; Nunes *et al.* 2024).

À vista disso, investigar novos agentes de biocontrole pode auxiliar no manejo de culturas gerando maior rentabilidade e tornando os cultivos mais sustentáveis. Portanto, o presente estudo avaliou o efeito de isolados de *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp. na indução de resistência, solubilização de nutrientes, promoção de crescimento e no controle das principais doenças que acometem a cultura da soja.

1.1 Objetivo geral

Identificar e avaliar o efeito de isolados de *Bacillus velezensis*, *Bacillus megaterium* e *Trichoderma longibrachiatum* na indução de resistência, solubilização de nutrientes, promoção de crescimento e no biocontrole de patógenos que acometem a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

1.2 Objetivo específico

- Avaliar o potencial de biocontrole dos isolados sobre os principais patógenos que acometem a parte aérea na cultura da soja: *Colletotrichum truncatum*, *Cercospora kikuchii* e *Septoria glycines*.
- Avaliar o potencial antagonista dos isolados sobre os principais patógenos presentes no solo de importância para a cultura soja: *Sclerotinea sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, *Diaporthe longicolla* e *Fusarium tucumaniae*.
- Identificar o potencial de solubilização de Fósforo e Potássio em condições *in vitro*.
- Observar potenciais efeitos na indução de resistência de plantas soja, cultivados em casa de vegetação.
- Estudar os efeitos dos agentes biológicos sobre a promoção de crescimento de plantas de soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma espécie que pertence à ordem Fabales, família Fabaceae e gênero *Glycine*. É uma planta herbácea, ereta, de ciclo anual e de crescimento morfológico diversificado, o qual depende do hábito de crescimento, dependendo da cultivar e das condições climáticas (Sediyama *et al.* 1993). A espécie é reconhecida como principal produtora de grãos entre as leguminosas no que tange a produção e comercialização mundial (Barbieri; Stumpf, 2008).

Espécie que advém do nordeste Asiático (China e regiões adjacentes) sua domesticação e uso na alimentação humana ocorre há cerca de cinco mil anos. No século XVII a cultura foi dispersada para outras regiões da Ásia, seguindo por navegações, do Oriente para o Ocidente, chegando à Europa em 1739 e na América em 1804. No Brasil, os primeiros relatos datam em 1882 no estado da Bahia, posteriormente, em 1892 em São Paulo e em 1914 no Rio Grande do Sul (Bergamin; Cancian; Castro, 1999; Chung; Singh, 2008), estado no qual inicia-se o cultivo.

No Rio Grande do Sul as primeiras cultivares de soja foram implantadas para fins de avaliar o seu desempenho como forrageira e fonte de proteína para alimentação animal, ao invés de plantas produtoras de grãos para a indústria. Até a década de 1960, o Estado do Rio Grande do Sul era o único com potencial produtor da cultura no Brasil, devido às exigências e características das variedades que foram introduzidas dos Estados Unidos (Dall'agnol *et al.* 2007).

O aumento das áreas de cultivo foi facilitado pela introdução de cultivares adaptadas às condições ambientais do sul do Brasil e pela implantação de programas de melhoramento que permitiram o progresso da cultura para as regiões de baixas latitudes. À vista disso, a expansão da cultura para o centro oeste brasileiro ocorreu pelo desenvolvimento de cultivares com período juvenil longo, adaptadas às características do cerrado (Kiihl; Garcia, 1989; Mundstock; Thomas, 2005).

A soja representa a principal oleaginosa produzida e consumida mundialmente. Constitui-se uma espécie de grande interesse econômico visto o elevado teor de proteína e óleo dos grãos (Roessing *et al.* 2005; Sediyama, 2016; Santos, 2015).

A cadeia produtiva da soja tem grande influência socioeconômica para o desenvolvimento brasileiro. O cultivo da *commodity* perdura a construção de uma complexa

cadeia produtiva, promovendo empregos diretos e indiretos, gerando riquezas, fontes de renda e o progresso de organizações de variados setores econômicos. Os quais, baseiam-se no complexo agroindustrial da oleaginosa, para desenvolver suas atividades (Hirakuri; Lazzarotto, 2014; Montoya *et al.* 2019; Vieira Filho, 2024).

Os grãos da oleaginosa são amplamente utilizados como matéria prima em diferentes processos do setor industrial, viabilizando a produção da indústria química e alimentícia de produtos como leite de soja, farinhas, carne de soja e óleo vegetal. Na nutrição animal, com uso do farelo de soja aplicado à formulação de rações e abastecendo a cadeia de proteína animal. Além disso, na produção de biodiesel que tem o óleo vegetal como principal insumo, bem como na indústria de materiais adesivos, colas, tintas, plásticos, entre outros (Hirakuri *et al.* 2014; Sediyaama, 2016; Bizari *et al.* 2017; Gaonkar; Rosentrater, 2019).

Segundo as estimativas de produção para a safra brasileira 2024/25, as expectativas são de crescimento de produção comparado ao ano safra anterior. Os dados do 4º levantamento safra 2024/25 estimam uma produção de aproximadamente 166 milhões de toneladas, 12,6% superior à da safra 2023/24. Já a área cultivada de 47.4 milhões de hectares, um crescimento de 2,7% em relação com a última safra, com previsão de produtividade média de 3.509 kg ha (CONAB, 2025). A nível mundial, a produção da oleaginosa em dezembro/24 chegou a 424 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor com 169 milhões de toneladas, seguido dos Estados Unidos com produtividade de 118 milhões toneladas e Argentina com 52 milhões toneladas (USDA, 2025).

Na literatura são descritos alguns fatores que contribuem para a produção sojícola estar entre as atividades agrícolas de maior destaque no mercado global, como: A expansão da área de cultivo que vem aumentando continuamente; O aumento da produtividade, embora esta seja afetada facilmente por diferentes estresses; O suporte tecnológico da cadeia produtiva; E por fim, a garantia de mercado, sustentada pela alta liquidez do grão (Hirakuri; Lazzarotto, 2014; Marin *et al.* 2022). Isso posto, torna-se constante a busca por novas tecnologias visando maiores resultados, levando em consideração as práticas que otimizem o cultivo (Neto; Souza; Mascaro, 2018).

Luca, Fattori e Marin, (2024), destacam a importância de estudar os fatores que afetam o desenvolvimento da soja, o que torna-se crucial para a tomada de decisões informadas e a realização de análises de risco, principalmente para uma cultura de tamanha importância econômica para o Brasil.

2.2 Doenças na cultura da soja

Entre os principais fatores que limitam o pleno potencial produtivo da soja estão as doenças, que podem impactar a cultura desde a germinação até a fase final de enchimento dos grãos ou sementes (Seixas *et al.* 2020). As perdas por doenças nos cultivos são expressivas mundialmente, causando prejuízos econômicos atingindo centenas de bilhões de dólares a cada ano safra (Yu *et al.* 2023).

Seixas *et al.* (2020), descrevem que as doenças podem ser ocasionadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides. No entanto, a importância econômica de cada doença varia entre as regiões e as safras sendo fortemente influenciada pelas condições climáticas. As perdas de produção devido a doenças são estimadas em torno de 15% a 20% ao ano; contudo, algumas enfermidades podem causar prejuízos de até 100%. Tendo exposto, para manter a elevada produção da soja globalmente, o controle de doenças é de extrema importância (Juhász *et al.* 2013; Sharma *et al.* 2025).

As doenças foliares ou doenças de parte aérea são consideradas um dos principais limitantes na cultura da soja. Afetam a qualidade de grãos e causam perdas consideráveis no rendimento final (Igarashi *et al.* 2010). O principal efeito visível de patógenos causadores de doenças foliares é a redução da área foliar sadia e da atividade fotossintética, reduzindo a radiação solar interceptada (RI – *radiation interception*) e a eficiência no uso da radiação interceptada (RUE – *radiation use efficiency*) (Ferreira-Filho, 2012; Almeida *et al.* 2015).

Na cultura da soja, as principais doenças foliares são associadas a patógenos fúngicos, entre eles os biotróficos como a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e o oídio (*Erysiphe diffusa*). Entre os patógenos necrotróficos, destacam-se o crestamento de *Cercospora* (*Cercospora spp.*) e a mancha-alvo (*C. cassicola*). Já as doenças provocadas por patógenos hemibiotróficos incluem a antracnose (*Colletotrichum spp.*) e a mancha-parda (*S. glycines*) (Seixas *et al.* 2022).

Doenças transmitidas pelo solo referem-se àquelas causadas por patógenos que habitam o solo e infectam as raízes e caules de plantas, apresentando maior complexidade de identificação e controle no estágio inicial de manifestação da doença (Yu *et al.* 2023). Medeiros, Bavia e Seixas (2022), destacam grandes entraves nos cultivos anuais promovidas por nematoides e por fungos causadores de podridões radiculares.

Na literatura encontram-se descritas inúmeras espécies fúngicas causadoras de doenças, incluem os gêneros: *Pythium* (Hartman *et al.* 1999; Broders *et al.* 2007; Zitnick-Abderson;

Nelson, 2015), *Cylindrocladium* (Michereff *et al.* 2005), *Fusarium spp.* (Roy *et al.* 1997; Aoki *et al.* 2005; Scandini *et al.* 2012), *Macrophomina* (Negreiros *et al.* 2019; Santos *et al.* 2020), *Rhizoctonia* (Ajayi-Oyetunde; Bradley, 2018), *Sclerotinia* (Bolton *et al.* 2006; Meyer *et al.* 2020) e *Verticillium* (Michereff *et al.* 2005).

Embora sejam diversos, patógenos radiculares compartilham algumas características básicas relacionadas ao solo. Por sobreviver e agir no solo durante parte de sua vida, eles são fortemente influenciados por componentes abióticos e bióticos, igualmente as práticas aplicadas ao solo, como, irrigação, plantio, aplicação de esterco e adubação (Paulitz; Schroeder; Schillinger, 2010; Katan, 2017). De modo geral a infecção nas plantas ocorre via órgãos subterrâneos, todavia, alguns patógenos também podem alcançar as partes superiores da planta.

Além de apresentarem elevada capacidade de competição saprofítica e podem sobreviver em resíduos de plantas introduzidos no solo, os patógenos formam estruturas de resistência que garantem sua sobrevivência na ausência de plantas hospedeiras, permanecendo viáveis, e em elevadas densidades populacionais, por longos períodos (Wheeler; Rush, 2001; Nelson, 2004).

Essas estruturas podem ficar dormentes no solo até que se tenha uma fonte de nutriente que estimule sua germinação. Esse conjunto de características é uma das razões pela qual os fungos fitopatogênicos habitantes do solo, uma vez introduzidos numa área de plantio, dificilmente serão eliminados (Wheeler; Rush, 2001; Nelson, 2004). Igarashi *et al.* (2010), apontam que a expansão do cultivo da soja para novas fronteiras agrícolas, sem a adoção de critérios técnicos apropriados resultou na rápida disseminação de doenças que afetam a cultura no Brasil.

Existem diversos patógenos que promovem doenças e acometem a cultura da soja, merecem destaque e neste documento foram divididos em doenças foliares como a antracnose causada por *Colletotrichum spp.* (Seixas *et al.* 2022); a mancha púrpura e crestamento foliar por *C. kikuchii* (Godey *et al.* 2017; Godoy; Meyer, 2020) e mancha parda causada por *S. glycines* (Seixas *et al.* 2022). E doenças radiculares como mofo-branco ou podridão da haste e da vagem que tem como agente causal o fungo *S. sclerotiorum* (Meyer *et al.* 2016), a podridão cinzenta, causada por *M. phaseolina*; podridão vermelha da raiz ou morte súbita por *Fusarium spp.* (Reis *et al.* 2014) e podridão radicular causada por *D. longicolla* (Ghissi; Reis; Deuner, 2014).

2.2.1 Doenças fúngicas foliares: Patógenos de parte aérea com ocorrência na cultura da soja

2.2.1.1 *Colletotrichum truncatum*

Várias espécies do gênero *Colletotrichum* foram descritas como agentes causais da antracnose *C. coccodes*, *C. destructivum*, *C. graminicola* e *C. gloeosporioides* (Hartman; Sinclair; Rupe, 1999). Na década atual, duas espécies com conídios falciformes: *C. chlorophyti* e *C. incanum*, também foram relatadas como agentes causais desta doença (Yang; Haundenshield; Hartman, 2012; Yang; Haundenshield; Hartman, 2014). E recentemente *C. cliviae* passou a ser reconhecida como outro membro do complexo de antracnose da soja no Brasil (Barbieri *et al.* 2017; Dias *et al.* 2018). No entanto, no Brasil a principal delas é conhecida como *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus e Moore estágio teleomorfo *Glomerella truncata* (Sharma; Gupta; Ramteke, 2011; Seixas *et al.* 2022).

Por ser uma doença favorecida em regiões de altas temperaturas e umidade, a germinação do fungo requer, no mínimo, 12 horas de molhamento foliar (Yang; Hartman, 2015; Seixas *et al.* 2020). Este patógeno apresenta a capacidade de sobreviver em sementes, o que pode resultar no apodrecimento das mesmas no solo antes da emergência. Plântulas provenientes de sementes infectadas exibem necrose nos cotilédones, podendo ocorrer progressão da infecção para o hipocótilo, culminando no tombamento da planta (Yang; Hartman, 2015).

Na parte aérea da planta, o principal sintoma é a queda prematura e o apodrecimento das vagens. Quando infectadas no estágio inicial de desenvolvimento, as vagens apresentam coloração castanho-escuro a negra, sofrendo abortamento da formação de grãos e adquirindo um aspecto retorcido. Durante o enchimento de grãos, as lesões surgem como pontos encharcados (anasarca), que evoluem para manchas negras circulares. Os pontos escuros observados nas lesões correspondem às estruturas de reprodução do fungo (acérvulos). Nas hastes, pecíolos e racemos florais, a infecção se manifesta como manchas negras, levemente deprimidas e brilhantes. Nas folhas, é comum a presença de lesões necróticas pretas sobre as nervuras (Henning *et al.* 2014; Seixas *et al.* 2020).

2.2.1.2 *Cercospora kikuchii*

Cercospora kikuchii (Mastsumoto & Tomoyasu) MW Gardner, causador do crescimento foliar e mancha púrpura pode atacar folhas, pecíolos, hastes, vagens e sementes

(Hartman *et al.* 1999; Henning *et al.* 2014; Soares *et al.* 2015). Este fitopatógeno produz uma toxina, chamada cercosporina, que desempenha um papel muito importante na sua capacidade de infectar a planta e é um fator de virulência que intervém na gravidade da doença (Upchurch *et al.* 1991; Daub; Ehrenshaft, 2000).

Nas folhas, os sintomas manifestam-se como pequenas pontuações de coloração castanho-avermelhada com bordas irregulares, as quais aderem-se formando grandes manchas escuras, resultando em crestamento e desfolha precoce, iniciando nas folhas do terço superior da planta. Em alguns casos, é possível observar necrose nas nervuras. Nas hastes e pecíolos, o fungo gera manchas avermelhadas, geralmente superficiais. Quando a infecção atinge os nós, o fungo pode penetrar na haste, causando necrose de coloração avermelhada na medula. Já nas vagens, surgem inicialmente pontuações vermelhas que evoluem para manchas castanho-avermelhadas. Nas vagens, aparecem pontuações vermelhas que evoluem para manchas castanho-avermelhadas. Através da vagem, o fungo atinge a semente e causa a mancha-púrpura no tegumento (Schuh, 1991; Ward-Gauthier *et al.* 2015).

Henning *et al.* (2014), destacam que o patógeno é favorecido com temperatura variando entre 23°C e 27°C com alta umidade, ou seja, sendo mais severo em regiões mais quentes e chuvosas. E pode ser disseminado via semente, todavia, o mesmo sobrevive em restos culturais.

2.2.1.3 *Septoria glycines*

Septoria glycines é o patógeno causador da doença conhecida como mancha marrom de *Septoria* e/ou mancha parda, é uma doença foliar altamente prevalente nos principais países produtores de soja (Hartman *et al.* 2015; Allen *et al.* 2017).

Os primeiros sintomas da mancha-parda podem aparecer cerca de duas semanas após a emergência, como pequenas pontuações ou manchas de contornos irregulares, castanho-avermelhadas ou pardas menores que 1 mm de diâmetro, cercadas por clorose nas folhas unifolioladas, as quais evoluem e formam manchas com halos amarelados e centro de contorno angular, de coloração castanha em ambas as faces, medindo até 4 mm de diâmetro. em situações favoráveis, a doença pode atingir as primeiras folhas trifolioladas ocasionando a desfolha. Também pode infectar as vagens e sementes, mas o patógeno raramente é transmitido pelas sementes. O patógeno infecta a planta através dos estômatos sem formar um apressório (Macneill; Zalasky, 1957; Henning *et al.* 2014; Hartman *et al.* 2015;).

No campo, os sintomas nas folhas são observados já no estágio V2 a V3 (Fehr *et al.* 1971; Henning *et al.* 2014; Mueller *et al.* 2016), com desenvolvimento gradual para o dossel superior ao longo da estação de crescimento, as infecções severas, na fase de enchimento de vagens, podem causar desfolha e maturação precoce (Lin; Villamil; Medeiros, 2021).

Este patógeno hiberna em restos culturais formando picnídios, os picnidiásporos produzidos na próxima estação de crescimento do fungo são espalhados por respingos de chuva para as mudas e iniciam-se os sintomas a partir do dossel baixo. Condições quentes e úmidas, com temperaturas entre 15°C e 30°C, favorecendo o desenvolvimento e a infecção da doença. Sintomas e características que se assemelham aos patógenos *C. kikuchii* e *C. sojina*, por essa razão, são consideradas o complexo de doenças de final de ciclo (DFC) (Carmona *et al.* 2011; Seixas *et al.* 2020; Lin; Medeiros, 2023).

2.2.2 Doenças fúngicas radiculares: Patógenos habitantes de solo com ocorrência na cultura da soja

2.2.2.1 *Sclerotinea sclerotiorum*

Sclerotinea sclerotiorum (Lib) de Bary é um fungo fitopatogênico capaz de infectar mais de 400 espécies de plantas incluindo culturas de interesse e espécies daninhas (Boland; Hall, 1994; Bolton *et al.* 2006; Lehner *et al.* 2017; Meyer; Mazaro; Godoy, 2022). Agente causal da doença frequentemente identificada como mofo branco, embora apresente outros nomes como podridão mole aquosa, podridão algodoadada, podridão mole algodoadada, podridão do caule, queimadura da flor, podridão da coroa e podridão *Sclerotinia* (Jahan *et al.* 2022).

Esse patógeno é altamente danoso, sua infecção resulta em danos significativos às plantações, perda de rendimento dos grãos e diminuição do peso, número e/ou qualidade das sementes, resultando em perdas econômicas substanciais. Em ambientes favoráveis, as perdas de rendimento geralmente ultrapassam 20–35%, embora casos de mais de 50% tenham sido documentados em vários lugares, particularmente em climas temperados (Derbyshire *et al.* 2016; Português-Alkoorancee *et al.* 2017; Hossain *et al.* 2023). Na cultura da soja em áreas altamente infestadas podem chegar a 70% da redução de produtividade (Meyer *et al.* 2016).

Os sintomas iniciais manifestam-se como manchas aquosas que evoluem para uma coloração castanho-claro, acompanhadas por intensa formação de micélio branco e denso. O

fungo possui a capacidade de infectar diferentes partes da planta, porém, a infecção ocorre predominantemente a partir das flores, nas axilas das folhas e nos ramos laterais. Eventualmente, pode-se observar murcha e secamento das folhas. Em poucos dias, ocorre a formação de escleródios, estruturas negras e rígidas composta de agregados de hifas com uma casca com várias células de espessura contendo melanina (Kimati *et al.* 1997; Henson *et al.* 1999; Bolton *et al.* 2006; Henning *et al.* 2014; Reis *et al.* 2019). Os escleródios são tipicamente formados quando o desenvolvimento micelial confronta um ambiente limitado em nutrientes (Prova *et al.* 2018).

A fase mais vulnerável da planta vai do estágio da floração plena ao início da formação das vagens (R2 a R3). O fungo não produz conídios assexuados e tem sobrevivência a longo prazo devido a produção de escleródios. Os escleródios germinam diretamente (micéliogênico) ou indiretamente (carpogênico) e sinalizam o início de um novo ciclo de doença (Ekins *et al.* 2002; Bolton *et al.* 2006; Saharan; Mehta, 2008). Escleródios caídos ao solo, sob alta umidade e temperaturas entre 10 °C e 21 °C, germinam, formando apotécios que produzem ascósporos que são liberados ao ar, responsáveis pela infecção das plantas (Meyer *et al.* 2014; Jahan *et al.* 2022).

Existem diversos estudos acerca da viabilidade dos escleródios no ambiente, evidenciando que em regiões de clima temperado os escleródios permanecem viáveis por vários anos (Adams; Ayers, 1979; Harper, 2001; Fernando; Nakkeeran; Zhang, 2004; Reis *et al.* 2011). No entanto, para regiões tropicais e subtropicais, em sistema de semeadura direta sobre palhada de gramíneas, a viabilidade dos escleródios é de até 12 meses (Menezes *et al.* 2014; Brustolin *et al.* 2016).

2.2.2.2 *Macrophomina phaseolina*

A podridão do carvão da soja é causada por *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (Goidanês, 1947), e infecta mais de 500 espécies de culturas incluindo cereais, frutíferas, leguminosas, hortaliças e florestais (Dhingra; Sinclair, 1978; Romero Luna *et al.* 2017; Ghosh *et al.* 2018).

Esse fitopatógeno sobrevive no solo por meio de estruturas fúngicas duras e pretas, chamadas microescleródios, que são a principal fonte infecciosa do fungo. Essa estrutura de resistência é capaz de sobreviver em resíduos na superfície do solo ou abaixo dela (Shor; Wyllie, 1980; Crous *et al.* 2006; Gupta *et al.* 2012).

Temperaturas elevadas e condições de estresse hídrico estabelecem um ambiente epidemiologicamente favorável para o desenvolvimento da podridão do carvão na soja, podendo resultar em perdas totais na colheita (Nataraj *et al.* 2019; Seixas *et al.* 2020; Rajput *et al.* 2023). Estudos mostram que os microescleródios têm germinação completa em temperaturas que vão de 30°C a 40°C (Short; Wyllie; Ammon, 1978; Viana; Souza, 2002).

A infecção pode ocorrer desde o início da germinação. Nas radículas infectadas o tecido apresenta escurecimento, uma vez nas raízes, o fungo afeta o sistema vascular, interferindo no transporte de água e nutrientes para as partes aéreas da planta. Os sintomas característicos incluem amarelecimento e senescência foliar, com as folhas permanecendo aderidas ao caule pelos pecíolos, descamação dos tecidos corticais do caule inferior e da raiz principal, além da coloração acinzentada desses tecidos devido à elevada presença de microscleródios, o que pode levar à morte prematura da planta hospedeira (Short; Wyllie, 1978; Khan, 2007; Almeida *et al.* 2014; Henning *et al.* 2014).

2.2.2.3 *Rhizoctonia solani*

O *damping-off* ou tombamento é causada pelo fungo habitante do solo *Rhizoctonia solani* Kühn (teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris*), basidiomiceto, saprófita, colonizando matéria orgânica ou na forma de escleródios (Ogoshi, 1987; Gonzalez *et al.* 2011). É uma das doenças de raiz e hipocótilo de leguminosas economicamente mais importantes em todo o mundo, favorecido por temperatura e umidade elevadas (Henning *et al.* 2014; Palacioğlu *et al.* 2023).

Embora as populações de *Rhizoctonia solani* compartilhem um teleomorfo comum, essa espécie é considerada um complexo de espécies, subdividido em grupos específicos de isolados relacionados. Estes isolados apresentam reconhecimento e fusão de hifas, formando os chamados grupos de anastomose. A classificação em grupos de anastomose desempenha um papel fundamental na determinação do nicho ecológico dos isolados, influenciando aspectos como a gama de hospedeiros do patógeno e os sintomas manifestados nas plantas infectadas (Parmeter *et al.* 1969; Adams; Butler, 1979).

Os sintomas dessa doença apresentam-se entre a pré-emergência e 30 a 35 dias após a emergência, ocorrendo o estrangulamento do colo, próximo ao nível do solo. Lesões pequenas, alongadas, afundadas e marrom-avermelhadas no hipocótilo e nas raízes das plântulas, o que acarreta na murcha e no tombamento, consequentemente levando a morte prematura. No

florescimento, as plantas infectadas apresentam podridão aquosa de cor castanha na haste. Já as raízes têm cor castanho-escuro e córtex solto, expondo o lenho. Por fim, as plantas morrem em reboleiras espalhadas pelo campo, promovendo perdas significativas de produtividade (Hall, 1961; Ito, 2013; Henning *et al.* 2014; Tziros; Karaoglanids, 2022).

2.2.2.4 *Diaporthe longicolla*

O gênero *Diaporthe*, contempla um complexo de espécies causadoras de doenças na cultura da soja. *Diaporthe longicolla* (Hobbs), anamorfo: *Phomopsis longicolla* (Hobbs) é agente causal de doenças conhecidas como queimadura de vagem e caule, podridão radicular ou podridão radicular do geográfico e da deterioração da semente de *Phomopsis* (Hobbs; Schmitthenner; Kuter, 1985; Sinclair, 1993; Li; Hartman; Boykin, 2010; Ghissi, Reis, Deuner, 2014; Mathew *et al.* 2015; Udayanga *et al.* 2015; Hu *et al.* 2021).

A queimadura de vagem e caule também tem como agente *Diaporthe sojae* Lehman (Lehman, 1923; Udayanga *et al.* 2015). Já o cancro do caule/haste da soja, é associado a duas espécies *D. aspalathi* e *D. caulivora* (Yorinori *et al.* 1989; Costamilan *et al.* 2008; Mathew *et al.* 2015), que levam a perdas de rendimento da soja por todo o mundo.

A podridão radicular geográfica apresenta, em seus estágios iniciais, a necrose do lenho da raiz principal, que adquire uma coloração esbranquiçada. Posteriormente, surgem linhas irregulares de coloração preta, sem um formato definido, assemelhando-se aos contornos de um mapa, característica que justifica a denominação da doença (Ghissi; Reis; Deuner, 2014).

Santos *et al.* (2011), destacam que *Diaporthe longicolla* é geralmente reconhecida como uma espécie altamente agressiva. Sendo principalmente transmitido por sementes, no entanto, também foi isolada de outras partes de plantas infectadas no campo, incluindo caules e vagens (Zhang *et al.* 1999). As sementes infectadas com *D. longicolla* variam de assintomáticas a enrugadas, alongadas, rachadas e frequentemente com aparência branca calcária. (Hobbs; Schmitthenner; Kuter, 1985; Zhang *et al.* 1999; Santos *et al.* 2011).

2.2.2.5 *Fusarium spp.* - *Fusarium tucumaniae*

A podridão vermelha da raiz ou síndrome da morte súbita (SDS) é uma das doenças mais limitantes da produtividade da soja. Essa doença é causada por pelo menos quatro espécies

de *Fusarium* transmitidas pelo solo: *F. virguliforme*, *F. brasiliense*, *F. crassistipitatum* e com maior relevância *F. tucumaniae* (Aoki; O'donnell; Scandiani, 2005; Aoki; Scandiani; O'donnell, 2012; Raseti *et al.* 2018)

Diferente de outros patógenos associados à (SDS), *F. tucumaniae* possui um ciclo sexual facultativo, o que aumenta sua capacidade de adaptação. Essa característica torna o patógeno mais propenso a superar os mecanismos de resistência da soja, impactando diretamente nas estratégias de manejo da doença (Corvet *et al.* 2007; Scandiani *et al.* 2010).

Os sintomas iniciais desta doença, são manchas avermelhadas evidentes na raiz principal, logo abaixo do nível do solo, a mancha aumenta e circunda o sistema radicular adquirindo coloração vermelha arroxeada, seguindo para cor castanho avermelhada ou quase negra no tecido cortical. O lenho (acima do solo), obtém coloração castanho-claro. Podendo formar um anel avermelhado, acompanhado por pulverulência de cor bege, que são os conídios, isso geralmente ocorre em condições de alta umidade. Na parte aérea das plantas infectadas, observa-se o amarelecimento das folhas e necrose entre as nervuras, conhecido também como o sintoma de folhas carijós (Kimati *et al.* 1997; Navi; Yang, 2008; Gongora-Canul; Nutter; Leandro, 2012; Henning *et al.* 2014).

2.3 Controle de doenças

Atualmente o manejo de doenças em plantas é amplamente baseado no uso de fungicidas químicos sintéticos, cujo número tem aumentado significativamente desde 1940 (El-Baky; Amara, 2021). Embora sua aplicação seja prática e de baixo custo, o uso excessivo e repetitivo, muitas vezes inadequado, tem causado impactos negativos em organismos benéficos, na saúde humana e animal e prejuízos ao meio ambiente. Além disso, a resistência crescente de fitopatógenos fúngicos têm tornado o controle dessas doenças cada vez mais desafiador (Youssef *et al.* 2019; Hussien *et al.* 2018; Roberto *et al.* 2019; Porteous-Álvarez *et al.* 2021).

Portanto, é essencial identificar e desenvolver estratégias alternativas que sejam seguras e prontamente eficazes contra doenças fúngicas de plantas, como o controle biológico (Nega *et al.* 2014). Existem variadas definições acerca de controle biológico Shurtleff e Averre (1997), definem controle biológico como estratégia para reduzir a incidência ou gravidade de doenças por manipulação direta ou indireta de microrganismos. De forma simplificada, Bettiol (1991) o define como o controle de um microrganismo através de outro microrganismo. Logo, o

biocontrole de doenças de plantas envolve o uso de um ou mais organismos para inibir o patógeno e reduzir doenças (Chaur, 1998).

A utilização de agentes de biocontrole representa uma alternativa eficaz para suprimir patógenos vegetais transmitidos via solo. Essa abordagem atua por meio de mecanismos como o parasitismo, a produção de compostos antagônicos, a competição por hospedeiros e nutrientes, além da indução de resistência em plantas contra patógenos causadores de doenças (Shafique *et al.* 2021).

Os agentes de biocontrole de doenças de plantas mais estudados e comercializados mundialmente são fungos e bactérias. Produtos formulados à base de espécies dos gêneros *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. (Bettiol, 2012; Visconti *et al.* 2017; Medeiros; Bavia; Seixas, 2022).

Os mecanismos de ação dos agentes antagônicos ocorrem por meio de mecanismos diretos como: I) antibiose, refere-se a produção e secreção de compostos e metabólitos produzidos por um microrganismo que inibem ou controlam o patógeno; II) competição, por nutrientes e espaço no sítio de infecção do patógeno, impedindo o seu desenvolvimento; III) parasitismo e/ou micoparasitismo, que representa a ação direta de um microrganismo vivendo e alimentando-se de outro, parasitando as hifas e estruturas de resistência do patógeno; e IV) hipovirulência, que consiste na colonização antecipada da planta por uma linhagem do patógeno menos agressiva ou não patogênica (Bettiol, 1991; Vinale *et al.* 2008; Bedendo *et al.* 2011; Shafique *et al.* 2016; Deketelaere *et al.* 2017; Thambugala *et al.* 2020; Degani *et al.* 2021).

Bem como, por meio de mecanismos indiretos como: I) indução de defesa ou indução de resistência, que manifesta-se na planta, quando microrganismos ou metabólitos expressam genes latentes de resistência presentes no hospedeiro, ativando a produção de proteínas ligadas a patogênese (quitinases e glucanases) e aumento de atividade enzimática como a peroxidase (POD) e fenilalanina amônialiase (FAL); e II) promoção de crescimento, onde o antagonista promove o crescimento da planta enquanto reduz os efeitos da doença (Bettiol, 1991; Vinale *et al.* 2008; Bedendo *et al.* 2011; Woo *et al.* 2014; Shafique *et al.* 2016; Deketelaere *et al.* 2017; Monte *et al.* 2019; Thambugala *et al.* 2020; Degani *et al.* 2021).

Nota-se então, que há uma forte tendência do mercado na redução da aplicação de fungicidas sintéticos, e em paralelo a isso, a adoção de produtos biológicos à base de agentes

de biocontrole considerando os variados mecanismos de ação, com maior nível de segurança e impacto socioambiental mínimo (Menzler; Hokkanen, 2006).

2.4 Bioinsumos

Os bioinsumos são utilizados em grande escala na cultura da soja, não obstante grandes exemplos de insumos de origem biológica são relacionados à cultura (Bettiol, 2022). Como o uso de rizobactérias na fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Hungria *et al.* 2007; Hungria *et al.* 2015, Santos *et al.* 2019), ou o controle de patógenos causadores de doenças, por meio de agentes como *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp.

No Brasil conforme conceituado pelo Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA) e estabelecido no Programa Nacional de Bioinsumos, bioinsumo é:

O produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (BRASIL, 2021).

Por serem biodegradáveis e de baixa toxicidade ambiental, os bioinsumos são uma opção sustentável para uso na agricultura. São produtos derivados de fontes biológicas e apresentam diferenciações devido a sua composição e funções (Lorenzoni *et al.* 2023; Palmisano, 2023). Por conseguinte, categoriza-se os bioinsumos em grupos como: I) defensivos biológicos, agentes de biocontrole de pragas, doenças e plantas daninhas; II) relacionados a nutrição vegetal, inoculantes e biofertilizantes; e III) bioestimulantes, condicionadores biológicos de ambientes (Parra, 2014; Borsari; Vieira, 2022).

Para suprir a crescente demanda de alimentos em meio a pressão de recursos naturais escassos, junto da necessidade de assegurar rentabilidade e produtividades elevadas sem onerar o meio ambiente, instituições têm investido fortemente no desenvolvimento de produtos biológicos capazes de aumentar a produtividade das culturas. Visando a substituição de produtos químicos (Vidal; Saldanha; Verissimo, 2020; Safanelli *et al.* 2023; Lorenzoni *et al.* 2023).

Em que pese o supracitado, os insumos biológicos apresentam-se como a nova fronteira de expansão para os sistemas produtivos brasileiros (Vidal; Dias, 2023). De acordo com Vidal, Saldanha e Verissimo, (2020), espera-se que os bioinsumos aliem os interesses do setor agrícola

mundial, atendendo simultaneamente às demandas da população por alimentos mais saudáveis e à preservação ambiental. Ademais, contribuir na redução dos custos em todos os processos da cadeia produtiva.

2.4.1 Aspectos gerais do gênero *Bacillus* spp.

As rizobactérias são conhecidas globalmente como Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), prestam diversos serviços relevantes ao meio ambiente, beneficiam as plantas através do próprio organismo e apresentam-se como alternativa promissora no uso como agente de controle biológico (Vieira Junior *et al.* 2013). Uma grande concentração de população bacteriana denominadas rizobactérias encontra-se na rizosfera, que é definida como o solo ao redor das raízes das plantas (Hiltner, 1904).

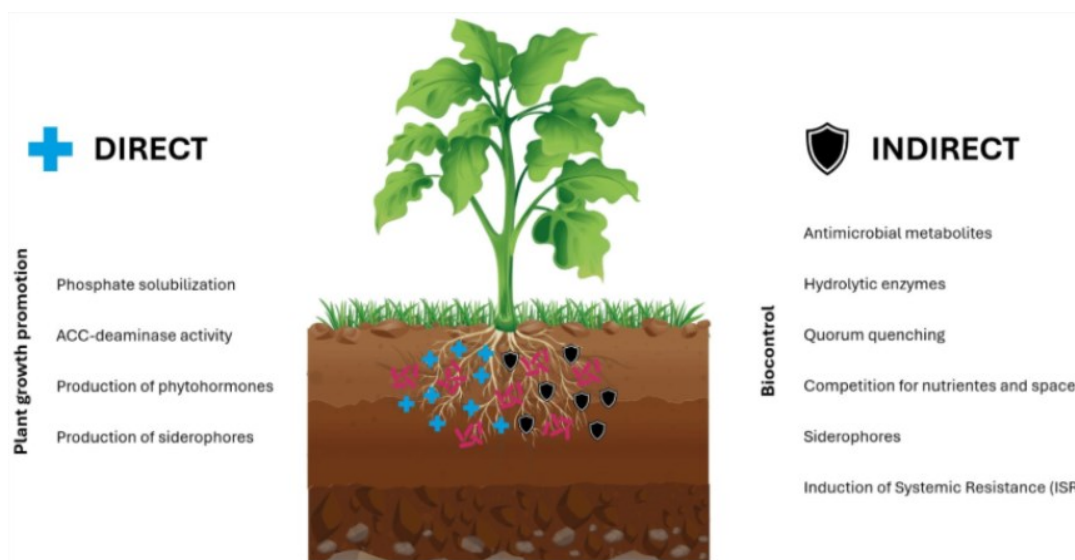
Bactérias do gênero *Bacillus* spp. são incluídas entre as promotoras de crescimento (Chanway *et al.* 2000). O gênero abrange espécies Gram-positivas formadoras de esporos e endósporos que apresentam resistência ao calor, pH e condições osmóticas extremas (Takayanagi *et al.* 1991; Melo, 1998). Amplamente distribuídas em diferentes ambientes, como no solo, ambientes de água doce e salgada, na rizosfera, em sementes, nas folhas e até em ambientes extremos como desertos e geleiras (Ercolani, 1978; Morris *et al.* 1981; Allen *et al.* 1983; Melo, 1998). São capazes de competir por nichos ecológicos e nutrientes, produzindo diferentes compostos biologicamente ativos, como biofilme, antibióticos, enzimas amilolíticas e proteolíticas, sideróforos e outras moléculas antagonistas (Melo, 1998; Chen *et al.* 2009; Chowdhury *et al.* 2015; Dimkic *et al.* 2022).

Por apresentarem rápido crescimento e excelente potencial de colonização, as bactérias do gênero *Bacillus* spp., são consideradas ideais para a inibição e supressão de patógenos (Dimkic *et al.* 2022). O biocontrole é realizado por meio de antibiose direta, por indução da resistência do sistema imunológico (ISR) na planta hospedeira a estresses biótico e abiótico, e também por competição por nutrientes e espaço (Nakkeeran *et al.* 2019; Andric; Meyer; Ongena, 2020).

Essa resistência se dá via indução da expressão gênica relacionada à defesa do hospedeiro, incluindo genes de proteínas relacionadas à patogênese (PR), marcando sua capacidade de induzir resistência sistêmica (ISR) em plantas. A ativação de várias vias de sinalização, como as vias do ácido salicílico (SA), ácido jasmonato (JA) e etileno (ET), facilitando a indução de genes de defesa e enzimas de defesa (Dimkic *et al.* 2022)

Diante do exposto por Lima *et al.* (2019), as rizobactérias podem promover o crescimento em plantas por meio de mecanismos diretos e indiretos. Conforme o autor, a promoção direta refere-se ao aumento da absorção de nutrientes pela planta, como a fixação biológica de nitrogênio, mobilização e solubilização do fosfato e produção de fitohormônios. Por conseguinte, a promoção indireta se dá pela inibição ou diminuição de efeitos deletérios de fitopatógenos (Figura 1).

Figura 1: Mecanismos de ação direto (+) e indireto (escudo), de *Bacillus* spp. com a planta hospedeira.



Fonte: Adaptado de Vasques; Nogueira; Hungria, (2024).

2.4.1.1 *Bacillus velezensis*

Dentre as espécies do gênero *Bacillus* spp., utilizadas no controle biológico, *Bacillus velezensis* tem destaque e vêm sendo relatada como agente antagonista altamente eficiente. Inibindo o crescimento de fungos patogênicos por meio da biossíntese e secreção de uma variedade de proteínas antifúngicas e antibióticos como lipopeptídeos (Romero *et al.* 2007; Chen *et al.* 2018; Kim *et al.* 2021).

Na literatura, muitas cepas de *B. velezensis* são descritas apresentando os genes que estão associados à secreção de metabólitos secundários antifúngicos, os quais vêm sendo na composição de produtos de biocontrole exibindo uma variedade de propriedades antagônicas contra agentes fitopatogênicos (Keshmirshekan *et al.* 2024).

Esses genes, são responsáveis pela síntese de lipopeptídeos cíclicos, a saber, surfactina, iturina, bacilomicina-D, fengicina, bacilibactina ferro-sideróforo, kurstakin. Por sua vez, os

lipopeptídeos cíclicos são conhecidos por suas propriedades antifúngicas robustas, com efeitos antagônicos contra agentes patogênicos de plantas (Chowdhury *et al.* 2015; Palazzini *et al.* 2016; Kim *et al.* 2017; Keshmirshekan *et al.* 2024). Contudo, a atividade antifúngica e a produção de metabólitos secundários podem ser diferentes entre isolados e linhagens, visto a características genômicas distintas (Kim *et al.* 2017).

Em sua maioria, as cepas *Bacillus velezensis* demonstram além da ação de promoção de crescimento exibem notável capacidade antifúngica contra uma ampla gama de patógenos de múltiplos hospedeiros vegetais, como *Rhizoctonia solani* (Liu *et al.* 2022; Liu *et al.* 2022; Wang *et al.* 2023), *Phytophthora sojae* (Han *et al.* 2021), *Fusarium graminearum*, ao produzir bacilomicina-D (Gu *et al.* 2017), *Colletotrichum gloeosporioides* devido à produção de iturina (Park *et al.* 2022), *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* e manchas foliares no trigo causadas por *Bipolaris sorokiniana* (Kang *et al.* 2018).

2.4.1.2 *Bacillus megaterium*- (*Priestia megaterium*)

A bactéria do solo *Bacillus megaterium* de Bary (1884) agora, *Priestia megaterium* (Gupta *et al.* 2020; Biedendieck *et al.* 2021), produz uma variedade de lipopeptídeos que mostram atividades semelhantes às da iturina, fengicinas, liquenisinas e surfactinas (Pueyo *et al.* 2009), Além de ser uma espécie conhecida como PGPR (Goswami *et al.* 2016; Vélchez *et al.* 2018).

Juntamente com outras espécies de *Bacillus* spp., muitos estudos apresentam que *B. megaterium*, têm capacidade de formar endósporos aumenta sua adaptação a várias condições abióticas, como temperaturas extremas e exposição a radiação (Biedendieck *et al.* 2021). Além disso, colonizar a rizosfera, produzir fitohormônios, sideróforos, solubilizar fosfato (por meio da liberação de ácido orgânico e inorgânico e extrusão de prótons, promovendo a biofertilização de fosfato usando fosfatase ácida e fitases secretadas) (Hu *et al.* 2013; Kang *et al.* 2014) e mineralizar fosfato (por meio da produção de fosfatase) (Marulanda *et al.* 2010; Velloso *et al.* 2020; Da Silva *et al.* 2023). O fósforo é um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, contudo, está frequentemente presente de forma disponível em quantidades muito baixas (Liu, 2021).

Chakraborty *et al.* (2006), destacam que enzimas como peroxidase, fenilalanina amônia-liase, quitinase e β -1,3-glucanase relacionadas à defesa vegetal tiveram secreção aumentada *B.*

megaterium. Solanki *et al.* (2012), observou o aumento de protease. Essas enzimas são identificadas por proteger as plantas, atuando na parede celular do patógeno.

Podendo atuar diretamente no biocontrole *B. megaterium* também apresenta efeito antagonista contra o fitopatógenos como *Rhizoctonia solani* e *Lycopersicon esculentum* (Solanki *et al.* 2012), *Aspergillus flavus* em grãos de arroz (Mannaa *et al.* 2018) e *Alternaria japonica* em folhas de brócolis (Vasconez *et al.* 2020).

2.4.2 Aspectos gerais do gênero *Trichoderma*.

Os fungos de biocontrole são principalmente saprofíticos. Em uma relação simbiótica melhoram o crescimento e o desenvolvimento das plantas, permitem que a planta resista a estresses abióticos, melhoram a absorção de nutrientes do solo além de reduzir o efeito de doenças das plantas (Manzar *et al.* 2022).

Fungos do gênero *Trichoderma* spp. Pers. (1794) em sua fase teleomórfica ou sexuada está ligada ao gênero *Hypocrea*, porém a maioria das estirpes utilizadas no controle biológico não apresentam este estágio (Waghunde; Shelake; Sabalpara, 2016). Pertence a classe Sordariomycetes do filo Ascomycota e caracteriza-se pela formação de corpos de frutificação, ou seja, estruturas reprodutivas chamadas de peritécios, formados em estromas de coloração verde, amarela, ou creme, produzidos sobre os substratos colonizados. Nos peritécios são formados os ascósporos (esporos sexuais). Contudo, sua fase sexuada é raramente formada em cultura pura, mas pode ser encontrada na natureza sobre fungos macroscópicos e madeira em decomposição (Samuels, 2006; Jaklitsch, 2009).

Na fase anamórfica ou assexuada, *Trichoderma* spp. são formados a partir de micélios vegetativos, estruturas reprodutivas chamadas de conidióforos com típicos conídios (esporos) unicelulares, esféricos, ovais ou alongados, de coloração geralmente verde e são mais comumente observados e estudados em culturas puras (Samuels, 2006; Jaklitsch, 2009).

Espécies do gênero *Trichoderma*, são encontrados em solos globalmente em ambientes variados, como áreas agrícolas, pastagens, florestas e desertos. Esse gênero é amplamente estudado para o manejo de doenças foliares e radiculares em plantas (Jaklitsch, 2011).

Diferentes cepas de *Trichoderma* spp. são utilizadas no controle biológico, representam aproximadamente 90%, por cento de todos os agentes de biocontrole de base fúngica utilizados para combater microrganismos deletérios em plantas (Ghasemi *et al.* 2019). E corresponde a fonte de mais de 60% dos biofungicidas de melhor eficiência no mundo (Abbey *et al.* 2019).

Diversas espécies do gênero são estudadas para o controle de patógenos radiculares, como: *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. virens* e *T. viride*, que se destacam no controle de patógenos radiculares como *Macrophomina* spp., *Fusarium* spp., *Diaporthe* spp., e em especial no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, o qual coloniza e parasita seus escleródios (Medeiros, Bavia, Seixas, 2022).

2.4.2.1 *Trichoderma longibrachiatum*

A espécie *Trichoderma longibrachiatum* é isolada em sua maioria do solo ou de plantas (Ngo *et al.* 2021). Pertencente ao clado longibrachiatum, classe: sordariomycetes, ordem: hypocreales e família hypocreaceae (Sridharan *et al.* 2020). Esse fungo tem variado espectro e potenciais efeitos antagônicos na inibição do crescimento de fungos deletérios às plantas (Abo-Elyousr *et al.* 2014; Zhang *et al.* 2018; Sallam *et al.* 2019; Du *et al.* 2020).

Além do controle fúngico, *T. longibrachiatum* também possui propriedades nematicidas por efeito parasitário direto (Zhang *et al.* 2016; Zhang *et al.* 2017). O mecanismo que torna as espécies do gênero *Trichoderma* spp., bem sucedidas como um agente de biocontrole, é a produção de metabólitos com propriedade antimicrobiana para induzir resistência nas plantas (Mukherjee; Horwitz; Kenerley, 2012).

Du *et al.* (2020), relataram compostos antifúngicos derivados do *T. longibrachiatum*, e identificaram um novo norsesquiterpeno, que exibiu uma potente capacidade antagônica contra patógenos como *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. e estirpes de *Botrytis cinerea* resistentes ao carbendazim. Contudo, existe uma escassez de artigos relatando as atividades antifúngicas de metabólitos secundários produzidos por *T. longibrachiatum* contra doenças de plantas causadas por fungos.

Além disso, isolados de *T. longibrachiatum* apresentam êxito no controle de patógenos sob condições salinas, diminuindo a incidência e a gravidade de doenças em condições salinas. inibem o crescimento micelial de *Pythium ultimum* (Sánchez-Montesinos *et al.* 2019), de *Fusarium pseudograminearum* (Boamah *et al.* 2021).

Ruocco *et al.* (2015) purificaram uma proteína de 8 kDa (HYTLO1) do filtrado de cultura pura de *T. longibrachiatum*, e a injeção foliar desta proteína induziu a ativação de várias respostas de defesa, entre elas a fitoalexina, proteínas relacionadas à patogênese, espécies reativas de oxigênio, superóxido dismutase e oxilipina. Além disso, promoveu o efeito

antagônico direto sobre *Botrytis cinerea* e *Alternaria alternata* e atividade de promoção de crescimento na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios de Controle biológico II, laboratório de Fitossanidade, laboratório de Bioquímica e na casa de vegetação da fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), localizada na região Sudoeste do Estado do Paraná (25°41'35" S; 53°05'37" O).

3.2 Materiais e Métodos

3.2.1 Obtenção e cultivo dos fitopatógenos

Os fitopatógenos *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncatum*, *Septoria glycines*. E fungos causadores de doenças radiculares: *Diaporthe longicolla* (CMES 1582), *Fusarium tucumaniae* (CMES 25), *Macrophomina phaseolina* (CMES 1474), *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum* (CMES 2131), foram obtidos da coleção de microrganismos do laboratório de Fitossanidade, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Dois Vizinhos, oriundos da EMBRAPA Soja. Os mesmos, foram repicados, em câmara de fluxo laminar e cultivados em placas de Petri® com meio de cultivo BDA (batata, dextrose, ágar), e sequencialmente cultivados em BOD a 25°C, com fotoperíodo de 12 horas por um período de 7 dias.

3.2.2 Obtenção e cultivo dos agentes biológicos

Os agentes de biocontrole utilizados no presente estudo são os isolados *Bacillus velezensis* (BC 004), *Bacillus velezensis* (BC 005), *Bacillus megaterium* (BC 003) e *Trichoderma longibrachiatum* (TC 002), bioprospectados e identificados por meio de sequenciamento de DNA, provenientes da SRM Brazil Technology, Os mesmos, foram repicados, em câmara de fluxo laminar e cultivados em placas de Petri® com meio de cultivo BDA (batata, dextrose, ágar), e sequencialmente conservados em BOD a 25°C, com fotoperíodo de 12 horas por um período de 7 dias.

3.3 Estudo 1: Antagonismo por confronto direto *in vitro*

Para avaliação do estudo de confronto direto por pareamento *in vitro* seguiu-se a metodologia detalhada por Dennis e Webster (1971). Onde cada unidade experimental correspondeu a placas de Petri®, de 9 cm de diâmetro, contendo 20 mL de meio BDA, previamente produzido e autoclavado. Utilizou-se como fitopatógenos desafiante fungos causadores de doenças foliares: *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncatum*, *Septoria glycines*. E fungos causadores de doenças radiculares: *Diaporthe longicolla*, *Fusarium tucumaniae*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*, todos oriundos da micoteca da Embrapa Soja.

Na câmara de fluxo laminar, com auxílio de alça de platina estéril, transferiu-se em uma extremidade da placa de Petri®, um disco de micélio de 7 mm de diâmetro de cada patógeno com distância de um centímetro da borda da placa. Do lado oposto, a um centímetro da borda, foi transferido um disco de micélio de cada um dos quatro isolados em estudo *Bacillus velezensis* (BC 004), *Bacillus velezensis* (BC 005), *Bacillus megaterium* (BC 003) e *Trichoderma longibrachiatum* (TC 002), cultivados conforme descrito no item 3.2.3. A testemunha então, sendo composta apenas com o disco de micélio dos fitopatógenos, isenta dos agentes de biocontrole.

As placas foram fechadas e vedadas com papel filme de PVC, e sobre elas, com o auxílio de régua graduada em milímetros, demarcou-se duas linhas, uma no sentido horizontal e outra no sentido vertical, onde acompanhou-se o crescimento micelial das colônias. Posteriormente, as placas foram acondicionadas em BOD com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas (Bomfim *et al.* 2010). Diariamente, a cada 24h, o crescimento micelial dos fitopatógenos foi avaliado até que a testemunha circundasse completamente toda a placa. Para tal, utilizou-se uma régua graduada em milímetros. Em cada placa por meio das duas medidas foi realizado uma média do crescimento da colônia. Para calcular o percentual de inibição do crescimento micelial (PIC), foi utilizado a fórmula de Menten *et al.* (1976) onde:

$$PIC = \frac{(\text{Crescimento da testemunha} - \text{Crescimento tratamento}) \times 100}{\text{Crescimento da testemunha}}$$

O delineamento experimental disposto foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições por tratamento. Os dados obtidos foram tabulados em Excel e posteriormente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, logo, por se tratar de um experimento

qualitativo x quantitativo, realizou-se a ANOVA seguido da análise de regressão no software Rbio (Bhering, 2017).

3.4 Estudo 2: Solubilização de nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K)

3.4.1 Solubilização de Fósforo

Para avaliar a solubilização de fósforo utilizou-se o meio de cultura NBRIP (National Botanical Research Institute's Phosphate growth medium) modificado (Nautiyal, 1999), composto por 5 g de cloreto de magnésio; 0,5 g de sulfato de magnésio; 0,2 g de cloreto de potássio; 0,1 g de sulfato de amônio; 5 g de fosfato de potássio tribásico; 10 g de glicose e 20 g de ágar, seguido de autoclavagem por 15 min a 120°C. Partindo disso, verteu-se o meio em tubos de ensaio também autoclavados, após solidificado, transferiu-se um disco de micélio de 4 mm de diâmetro, de cada isolado: *Bacillus velezensis* (BC 004), *Bacillus velezensis* (BC 005), *Bacillus megaterium* (BC 003) e *Trichoderma longibrachiatum* (TC 002), respectivamente. Em seguida, os tubos foram vedados com plástico filme de PVC e incubados em BOD a 25 °C com fotoperíodo de 12 horas.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 24 horas até o quinto dia, e com uma régua aferiu-se a zona de solubilização indicada pela alteração da cor do meio de cultura e solubilização do nutriente. Para o cálculo do índice de solubilização (IS), foi empregue a razão entre o diâmetro do halo de solubilização e o diâmetro da colônia bacteriana que, neste caso, foi o diâmetro do tubo de ensaio com 1,5 cm, conforme adaptado a metodologia utilizada por Barraquero, Baya, Cormenzana (1976) e por Chagas Junior *et al.* (2010) correspondendo a:

$$IS = \frac{\text{Diâmetro da zona de solubilização (cm)}}{\text{Diâmetro da colônia (cm)}}$$

Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, contando com quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk; seguido pela ANOVA (Scott-Knott a 5% de probabilidade) e análise de regressão no software Rbio (Bhering, 2017).

3.4.2 Solubilização de Potássio

Para este estudo adaptou-se a metodologia descrita por Velázquez-Gurrola *et al.* (2015), com meio Agar Pikovskaya composto por 0,5 g de extrato de levedura; 10 g de glicose; 5 g de KNO₃; 0,5 g de (NH₄)₂SO₄; 0,1 g de MgSO₄; 0,0001 g de MnSO₄; 0,0001 g de FeSO₄; 0,0026 g de Verde de Bromocresol, todos dissolvidos em 1 L de água destilada, pH ajustado em 7,0 e adicionado 20 g de ágar, seguido de autoclavagem. O meio foi vertido em tubos de ensaio, após o período de solidificar o meio, transferiu-se um disco de micélio com 4 mm de diâmetro, de cada isolado conforme. Sequencialmente, os tubos foram vedados com plástico filme de PVC e incubados em BOD a 25 °C com fotoperíodo de 12 horas.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 24 horas até o quinto dia, e com auxílio de uma régua determinou-se a zona de solubilização indicada pela alteração da cor do meio de cultura da cor azul para amarela. Para o cálculo do índice de solubilização (IS), adotou-se a mesma metodologia descrita no tópico 3.4.1, apresentada por Barraquero, Baya, Cormenzana (1976) e por Chagas Junior *et al.* (2010), correspondendo a:

$$IS = \frac{\text{Diâmetro da zona de solubilização (cm)}}{\text{Diâmetro da colônia (cm)}} \times 6$$

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk; seguido pela ANOVA (Scott-Knott à 5% de probabilidade) e análise de regressão no software Rbio (Bhering, 2017).

3.5 Estudo 3: Respostas de indução de resistência em plantas

3.5.1 Cultivo das plantas em casa de vegetação

A cultivar de soja utilizada no experimento foi a Brasmax Zeus IPRO®, grupo de maturação 5.5, peso de mil grãos de 209g, recomendada para cultivo na região sul PR/SC/RS. A cultivar apresenta resistência a doenças conhecidas como cancro da haste e podridão radicular de *Phytophthora* e moderavelmente suscetível à mancha olho de rã e pústula bacteriana (BRASMAX, 2024). Semeada em vasos com capacidade de 8 L contendo substrato comercial. O delineamento adotado foi ao acaso, com 5 tratamentos, compostos por quatro repetições de vasos, contendo duas plantas de soja cada, sendo estes a testemunha (isenta do inóculo) e os quatro isolados *Bacillus velezensis* (BC 004), *Bacillus velezensis* (BC 005), *Bacillus*

megaterium (BC 003) e *Trichoderma longibrachiatum* (TC 002). Quando a soja atingiu estágio fenológico V3, realizou-se a inoculação de isolados em estudo via pulverização na parte aérea, utilizando-se uma concentração de 1×10^{10} esporos por mL de cada isolado testado. Decorridas 24 horas, aplicou-se como desafiante uma solução de esporos de oídio (*Erysiphe diffusa*) na concentração de 1×10^6 esporos por mL. Para quantificação das variáveis de resistência no decorrer do tempo, o material vegetal para as análises foi coletado em cinco etapas, identificadas como tempo 01: 0 horas; tempo 02: 48 horas; tempo 03: 96 horas; tempo 04: 144 horas e tempo 05: 192 horas após aplicação.

3.5.2 Preparo do extrato enzimático

Seguindo metodologia desenvolvida por Moerschbacher (1988) descrito por Guzzo & Martins (1996). Para a preparação do extrato, as amostras de tecidos (cerca de 0,3g) foram maceradas em almofariz contendo 0,2g de micropérolas de vidro, 0,1g de resina Dowex e 0,2g de PVPP (polivinilpolipirrolidona), este material foi vertido em eppendorf e acrescentado 0,5 mL de tampão borato de sódio, o deixado reagir por um período de 5 minutos. Posteriormente, o material foi centrifugado a 20.000 rpm a 4 °C por 20 minutos, e o sobrenadante recolhido em outro tubo Eppendorf identificado (Figura 2).

Figura 2: Semeadura e cultivo das plantas para obtenção do extrato enzimático, maceração da amostra, extrato vertido em tubos Eppendorf e posterior centrifugação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.



Fonte: Autoria Própria.

3.5.3 Determinação das proteínas totais

Adotou-se a metodologia de Bradford (1976), para realizar a determinação de proteínas totais. Inicialmente tubos de ensaio foram identificados em ordem numérica correspondendo as

repetições dos tratamentos, nestes, utilizou-se 40 µL do extrato vegetal descrito no item 3.5.1, adicionou-se 460 µL de água destilada e 1 mL do reagente Bio-Rad (Sigma). Posteriormente os tubos foram agitados em vórtex, transferidos para cubeta de quartzo e a leitura realizada em espectrofotômetro, procedendo à leitura a 595 nm para obter valor da absorbância.

3.5.4 Determinação da quitinase

Para tal, seguiu-se a metodologia desenvolvida por Moerschbacher (1988) descrita por Guzzo & Martins (1996). Em tubos Eppendorf foram transferidos 100 mg de substrato para quitinase, 400 µL tampão fosfato de sódio 0,2 M, 500 µL do extrato vegetal preparado, e estes, acondicionados em banho maria à 50 °C por 40 minutos. Em seguida, o material foi centrifugado a 7000 rpm 10 minutos, e o sobrenadante respectivo a cada repetição fora transferido para uma cubeta de quartzo realizando-se a leitura em espectrofotômetro a 595 nm.

3.5.5 Determinação da β 1,3 glucanase

Tomando como referência a metodologia desenvolvida por Wirth & Wolf (1990) descrito por Guzzo e Martins (1996). Nos tubos Eppendorf foram adicionados 200 µL de extrato vegetal, mais 400 µL de tampão acetato de sódio 50 mM pH 5,0 e 200 µL de substrato Curdlan (Sigma). Posteriormente, os Eppendorfs foram incubados em banho maria por um período de 50 min na temperatura de 40 °C. A reação foi interrompida adicionando 200 µL de HCL 2N e resfriado em gelo por 10 min. Em seguida, o material foi centrifugado por 5 minutos, a 10.000 rpm para remoção do substrato insolúvel não hidrolisado. E a absorbância do sobrenadante determinada em espectrofotômetro a 600 nm, novamente utilizando a cubeta de quartzo.

3.5.6 Determinação da fenilalanina amônia-liase (FAL)

A avaliação da (FAL) foi realizada conforme a metodologia proposta por Rodrigues, Bezerra e Coelho (2006). Onde, pesou-se 0,5 g do material vegetal, transferidos para cadinhos e macerados com 4 mL do tampão TRIS – HCL pH 8,0. O material foi vertido em tubos de Eppendorf e centrifugado a 6000 rpm em temperatura de 4 °C por 10 minutos. Uma alíquota de 200 µL do sobrenadante foi transferida para um tubo de ensaio previamente identificado

correspondente a cada repetição, acrescentando-se mais 3 mL do tampão de extração TRIS. Em sequência, a solução foi agitada em vórtex, obtendo-se assim, o extrato enzimático. Depois disso, foram transferidos 1,5 mL do extrato enzimático, acrescidos de 1 mL do tampão de extração e 0,5 mL de fenilalanina. Logo em seguida, incubou-se em banho maria por um período de 30 minutos na temperatura de 40 °C. Após incubação, a reação foi interrompida com banho de gelo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 290 nm em cubeta de quartzo.

3.5.7 Determinação dos compostos fenólicos totais

Este estudo contou com duas principais etapas, seguindo o método adaptado de Bieleski e Turner (1966). Inicialmente pesou-se 0,3 g de material vegetal, adicionando 5 mL da solução MCA (metanol, clorofórmio, água 6/2,5/1,5), e macerado em almofariz. O material resultante foi vertido em tubo de Eppendorf e centrifugado a 6.000 rpm, na temperatura de 20 °C por 20 minutos, coletando o sobrenadante. O resíduo sólido restante, onde, foi realizada nova extração, adicionando mais 4 mL de MCA, agitado no vórtex e centrifugado novamente a 6.000 rpm, 20 °C por 20 minutos. O sobrenadante coletado é adicionado ao anterior, obtendo o extrato MCA. Neste extrato adicionou-se 1 mL de clorofórmio e 1,5 mL de água deionizada, e centrifugado a 6.000 rpm, 20 °C por 15 minutos.

A segunda etapa é composta pela determinação de fenóis totais pelo método adaptado de Jennings (1991). Retirou-se 0,5 mL da parte superior do sobrenadante, adicionando 0,5 mL de água + 0,5 mL do reagente de Folin – Ciocalteu diluído 1:10, e misturada em vórtex. Após 15 minutos, é adicionado 5 mL do reagente alcalino A (preparado de carbonato de sódio 2% em solução de hidróxido de sódio 0,1 N). Agitou-se novamente em vórtex e após 50 minutos transferiu-se a solução para cubeta de quartzo e fez-se a leitura em espectrofotômetro a 760 nm.

3.5.8 Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk; por se tratar de um experimento qualitativo x quantitativo, realizou-se a ANOVA (Scott-Knott à 5% de probabilidade) seguido da análise de regressão no software Rbio (Bhering, 2017).

3.6 Estudo 4: Promoção de crescimento em plantas

O experimento foi implantado na casa de vegetação da UTFPR-Dois Vizinhos, cada unidade experimental correspondeu a tubos de PVC (20 cm de diâmetro x 70 cm de altura), estes abastecidos de substrato comercial. Os isolados *Bacillus velezensis* (BC 004), *Bacillus velezensis* (BC 005), *Bacillus megaterium* (BC 003) e *Trichoderma longibrachiatum* (TC 002), foram cultivados conforme o item 3.2.2, onde, sequencialmente preparou-se uma suspensão de esporos na concentração de 1×10^{10} esporos por mL de cada isolado testado. Cada tratamento contou com quatro repetições.

Posteriormente foram tratadas as sementes de soja cultivar Brasmax Zeus IPRO, onde, aplicou-se 4 mL da solução de esporos por quilograma de sementes, neste processo contou-se com o auxílio de pipeta e beakers para homogeneizar a mistura dos respectivos tratamentos. Em cada vaso foram semeadas manualmente três sementes de soja, em profundidade de 5 cm. Quando as plantas se encontravam no estágio fenológico V4, foi feito o desbaste, deixando-se duas plantas/vaso adaptado de (Mascarenhas; Tanaka, 1995). As plantas foram conduzidas até o estágio V9, onde avaliou-se o comprimento da parte aérea, comprimento radicular, diâmetro do caule, massa verde e massa seca da parte aérea e radicular adaptado de Mascarenhas e Tanaka (1995). Para tal avaliação, as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do substrato aderido e separaram-se o sistema radicular da parte aérea das plantas conforme (Júnior *et al.* 2021). Por fim, as medidas foram realizadas sobre uma bancada, com o auxílio de uma fita métrica, obtendo-se as medidas para cada tratamento, e em seguida aferiu-se os valores de massa verde e posteriormente direcionadas à estufa com temperatura de 50°C por 7 dias, obtendo-se os valores de massa seca da parte aérea e radicular.

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido pela ANOVA, Scott-Knott à 5% de probabilidade, no software Rbio (Bhering, 2017).

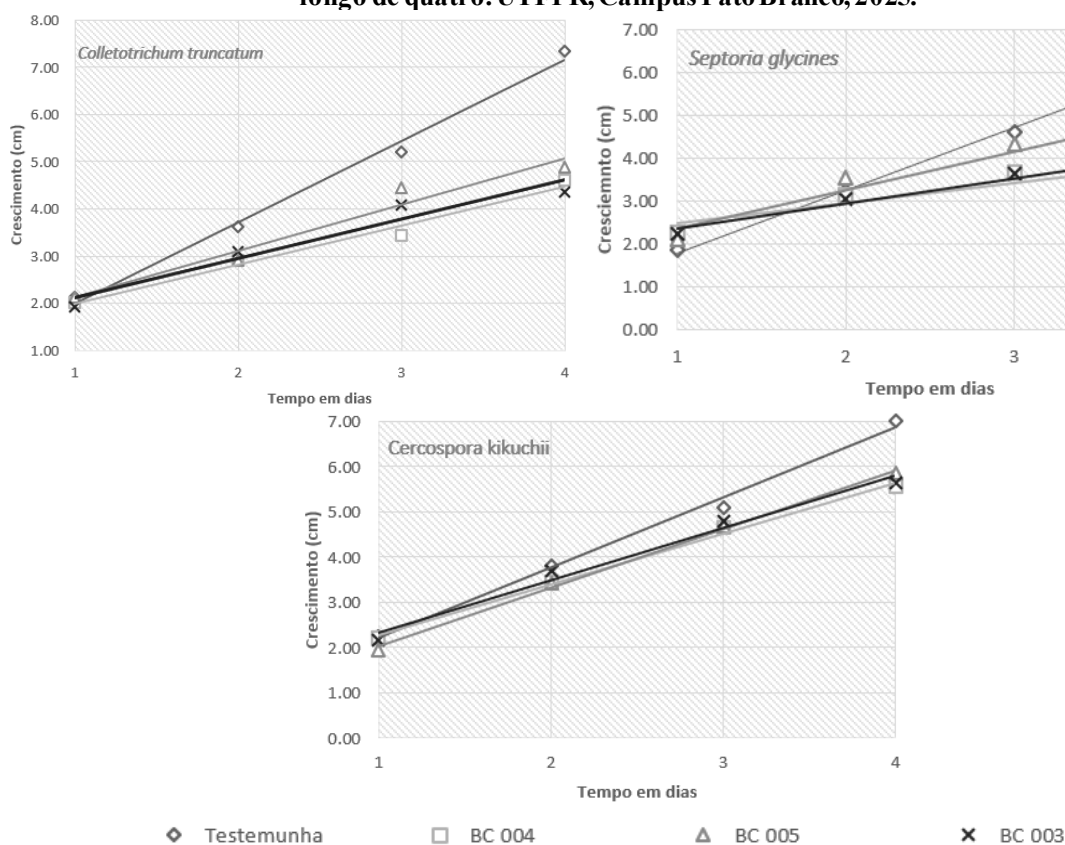
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo 1: Antagonismo por confronto direto *in vitro*

4.1.1 Resultados antagonismo sobre patógenos causadores de doenças foliares

Para o controle de patógenos causadores de doenças foliares *C. kikuchii*, *C. truncatum* e *S. glycines*., em estudo de antagonismo por confronto direto dos três isolados *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), pode-se observar que houver diferenças entre os tratamentos, e que os isolados apresentaram potencial antagonista sobre o crescimento micelial dos fitopatógenos. Conforme apresentado nas (Figuras 3 e 4), observa-se que no confronto de *C. kikuchii*, os isolados BC 003, BC 004 e BC 005 reduziram 21% do crescimento radial do fitopatógeno em relação a testemunha.

Figura 3 – Efeito antagonista dos isolados *B. velezensis* (BC 004), *B. velezensis* (BC 005) e *B. megaterium* (BC 003), sobre o crescimento micelial (cm) de *C. truncatum*, *S. glycines* e *C. kikuchii* respectivamente, ao longo de quatro. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quadro 1- Equação da reta e R² ajustado referentes ao crescimento micelial de *C. truncatum*, *S. glycines* e *C. kikuchii*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.

<i>Colletotrichum truncatum</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 1.7208x + 0.2663$	0.9924
BC 003	$y = 0.8295x + 1.1625$	0.9804
BC 004	$y = 0.829x + 1.2925$	0.9436
BC 005	$y = 0.9778x + 1.1462$	0.9586
<i>Septoria glycines</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 1.4723x + 0.3033$	0.9975
BC 003	$y = 0.8983x + 1.45$	0.9489
BC 004	$y = 0.5817x + 1.7583$	0.9666
BC 005	$y = 0.4767x + 1.9833$	0.8576
<i>Cercospora kikuchii</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 1.555x + 0.65$	0.9945
BC 003	$y = 1.3017x + 0.7167$	0.997
BC 004	$y = 1.16x + 1.175$	0.9818
BC 005	$y = 1.16x + 1.175$	0.9818

Fonte: Autoria própria (2025).

Já, ao analisarmos o gráfico que apresenta o confronto sobre *C. truncatum* (Figuras 3 e 4), pode-se observar a redução de crescimento do fitopatógeno de 41,1%, para isolado BC 003, e os isolados BC 004 e BC 005, reduziram 37% e 34,2%, respectivamente. Ainda, observa-se que o isolado BC 003 reduziu 38,9%, o isolado BC 004 reduziu 42,9% e o isolado BC 005, promoveu a redução de 23,8% do crescimento micelial de *S. glycines*, quando comparado com a testemunha.

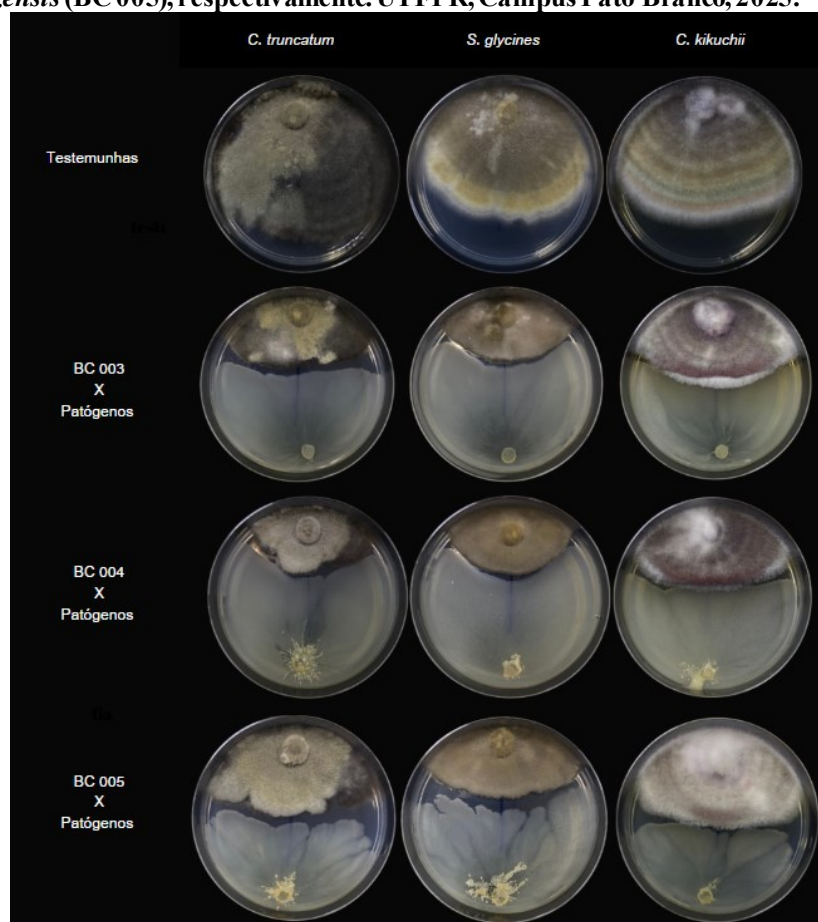
As descobertas obtidas por este estudo são consistentes com outros estudos para *B. velezensis* contra fungos fitopatogênicos. Teixeira *et al.* (2024), investigou a atividade de biocontrole de *B. velezensis* contra *C. truncatum* e *C. kikuchii*, e observaram que o antagonista inibiu efetivamente o crescimento micelial dos fitopatógenos. Mantecón e colaboradores (2008), evidenciaram que o uso de *B. subtilis* e *B. pumilus*, controlam a mancha marrom (*Septoria glycines*) na cultura da soja em condições de campo.

Espécies do gênero *Bacillus* como *B. amyloliquefaciens*, também mostram efeitos inibitórios *in vitro* de *C. truncatum*, reduzindo o crescimento micelial em 84,3%, além disso,

protegeu as plantas de alfafa (*Medicago sativa*) da antracnose em condições de estufa (eficácia do biocontrole de 82,59%) (Hu *et al.* 2021).

Na figura 4, pode-se observar o efeito de antibiose e competição das estirpes de *B. velezensis* e *B. megaterium* estudados, frente aos fitopatógenos habitantes de parte aérea. Observa-se também o halo de inibição formado pelo antagonista.

Figura 4 - Placas aos 7 dias de avaliação: Relação das testemunhas dos fitopatógenos: *C. truncatum*, *S. glycines* e *C. kikuchii*. E confrontos realizados com, *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), respectivamente. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.



Fonte: Autoria própria (2025).

O interesse crescente em agentes de biocontrole tem direcionado uma atenção substancial à exploração do potencial antagonista do gênero *Bacillus* no manejo de uma ampla gama de fungos fitopatogênicos (Fan *et al.* 2018; Yang *et al.* 2020; Cheffi-Azabou *et al.* 2020; Torres *et al.* 2020; Anckaert *et al.* 2021; Avozani *et al.* 2021; Joly *et al.* 2021; El-Sersawy *et al.* 2021; Platel *et al.* 2021; Medhioub *et al.* 2022; Soliman *et al.* 2022).

4.1.2. Resultados antagonismo sobre patógenos causadores de doenças radiculares

Pode-se observar que o isolado de *T. longibrachiatum* (TC 002), difere dos demais isolados, apresentando melhor desempenho na redução do crescimento micelial dos fitopatógenos de solo em relação ao isolados de *Bacillus spp.* (Figura 5). Guzmán-Guzmán *et al.* (2023), registram os potenciais e benefícios de espécies do gênero *Trichoderma spp.*, para o controle de doenças, entre as espécies, o *T. longibrachiatum* destaca-se visto sua capacidade parasitismo, competição, produção de metabólitos secundários, antibiose e indução de resistência.

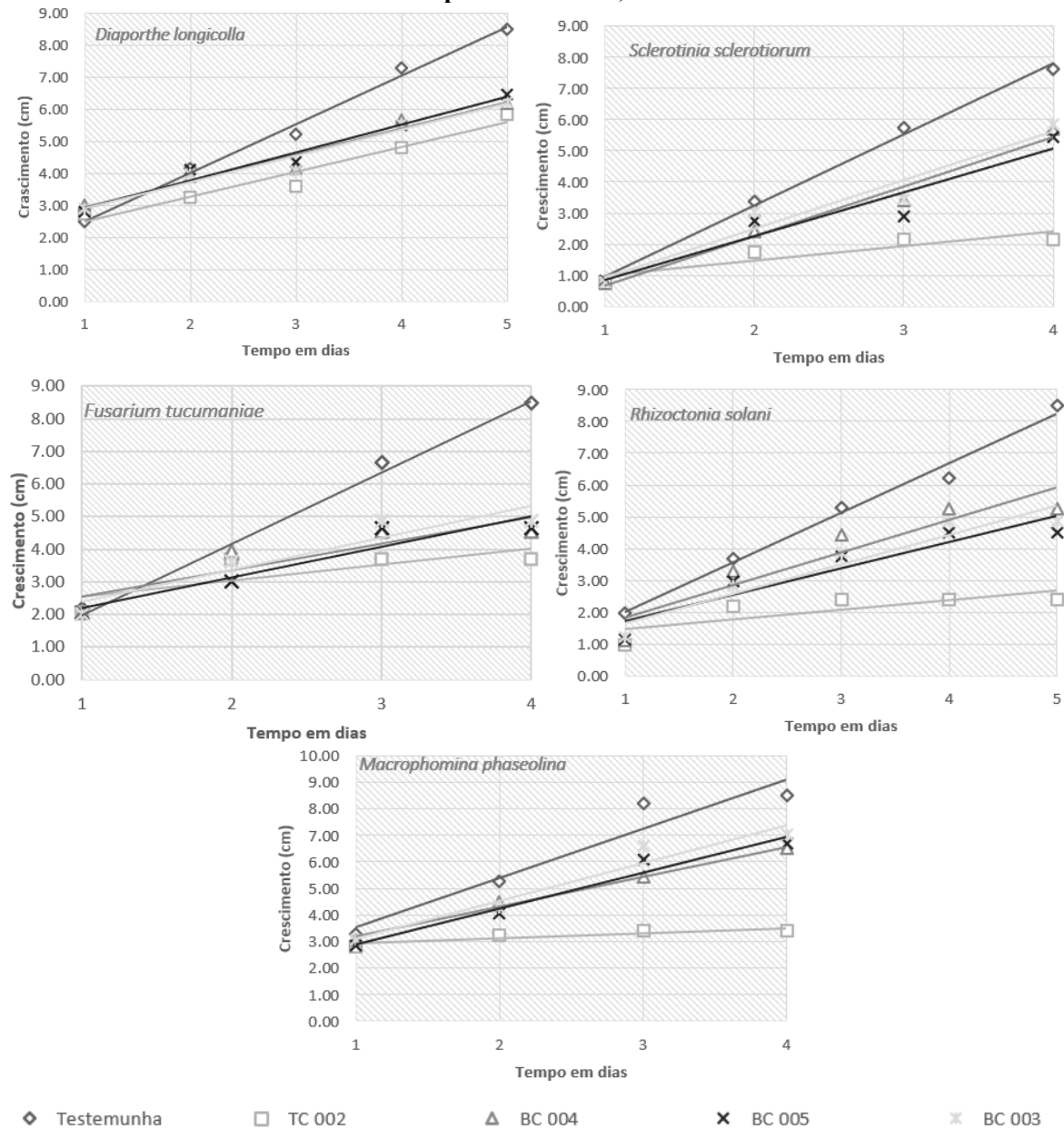
Neste sentido, ao observar os gráficos que mostram o confronto (Figura 5), verificamos que houve redução do crescimento micelial de *D. longicolla* de 31,2% em relação à testemunha, quando confrontando com o isolado TC 002, para os isolados de *Bacillus spp.* BC 003 e BC 004, redução de 27,1% e para BC 005, redução 21%. Ao analisarmos os resultados de confronto com *F. tucumaniae*, nota-se a redução do crescimento radial em 56,47% para TC 002. 43,53%, 47,05% e 45,88% para os isolados BC 003, BC 004 e BC 005, respectivamente. Resultados também observados na (Figura 6)

Outros autores como Akintayo *et al.* (2023), destacam a eficiência inibitória de cepas de *B. velezensis* no biocontrole de diferentes espécies de *Diaporthe spp.* Em mais detalhes, a cepa ES1-02 chegou a reduzir o crescimento micelial do fungo em até 40%. Cepas de biocontrole eficazes e com rendimentos de produção de lipopeptídeos cíclicos (LP) promissores. Schuster-Russiano (2024), estudou *T. koningiopsis* no controle de *D. longicolla* e seus resultados mostram uma redução média de 71% do crescimento micelial promovido pelos isolados de *T. koningiopsis*.

Ou *et al.* (2022), obtiveram resultados promissores da cepa de *B. megaterium* (HGS7), na inibição do crescimento do complexo *Fusarium spp.* Assim como Higashi *et al.* (2020), que estudaram *B. velezensis* no controle de fitopatógenos e concluíram um potente antagonismo contra o complexo *Fusarium spp.* e *S. sclerotiorum*. El-Morsoy *et al.* (2023), observaram que *T. longibrachiatum* exibe atividade antifúngica contra *F. equiseti* inibindo o crescimento em até 60%.

Trichoderma spp. tem longa história como agente de biocontrole contra várias espécies de patógenos do gênero *Fusarium spp.* (Kareem; Ogoji; Aboaba, 2016; Larran *et al.* 2020; Chen *et al.* 2021).

Figura 5 – Efeito antagonista dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. velezensis* (BC 004), *B. velezensis* (BC 005) e *B. megaterium* (BC 003), sobre o crescimento micelial (cm) de *D. longicolla*, *S. sclerotiorum*, *F. tucumaniae*, *R. solani* e *M. phaseolina*, respectivamente, ao longo de quatro dias. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quadro 2 - Equação da reta e R2 ajustado referentes ao crescimento micelial de *D. longicolla*, *F. tucumaniae*, *M. phaseolina*, *R. solani* e *S. sclerotiorum*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.

<i>Diaporthe longicolla</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 1.5133x + 0.9933$	0.9928
TC 002	$y = 0.775x + 1.725$	0.9481
BC 003	$y = 0.8183x + 2.095$	0.9557
BC 004	$y = 0.817x + 2.141$	0.9597

BC 005	$y = 0.8667x + 2.0467$	0.9717
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 2.2867x - 1.3333$	0.9947
TC 002	$y = 0.4575x + 0.5625$	0.8197
BC 003	$y = 1.5667x - 0.6417$	0.9432
BC 004	$y = 1.5917x - 0.9167$	0.9785
BC 005	$y = 1.4x - 0.525$	0.9109
<i>Fusarium tucumaniae</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 2.194x - 0.23$	0.9859
TC 002	$y = 0.4973x + 2.0425$	0.6
BC 003	$y = 0.981x + 1.405$	0.8757
BC 004	$y = 0.81x + 1.75$	0.7797
BC 005	$y = 0.9402x + 1.241$	0.8987
<i>Rhizoctonia solani</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 1.5567x + 0.4733$	0.9871
TC 002	$y = 0.3033x + 1.1667$	0.6037
BC 003	$y = 0.925x + 0.7517$	0.9143
BC 004	$y = 1.025x + 0.8017$	0.8717
BC 005	$y = 0.8233x + 0.92$	0.8703
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Equação	R ² ajustado
Testemunha	$y = 1.86x + 1.6583$	0.9289
TC 002	$y = 0.19x + 2.7417$	0.7905
BC 003	$y = 1.4283x + 1.6583$	0.9448
BC 004	$y = 1.1283x + 2.0583$	0.9919
BC 005	$y = 1.3517x + 1.5333$	0.963

Fonte: Autoria própria (2025).

Para *M. phaseolina*, o isolado TC 002, reduziu em 60% o crescimento do fitopatógeno em relação a testemunha, BC 003, BC 004 e BC 005, reduziram 17,64%, 23,5% e 22,4%, respectivamente (Figura 5 e 6). Sridharan *et al.* (2021) evidenciam que *T. longibrachiatum* reduziu em 58% o crescimento de *M. phaseolina*, além de atestar seu efeito de antibiose.

Ebtehag *et al.* (2009), também relataram a eficácia de biocontrole *B. megaterium*, contra *M. phaseolina*, em plântulas de soja. Pastrana *et al.* (2016), destacam a formulação comercial baseada em *B. megaterium* e *B. laterosporus* (Fusbact®), para controlar a podridão do carvão na cultura do morango, que tem como patógeno causal o fungo *M. phaseolina*.

Hong *et al.* (2018), destacam que *B. velezensis* causou 64,7% e 55,2% de inibição do crescimento de *M. phaseolina* e *F. oxysporum* f. sp. *fragariae*, respectivamente. Os autores, apresentam que os fitopatógenos mostraram anormalidades miceliais, como degradação e deformação da parede celular das hifas em comparação com a estrutura normal das hifas no grupo controle.

Observando os resultados do confronto de *R. solani* com os isolados (Figura 5 e 6), nota-se que houve redução de 71,8% pelo isolado de *T. longibrachiatum* (TC 002), e uma redução média do crescimento do fitopatógeno de 43,5% a 47,1%, quando confrontado com os isolados de *Bacillus spp.* Ademais, para *S. sclerotiorum*, o isolado TC 002, promoveu a redução de 75,3%, e os *Bacillus spp.*, reduziram em média 22,4% a 24,7%, do crescimento do patógeno em relação à testemunha (Figura 5 e 6).

Tamandegani *et al.* (2020), observaram o mesmo efeito de controle *in vitro* de *A. solani* e *R. solani* com índices de biocontrole de 96,05% e 92,16%, respectivamente. O crescimento micelial dos fitopatógenos foi mitigado e uma redução da extensão do diâmetro da colônia apareceu no confronto com os isolados de *T. asperellum*, *T. longibrachiatum*.

Na literatura encontra-se outros resultados promissores de *B. velezensis* no controle de *R. solani*, as cepas SQR9 (Liu *et al.* 2022), ES2-4 (Wang *et al.* 2023), Q-426 (Liu *et al.* 2022) e C3-3 (Suárez-Bautista *et al.* 2024), demonstraram a capacidade de redução do fitopatógeno, por meio da produção de compostos antimicrobianos, que rompem as paredes celulares dos fungos e suprimem o crescimento do patógeno. Além da promoção de crescimento em plantas por meio de mecanismos como a colonização das raízes e a produção de metabólitos secundários, incluindo fitohormônios e sideróforos, que aumentam a absorção de nutrientes e modulam o crescimento das plantas (Liu *et al.* 2022; Wang *et al.* 2023).

Em estudo realizado *in vitro*, a cepa de *B. megaterium* (HGS7), apresentou inibição do crescimento de 83,8% das hifas de *S. sclerotiorum* (Ou *et al.* 2022). Teixeira *et al.* (2021), destacam em seus estudos que *B. velezensis* apresentou atividade antifúngica contra *S. sclerotiorum*, *M. phaseolina*, *B. cinerea* e *R. solani* com inibição do crescimento micelial de 60%, e concluíram o claro efeito antagônico do microrganismo em estudo. Torres *et al.* (2020), elucidam a atividade antifúngica de *B. velezensis*, com a inibição da germinação de esporos e

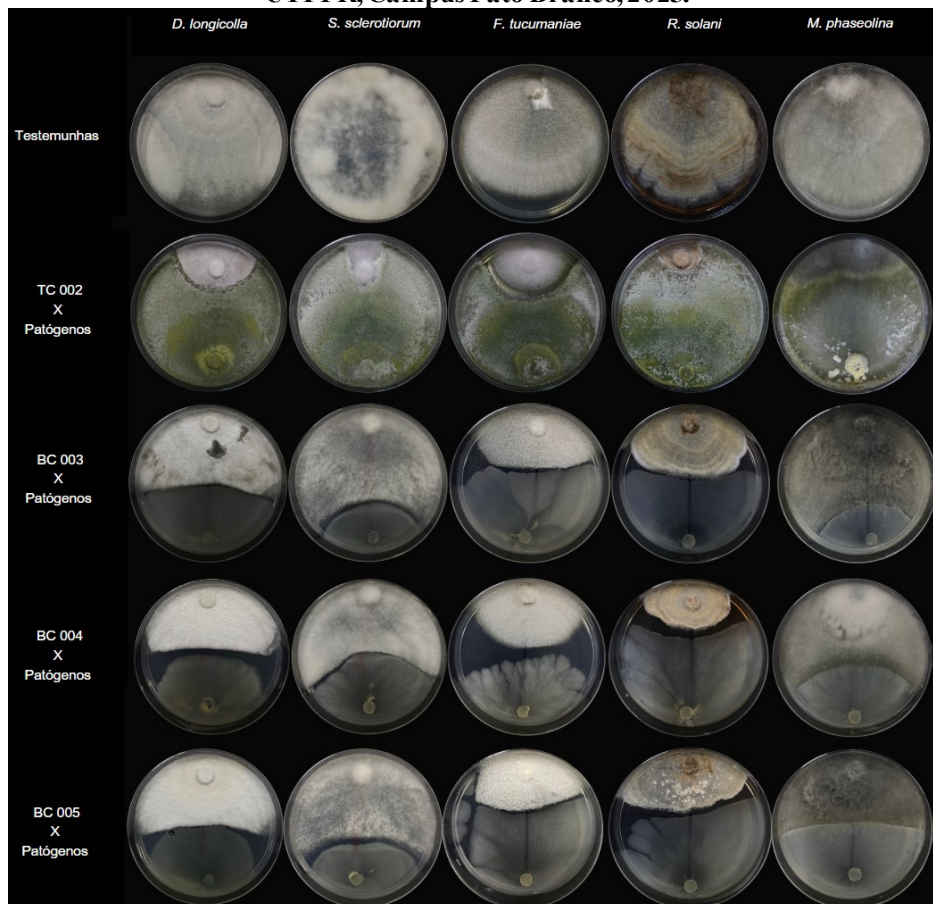
posterior formação de micélio que passam de 80% para *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium oxysporum*.

O mesmo foi obtido por Maral-Gül e Eltem (2024), onde os isolados de *Bacillus sp.* apresentaram inibição percentual do crescimento de 65,6% contra *B. cinerea*, 42,2% contra *F. solani* e 55,6% contra *R. solani*, fungos fitopatogênicos transmitidos.

Há muitos estudos que apresentam o efeito antagonista e o micoparasitismo de *Trichoderma spp.* sobre o fungo *S. sclerotiorum*. Schuster-Russiano (2024), ao estudar diferentes isolados de *T. koningiopsis*, obteve redução de até 63% para *S. sclerotiorum* em relação a testemunha. Haddad *et al.* (2017), estudou 120 cepas de *Trichoderma spp.*, e destas 66, mostraram a capacidade de reduzir a germinação de escleródios em mais de 50% e 22 inibiram completamente a germinação de *S. sclerotiorum*.

Observa-se na figura 6, o halo de inibição formado pelos antagonistas e o efeito de antibiose e competição das estirpes de *B. velezensis*, *B. megaterium* e *T. longibrachiatum* sobre os fitopatógenos habitantes de solo.

Figura 6 - Placas aos 7 dias de avaliação: Relação das testemunhas dos fitopatógenos: *D. longicolla*, *S. sclerotiorum*, *F. tucumaniae*, *R. solani* e *M. phaseolina*. E confrontos realizados com *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), respectivamente. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.



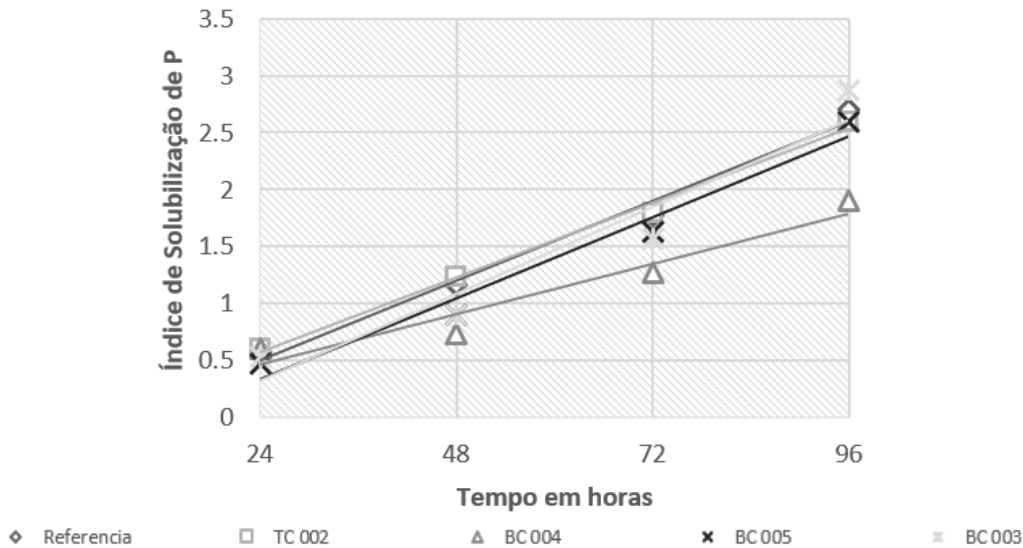
Fonte: Autoria própria (2025).

4.2 Estudo 2: Solubilização de nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K)

4.2.1 Solubilização de Fósforo

No ensaio de solubilização, constatou-se que os quatro isolados em estudo *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005) comportam-se como solubilizadores de fósforo em meio NBRIP (Gráfico 1), apresentando aumentos consideráveis do halo de solubilização no decorrer dos dias avaliados. Resultados que se assemelham ao microrganismo referência (*T. koningiopsis*), com capacidade comprovada de solubilização de fósforo e potássio (Schuster-Russiano, 2024).

Gráfico 1: Índice de Solubilização (IS) de fósforo dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), em meio de cultura NBRIP, no decorrer de 96 horas avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025. CV=16,19%.



Fonte: Autoria própria (2025).

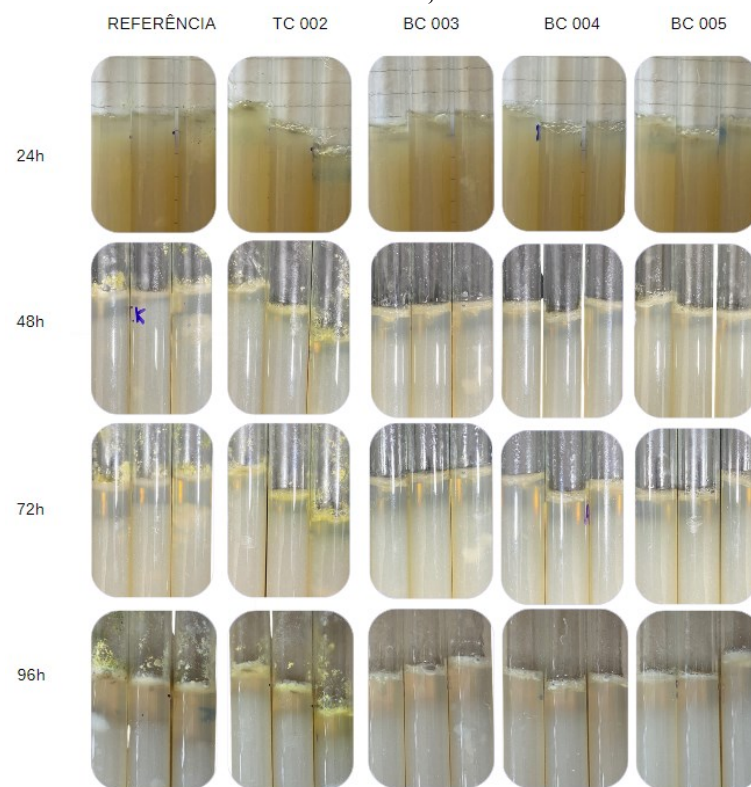
Quadro 3: Equação da reta e R2 ajustado referentes ao índice de solubilização de potássio dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005). UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.

Referência	$y = 0.0292x - 0.2$	0.9866
TC 002	$y = 0.0274x - 0.0833$	0.9947
BC 003	$y = 0.0319x - 0.45$	0.9294
BC 004	$y = 0.0185x + 0.0167$	0.9362
BC 005	$y = 0.0297x - 0.3833$	0.9727

Fonte: Autoria própria (2025).

O gradiente de solubilização pode ser observado pela capacidade dos isolados em solubilizar fósforo, evidenciado pela alteração no pH do meio de cultura (variando de 3,7 a 5,5), detectada pelo indicador Verde de Bromocresol. Essa mudança explica-se devido à liberação de ácidos orgânicos, como lático, cítrico, málico, tartárico e succínico, pelos microrganismos, promovendo a redução do pH e, conseqüentemente, aumentando a solubilização de potássio (Prajapati *et al.* 2012) (Figura 7).

Figura 7: Gradiente de solubilização de fósforo dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), no quarto dia de avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.



Fonte: Autoria própria (2025).

O mesmo é observado por Wekesa *et al.* (2022), que destacou a eficiência na solubilização de fosfato por duas cepas diferentes de *B. velezensis*, que tem potencial de aumentar a produção de culturas utilizando fosfato no solo para a forma solúvel para uso da planta. Suárez-Bautista *et al.* (2024), evidenciam que *B. velezensis* demonstrou capacidade de solubilização de fósforo e atividade de lipase. Uma característica potencialmente atribuída ao gene do gluconato *gntP*, um simportador de H⁺ envolvido na síntese de ácidos orgânicos como o ácido glucônico (Guan *et al.* 2025).

Hu *et al.* (2019), atestam que a atividade de fitase e a solubilização de fósforo inorgânico foram significativamente maiores nos tratamentos com diferentes isolados de *Bacillus spp.* do

que os tratamentos de controle. Santos (2023), obteve resultados semelhantes ao avaliar os efeitos da inoculação de *B. velezensis* na cana-de-açúcar, associada a diferentes doses de fosfato monoamônico (MAP), onde, mesmo com doses reduzidas de MAP, *B. velezensis* melhorou a eficiência fotossintética e a produção de biomassa da cana-de-açúcar.

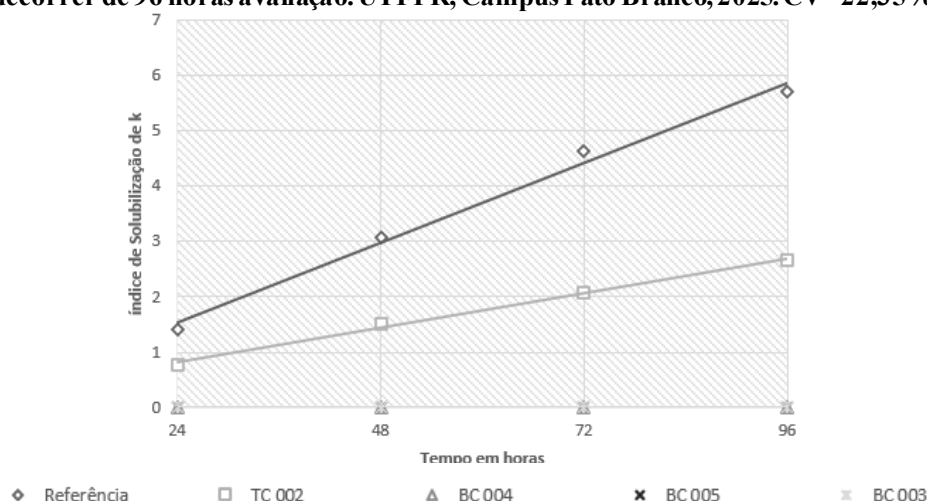
Galeano *et al.* (2024) isolou e caracterizou bioquimicamente 66 isolados de *Trichoderma spp.* da rizosfera de plantas. Entre os isolados, *T. longibrachiatum* (GT-32) demonstrou habilidades promissoras na promoção de crescimento vegetal, incluindo a produção de ácido indol-3-acético e a solubilização de fosfato.

França *et al.* (2017), em seus estudos concluíram que isolados de *Trichoderma spp.* prospectados de solos com produção orgânica de tomate, foram capazes de solubilizar fosfato tricálcio em meio NBRIP. Assim como, Bader *et al.* (2020) que avaliaram a solubilização de fósforo em meio NBRIP, com cinco isolados nativos de *T. Harzianum*, obtidos de solos horticolas da Argentina, e estes apresentaram concentração de fósforo solúvel nos filtrados variando entre 215,80 e 288,18 $\mu\text{g/mL}^{-1}$.

4.2.2 Solubilização de Potássio

O gráfico 2 apresenta os resultados de solubilização de potássio pelos isolados em relação ao microrganismo referência. Analisando, pode-se verificar que apenas *T. longibrachiatum* (TC 002) se comportou como solubilizador de potássio (Figura 8).

Gráfico 2: Índice de Solubilização (IS) de potássio dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), em meio de cultura NBRIP, no decorrer de 96 horas avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025. CV=22,35%.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quadro 4: Equação da reta e R2 ajustado referentes ao índice de solubilização de fósforo dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005). UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.

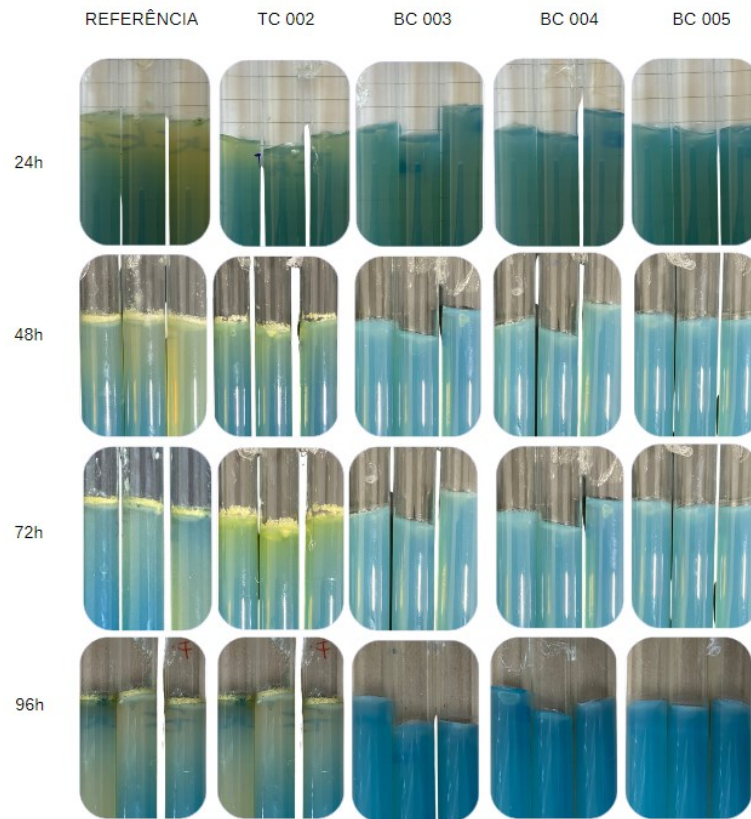
Referência	$y = 0.0603x + 0.0833$	0.9907
TC 002	$y = 0.0261x + 0.1833$	0.9967
BC 003	$y = 0$	#N/A
BC 004	$y = 0$	#N/A
BC 005	$y = 0$	#N/A

Fonte: Autoria própria (2025).

Ao estudar o tratamento de *T. longibrachiatum* em *Pinus massoniana* Yu *et al.* (2023) obteve que, em estresse de seca, o tratamento com *T. longibrachiatum* melhora a altura da muda, o volume da raiz, o peso fresco do broto e o conteúdo de fósforo, potássio e nitrogênio. As descobertas obtidas por este estudo são consistentes com outros estudos para *Trichoderma spp.*, diversos autores relatam o efeito de *Trichoderma spp.* na solubilização de potássio (Chen *et al.* 2021; Chungopasta *et al.* 2023; Iswati *et al.* 2024).

Para os isolados *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), observa-se no (Gráfico 2), que os mesmos não expressaram solubilização ao longo dos dias de avaliação (Figura 8). Contraposto aos resultados de Singh *et al.* (2015), Verma *et al.* (2015) e Ali *et al.* (2020), relatam a solubilização de potássio por várias espécies de *Bacillus* como *B. velezensis*, *B. cereus*, *B. circulans*, *B. coagulans*, *B. edaphicus*, *B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. firmus*, *B. mycoides*, *B. decolorationis* e *B. horikoshii*.

Figura 8: Gradiente de solubilização de potássio dos isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), no quarto dia de avaliação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025.

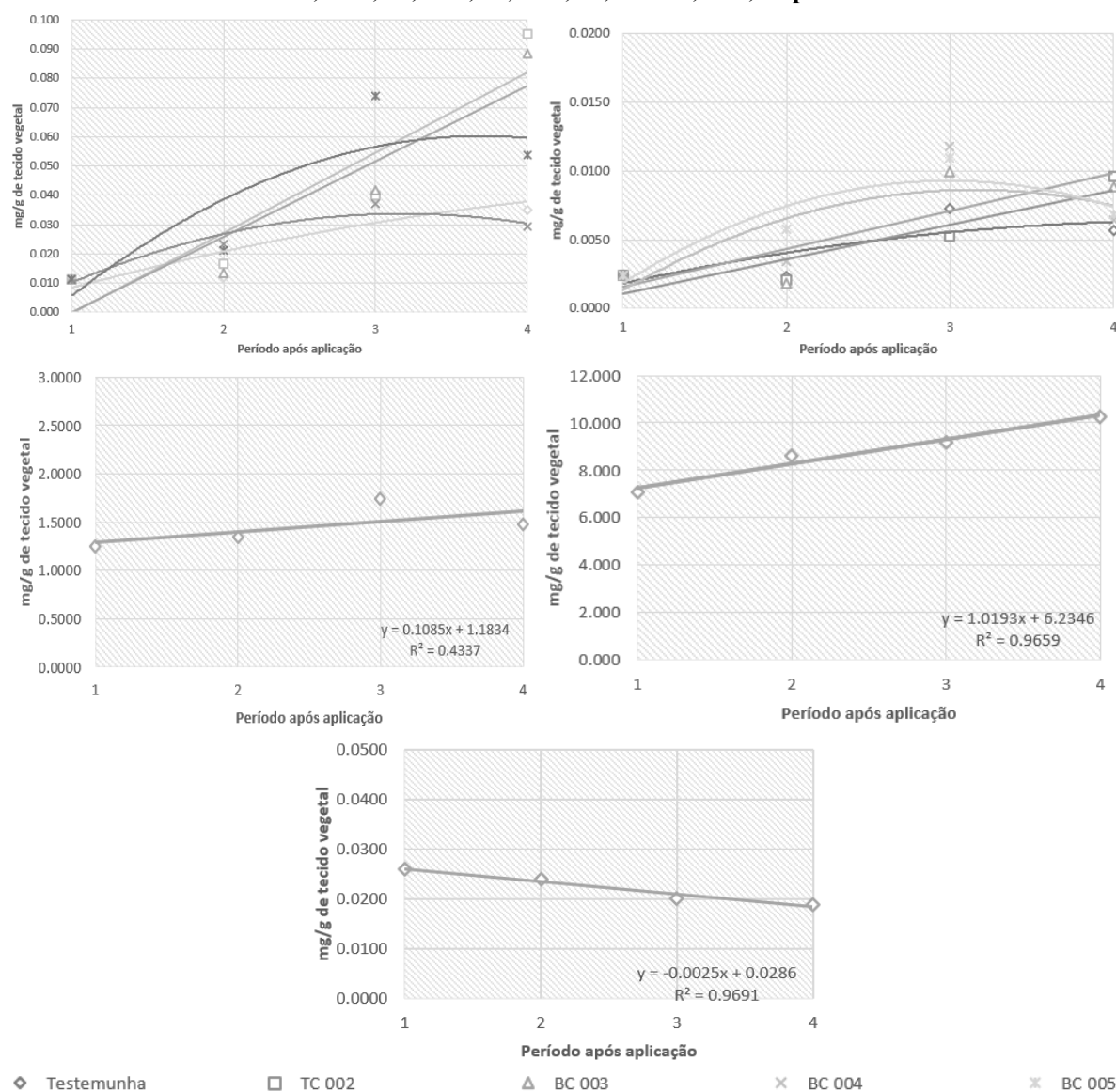


Fonte: Autoria própria (2025).

4.3 Estudo 3: Respostas de indução de resistência em plantas

Os isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005) apresentaram potencial na indução de resistência em plantas de soja, verificou-se que as enzimas ativadas foram a quitinase e a β 1,3 glucanase (Figura 9). Porém para compostos fenólicos, proteínas e FAL não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Figura 9 - Resposta de defesa de plantas de soja inoculadas com isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005) na expressão de Quitinase, β -1,3 Glucanase, compostos fenólicos, proteínas e FAL, respectivamente. UTFPR, Campus Pato Branco, 2025. CVs% = 23,32%; 29,29%; 14,69%; 17,90% 18,63%, respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quadro 5 – Equação da reta e R² ajustado referentes à resposta de defesa de plantas de soja inoculadas com *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), na expressão de Quitinase e β 1,3 Glucanase. UTFPR, Campus Pato Branco, 2024.

Tratamentos	Equação	R ² ajustado
Quitinase		
Testemunha	$y = -0.0013x^2 + 0.0164x - 0.0068$	0.733
TC 002	$y = 0.0275x - 0.028$	0.8564
BC 003	$y = 0.0259x - 0.0261$	0.8705
BC 004	$y = -0.005x^2 + 0.0315x - 0.0164$	0.9189

BC 005	$y = -0.0075x^2 + 0.0556x - 0.0426$	0.7315
	β -1,3 Glucanase	
Testemunha	$y = -0.0004x^2 + 0.0033x - 0.0012$	0.637
TC 002	$y = 0.0028x - 0.0012$	0.7058
BC 003	$y = 0.0025x - 0.0014$	0.8451
BC 004	$y = -0.0019x^2 + 0.0112x - 0.0075$	0.8345
BC 005	$y = -0.0016x^2 + 0.01x - 0.007$	0.5833

Fonte: Autoria própria (2025).

Verbene *et al.* (2000), destaca sobre a alta produção de proteínas de defesa ativadas, na indução de resistência em plantas, essas, são conhecidas como proteínas relacionadas à patogênese (PR-Proteínas), fazendo com que haja um aumento de sua concentração nos tecidos vegetais, destacando-se o aumento de peroxidases, quitinases, β 1,3 glucanases, FAL, aumento do ácido salicílico e deposição de lignina.

B. velezensis ativa enzimas de defesa, como fenilalanina amônia liase (FAL), ácido ascórbico, peroxidase e catalase, em plantas por meio de seus metabólitos primários e secundários, como compostos orgânicos voláteis, proteínas ativas de superfície, proteases e acetilureias, induzindo assim a resistência da planta a doenças (Zhong *et al.* 2024).

No presente trabalho o ponto de máxima produção de quitinase e β -1,3 glucanase foi de 72 horas após aplicação para os isolados (BC 004) e (BC 005), e de 96 horas para os isolados (TC 002) e (BC 003), respectivamente (Figura 9).

Resultados semelhantes foram obtidos por Nifakos *et al.* (2021), onde *B. velezensis* apresentou além da atividade de biocontrole contra fungos fitopatogênicos o aumento significativo da expressão de genes que codificam quitinases e β -1,3 glucanase em folhas de uva. Hong *et al.* (2022), isolaram uma cepa de *B. velezensis* do solo que pode produzir quitinase e β -dextranase, degradando as paredes celulares fúngicas e inibindo efetivamente o crescimento do micélio do patógeno.

Divergindo desse trabalho, *Bacillus sp.* na atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) demonstrou uma tendência de alta de 0 a 48h, atingindo um valor máximo em 48h, que foi 1,52 vezes maior do que em 0 h, quando comparado com a testemunha (Zhang *et al.* 2022). Ainda, *Bacillus spp.* pode produzir alguns elicitores de proteínas de defesa das plantas como a proteína AMEP 412 do gênero *Bacillus* desencadeia ISR no tabaco contra *P. syringaepv.* Tomate (Shen *et al.* 2019).

Gajera *et al.* (2015) trataram diferentes mudas de amendoim com *T. viride*, desafiadas com *Aspergillus niger*, verificaram que houve um aumento no terceiro dia após aplicação, de 3,5 e 2,3 vezes das enzimas polifenol oxidase e β -1,3 glucanase, respectivamente; e de 1,6 vezes de FAL ao sexto dia, e 2,3 à 2,8 vezes no nono dia após aplicação. Corroborando com Silva *et al.* (2011) que estudaram os efeitos de diferentes espécies do gênero *Trichoderma sp.* na indução de resistência à antracnose, causada por *Colletotrichum lagenarium* na cultura do pepino (*Cucumis sativus*) e concluíram que, as espécies *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. strigosum*, *T. longibrachiatum*, e *T. koningiopsis* são eficientes como promotores do crescimento de plantas e como indutores de resistência à antracnose em pepineiro.

4.4 Estudo 4: Promoção de crescimento em plantas

A Tabela 1 apresenta o efeito do tratamento de sementes de soja com os isolados de *T. longibrachiatum*, *B. megaterium* e *B. velezensis*, sobre os parâmetros agrônômicos avaliados.

Tabela 1 – Efeito do tratamento de sementes com os isolados *T. longibrachiatum* (TC 002), *B. megaterium* (BC 003), *B. velezensis* (BC 004) e *B. velezensis* (BC 005), sobre o comprimento parte aérea (CPA), Comprimento raiz (CRZ), diâmetro do caule (DC), massa verde da parte aérea (MVPA), massa verde da raiz (MVRZ), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca raiz (MSRZ), de plantas de soja em estágio V9. UTFPR Campus Pato Branco, 2025.

TRATAMENTOS	CPA	CRZ	DC	MVPA	MVRZ	MSPA	MSRZ
Testemunha	57.57 b	62.50 c	0.50 a	21.73 c	14.27 b	4.40 b	1.37 c
TC 002	63.03 a	68.17 a	0.57 a	33.92 a	28.44 a	6.98 a	2.90 a
BC 003	64.33 a	67.13 b	0.47 a	30.26 a	29.98 a	6.99 a	3.38 a
BC 004	66.27 a	70.47 a	0.50 a	29.13 b	25.65 a	7.40 a	2.17 b
BC 005	68.37 a	69.1 a	0.57 a	37.52 a	26.33 a	7.60 a	3.49 a
CV%	4.82%	1.88%	19.23%	11.23%	20.21%	11.14%	10.75%

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott knott à 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria (2025).

Para a variável comprimento parte aérea (CPA) (Tabela 1), pode-se observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos contendo os isolados, entretanto, todos os isolados diferenciam-se significativamente do tratamento testemunha. Quando observamos os valores de comprimento raiz (CRZ), temos que os isolados TC 002, BC 004 e BC 005,

apresentam os melhores incrementos no sistema radicular, quando comparado ao isolado BC 003, ainda que este também tenha promovido melhores resultados em relação a testemunha.

O mesmo incremento foi percebido por Galeano *et al.* (2024), onde a inoculação com *T. longibrachiatum* resultou em aumentos significativos na biomassa da parte aérea e das raízes das plântulas de soja, especialmente quando co-inoculado com outros isolados. Em condições de campo, a aplicação de *T. longibrachiatum* aumentou a produtividade de grãos em 4,3% na cultivar Nidera NS6601. Degani *et al.* (2021) também observaram um aumento no comprimento da parte aérea e massa de plantas de milho tratadas com *T. longibrachiatum*.

Há muitos trabalhos que apresentam os efeitos de *Bacillus sp.* na promoção de crescimento em variadas espécies de plantas. Zhang *et al.* (2022) destacam que a aplicação de *B. velezensis* em mudas de álamo (*Populus nigra*) resultou em um aumento significativo nos indicadores de crescimento da planta (massa seca, massa fresca e altura da planta). Suárez-Bautista *et al.* (2024) que observaram o aumento do comprimento radicular e da área foliar em mudas de alface (*Lactuca sativa* var. Batavia) tratadas com *B. velezensis*. Ferreira *et al.* (2021), destacam bactérias do gênero *Bacillus sp.* com efeitos significativos na altura, comprimento do sistema radicular e massas secas da parte aérea e do sistema radicular de híbridos de milho (*Zea mays*).

Na figura 10, verifica-se o crescimento promovido pelo isolados em relação à testemunha, para plantas de soja cultivadas até o estágio fenológico V9.

Figura 10 – Comparação de plantas de soja inoculadas com A) Testemunha x *T. longibrachiatum* (TC 002); B) Testemunha x *B. megaterium* (BC 003); C) Testemunha x *B. velezensis* (BC 004); D) Testemunha x *B. velezensis* (BC 005), UTFPR Campus Pato Branco, 2025.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa para o diâmetro de caule (DC). Para a massa verde da parte aérea (MVPA) e massa seca raiz (MSRZ), os tratamentos com melhor resposta foram os isolados TC 002, BC 003 e BC 005, seguindo do isolado BC 004, este com menores incrementos, entretanto, todos os isolados divergiram significativamente do tratamento testemunha. A massa verde da raiz (MVRZ) e a massa seca da parte aérea (MSPA), os isolados evidenciaram-se com melhores resultados em relação à testemunha.

Guimarães e Klein (2023), concluíram que o inoculante líquido contendo isolados de *B. megaterium* e *B. subtilis*, aplicado via inoculação de sementes, apresentou eficiência em promover crescimento, resultando em produtividade estatisticamente superior à testemunha. Yu *et al.* (2023) obteve melhora a altura da muda, o volume da raiz, o peso fresco do broto e o conteúdo de fósforo, potássio e nitrogênio em mudas de *Pinus massoniana*, tratadas com *T. longibrachiatum*, submetidas a estresse de seca.

Vários estudos identificam o efeito de *Trichoderma* spp. na promoção de crescimento de plantas como, tomate (Bader *et al.* 2020; França *et al.* 2017), soja (Junior *et al.* 2019), hortelã e manjerição (Chagas *et al.* 2017), rabanete (Joo; Hussein 2022) e apresentam efeitos positivos no crescimento dessas culturas, com evidência para os parâmetros de biomassa seca de raízes e parte aérea.

5 CONCLUSÃO

Pode-se observar que os isolados de *B. megaterium* (BC 003) e *B. velezensis* (BC 004) e (BC 005), apresentaram efeitos antagonistas *in vitro* sobre os patógenos *C. truncatum*, *S. glycines* e *C. kikuchii*. Ainda, os isolados (BC 003), (BC 004) e (BC 005), bem como, o isolado *T. longibrachiatum* (TC 002), demonstraram potencial no controle *in vitro* de *D. longicolla*, *S. sclerotiorum*, *F. tucumaniae*, *R. solani* e *M. phaseolina*. Os isolados apresentaram como modo de ação a antibiose, competição por espaço e nutrientes, micoparasitismo.

Quanto à solubilização de nutrientes, pode-se concluir que os quatro isolados, logo, *B. megaterium*, *B. velezensis*, *T. longibrachiatum* são eficazes como solubilizadores de fósforo em meio NBRIP. No entanto, quando avaliou-se a solubilização de potássio apenas *T. longibrachiatum* teve eficiência como bom solubilizador.

Contatou-se que os isolados *T. longibrachiatum*, *B. megaterium*, *B. velezensis*, aumentaram a produção das enzimas quitinase e a β 1,3 glucanase. No entanto, não apresentaram efeitos sobre compostos fenólicos, proteínas e FAL.

Aferiu-se também, que todos os isolados por meio de inoculação de sementes contribuíram para a promoção de crescimento em plantas de soja, proporcionando aporte radicular e de biomassa.

REFERÊNCIAS

- ABBEY, J.A.; PERCIVAL, D.; ABBEY, L.; ASIEDU, S.K.; PRITHIVIRAJ, B.; SCHILDER, A. Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*)—prospects and challenges. **Biocontrol science and technology**, v. 29, n. 3, p. 207-228, 2019.
- ABDUKHANI, A.; ALIZADEH, P.; HEDJAZI, S.; HAMZEH, Y. Potential of Soya as a raw material for a whole crop biorefinery. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 75, p. 1269-1280, 2017.
- ABO-ELYOUSR, K.A. M.; ABDEL-HAFEZ, S.I.I.; ABDEL-RAHIM, I.R. Isolation of *Trichoderma* and evaluation of their antagonistic potential against *Alternaria porri*. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 9, p. 567-574, 2014.
- ADAMS, G. C.; BUTLER, E. E. Serological relationships among anastomosis groups of *Rhizoctonia solani*. Diss. U. of Calif., Davis, 1978.
- AJAYI-OYETUNDE, O. O.; BRADLEY, C. A. *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. **Plant Pathology**, v. 67, n. 1, p. 3-17, 2018
- AKINTAYO, S. O.; HOSSEINE, B.; VAHIDINASAB, M.; MESSMER, M.; PFANNSTIEL, J.; BERTSCHE, U.; LILGE, L. Characterization of antifungal properties of lipopeptide-producing *Bacillus velezensis* strains and their proteome-based response to the phytopathogens, *Diaporthe* spp. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 11, p. 1228386, 2023.
- ALBUQUERQUE, A. F.; RIBERIO, J. S.; KUMMROW, F.; NOGUEIRA, A. J.; MONTAGNER, C. C.; UMBUZEIRO, G. A. Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 18, n. 7, p. 779-787, 2016.
- ALFIKY, A.; WEISSKOPF, L. Deciphering *Trichoderma*–plant–pathogen interactions for better development of biocontrol applications. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 1, p. 61, 2021.
- ALI, A.M.; AWAD, M.Y.M.; HEGAB, S.A.; GAWAD, A.M.A.E.; EISSA, M.A. Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 3, p. 411-420, 2021.
- ALKOORANEE, J.T.; ALEDAN, T.R.; ALI, A.K.; LU, G.; ZHANG, X.; WU, J.; FU, C.; LI, M. Detecting the hormonal pathways in oilseed rape behind induced systemic resistance by *Trichoderma harzianum* TH12 to *Sclerotinia sclerotiorum*. **PLoS One**, v. 12, n. 1, p. e0168850, 2017.
- ALLEN, D. A.; AUSTIN, B.; COLWELL, R. R. Numerical taxonomy of bacterial isolates associated with a fresh water fishery. **Journal of General Microbiology**, v. 129, p. 2043-2062, 1983.

ALLEN, T.W.; BRADLEY, C.A.; SISSON, A.J.; BYAMUKAMA, E.; CHILVERS, M.I.; COKER, C.M.; WRATHER, J.A. Soybean yield loss estimates due to diseases in the United States and Ontario, Canada, from 2010 to 2014. **Plant Health Progress**, v. 18, n. 1, p. 19-27, 2017.

ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. N. D.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M. D.; GAUDÊNCIO, C. A. *Macrophomina phaseolina* em soja. **Embrapa Soja-Documentos** (INFOTECA-E), 2014.

ALMEIDA, Á. M.; HAU, B.; AMORIM, L. FILHO, A. B.; MARIANO, J. C. Tillage system effect on the epidemic of soybean brown spot. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, p. 362-367, 2015.

ANCKAERT, A.; ARGUELLES-ARIAS, A.; HOFF, G.; CALONNE- SALMON, M.; DECLARCK, S.; ONGENA, M. O uso de *Bacillus* spp. como agentes de biocontrole bacteriano para controlar doenças de plantas. Em *Bacillus spp. como agentes de biocontrole*. **Burleigh Dodds Science Publishing**: Cambridge, Reino Unido, 2021; pp. 1–54.

ANDRIĆ, S.; MEYER, T.; ONGENA, M. *Bacillus* responses to plant-associated fungal and bacterial communities. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 1350, 2020.

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; SCANDIANI, M. M. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of **Fusarium**: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae*, and *F. virguliforme*. **Mycoscience**, v. 46, n. 3, p. 162-183, 2005.

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; SCANDIANI, M. M. A síndrome da morte súbita da soja na América do Sul é causada por quatro espécies de *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae* e *F. virguliforme*. **Mycoscience**, v. 46, n. 3, p. 162-183, 2005.

AOKI, T.; SCANDIANI, M. M.; O'DONNELL, K. Phenotypic, molecular phylogenetic, and pathogenetic characterization of *Fusarium crassistipitatum* sp. nov., a novel soybean sudden death syndrome pathogen from Argentina and Brazil. **Mycoscience**, v. 53, n. 3, p. 167-186, 2012.

ARMSTRONG-CHO, Cheryl L.; BANNIZA, Sabine. *Glomerella truncata* sp. nov., the teleomorph of *Colletotrichum truncatum*. **Mycological Research**, v. 110, n. 8, p. 951-956, 2006.

AVOZANI, A.; TUMELERO, A. I.; TONIN, R. B.; DENARDIN, N.; SILVA, A. G.; GARCÉS -FIALLOS, F. R. Biological control of *Corynespora cassicola* and *Drechslera tritici-repentis*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, n. 4, p. e7111-e7111, 2022.

AZABOU, C.M.; GHARBI, Y.; MEDHIOUB, I.; ENNOURI, K.; BARHAM, H.; TOUNSI, S.; TRIKI, M.A. The endophytic strain *Bacillus velezensis* OEE1: An efficient biocontrol agent against *Verticillium* wilt of olive and a potential plant growth promoting bacteria. **Biological Control**, v. 142, p. 104168, 2020.

BACKMAN, P.A.; WEAVER, D.B.; MORGAN-JONES, G. Soybean stem canker: An emerging disease problem. **Plant Disease**, v. 69, n. 8, p. 641-648, 1985.

Bader, A.; Salerno, G.; Covacevich, F.; Consolo, V. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control with disease on tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). *Journal of King Saud University - Science*, 2020; pp. 867-873. doi: 10.1016/j.jksus.2019.04.002

BANDARA, A. Y. et al. Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. *PLoS ONE*, v. 15, n. 4, e0231141, 2020.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231141>

BARBIERI, M.C.G.; CIAMPI-GUILLARDI, M.; MORAES, S.R.G.; BONALDO, S.M.; ROGÉRIO, F.; LINHARES, R.R.; MASSOLA, N.S. First report of *Colletotrichum cliviae* causing anthracnose on soybean in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, n. 9, p. 1677-1677, 2017.

BARBIERI, R.L.; STUMPF, E.R.T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

BARY, A. **Vergleichende morphologie und biologie der pilze, mycetozen und bacterien**. Engelmann, 1884.

BEDENDO, I.P.; MASSOLA JR., N.; AMO-RIM, L. Controles cultural, físico, biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v.1, p.367-388.

BERGAMIN, M.; CANCIAN, M. A. E.; CASTRO, P. R. C. Soja. Em: **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999.

BESKEROVNAYA, P.; SEXTON, D.L; GOLMOHAMMADZADEH, M.; HASHIMI, A.; TOCHEVA, Structural, metabolic and evolutionary comparison of bacterial endospore and exospore formation. **Frontiers in microbiology**, v. 12, p. 630573, 2021.

BETTIOL, W. Componentes do controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (Org.). **Controle biológico de doenças de plantas**. Brasília: Embrapa-CNPDA, 1991. p.1-5

BETTIOL, W. **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agosto, 2012. ISSN 1516-4691.

BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17: 187-190p, 2017.

BIEDENDIECK, R.; KNUUTI, T.; MOORE, S.J.; JAHN, D. The “beauty in the beast”—the multiple uses of *Priestia megaterium* in biotechnology. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 105, p. 5719-5737, 2021.

- BIELESKI, R. L.; TURNER, N. A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extratcts by thin-layer electrophoresis and chomatograghy. **Analitycal Biochemistry**, Orlando, v. 17, p. 278-293, 1966.
- BIZARI, E.H.; VAL, B.H.P.; PEREIRA, E.D.M.; MAURO, A.O.D.; UNÊDATREVISOLI, S.H. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.1, p.110-117, 2017.
- BLASZCZYK, L.; SIWULSKI, M.; SOBIERALSKI, K.; LISIECKA, J.; JĘDRYCZKA, M. BŁASZCZYK, L. et al. TBŁASZCZYK, L. et al. *Trichoderma* spp.–application and prospects for use in organic farming and industry. **J Plant Prot Res** 54 (4): 309–317 [em linha]. 2014.
- BOAMAH, S.; ZHANG, S.; XU, B.; LI, T.; CALDERÓN-URREA,, A. *Trichoderma longibrachiatum* (TG1) enhances wheat seedlings tolerance to salt stress and resistance to *Fusarium pseudograminearum*. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 741231, 2021.
- BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 16, n. 2, p. 93-108, 1994.
- BOLLMANN-GIOLAI, A.; MALONE, J. G.; ARORA, S. Diversity, detection and exploitation: Linking soil fungi and plant disease. **Current Opinion in Microbiology**, v. 70, p. 102199, 2022.
- BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2006. DOI:10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x
- BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2006. DOI:10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x
- BOMFIM, M. P.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALMEIDA, S. S. D.; SOUZA, I. V. B.; DIAS, N.O. Avaliação antagônica in vitro e in vivo de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. **Summa Phytopathologica**, v. 36, p. 61-67, 2010.
- BORSARI, A. C. P.; VIEIRA, L. C. Mercado e perspectivas dos bioinsumos no Brasil. **Bioinsumos na cultura da soja**, p. 39-52, 2022.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analitycal Biochemistry**, Orlando, v.72, p.248-254, 1976.
- BRASIL, Ministério de Agricultura e Pecuária- MAPA. Conceitos. 2021. Disponível em:<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 10 dez. 2025.
- BRODERS, K. D.; LIPPS, P. E.; PAUL, P. A.; DORRANCE, A. E. Characterization of *Pythium* spp. associated with corn and soybean seed and seedling disease in Ohio. **Plant Disease**, v. 91, n. 6, p. 727-735, 2007.

BRUSTOLIN, R.; REIS, E. M.; PEDRON, L. Longevity of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia on the soil surface under field conditions. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 172-174, 2016.

CAI, G.; SCHNEIDER, R. W. Vegetative compatibility groups in *Cercospora kikuchii*, the causal agent of *Cercospora* leaf blight and purple seed stain in soybean. **Phytopathology**, v. 95, n. 3, p. 257-261, 2005.

CAMACHO-LUNA, V.; PIZAR-QUIROZ, A.M.; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, A.A.; RODRÍGUEZ-MONROY, M.; SEPÚLVEDA-JIMÉNEZ, G. *Trichoderma longibrachiatum*, um agente de controle biológico de *Sclerotium cepivorum* em plantas de cebola sob estresse salino. **Biological Control**, v. 180, p. 105168, 2023.

CARMONA, M.; SAUTUA, F.; PERELMAN, S.; REIS, E.M.; GALLY, M. Relationship between late soybean diseases complex and rain in determining grain yield responses to fungicide applications. **Journal of phytopathology**, v. 159, n. 10, p. 687-693, 2011.

Chagas, L.F.B; Junior, A.F.C.J; Castro, H. G. Phosphate solubilization capacity and indole acetic acid production by *Trichoderma* strains for biomass increase on basil and mint plants. **Brazilian Journal of Agriculture** v.92, n.2, p. 176 -185, 2017.

CHAKRABORTY, U.; CHAKRABORTY, B.; BASNET, M. Plant growth promotion and induction of resistance in *Camellia sinensis* by *Bacillus megaterium*. **Journal of basic microbiology**, v. 46, n. 3, p. 186-195, 2006.

CHANWAY, C.P.; SHISHIDO, M.; NAIRN, J.; JUNGWIRTH, S.; MARKHAM, J.; XIAO, G. & HOLL; F.G. Endophytic colonization and field responses of hybrid spruce seedlings after inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria. **Forest Ecology and Management**, 133:81-88, 2000.

CHAUR, T. General mechanisms of action of microbial biocontrol agents. **Plant Pathology Bulletin** 7:155- 166.1998.

CHEN, D.. HOU, Q.; JIA, L.; SUN, K. Combined use of two *Trichoderma* strains to promote growth of pakchoi (*Brassica chinensis* L.). **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 726, 2021.

CHEN, J.; ZHOU, L.; DIN, I. U.; ARAFAT, Y.; LI, Q.; WANG, J.; LIN, W. Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. against *Fusarium oxysporum* in rhizosphere of *Radix pseudostellariae* triggers the expression of host defense genes and improves its growth under long-term monoculture system. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 579920, 2021.

CHEN, L.; HENG, J.; QIN, S.; BIAN, K. A comprehensive understanding of the biocontrol potential of *Bacillus velezensis* LM2303 against *Fusarium* head blight. **PLoS One**, v. 13, n. 6, p. e0198560, 2018.

CHEN, X. H.; SCHOLZ, R.; BORRISS, M.; JUNGE, H.; MOGEL, G.; KUNZ, S.; BORRISS, R. Difficidin and bacilysin produced by plant-associated *Bacillus amyloliquefaciens* are efficient in controlling fire blight disease. **Journal of biotechnology**, v. 140, n. 1-2, p. 38-44, 2009.

CHOWDHURY, S. P.; HARTMANN, A.; GAO, X.; BORRISS, R. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42—a review. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 780, 2015.

CHOWDHURY, S. P.; HARTMANN, A.; GAO, X.; BORRISS, R. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42-a review. 2015.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciencies**, v. 27, n.5, p. 295- 341, 2008.

CHUNGOPAST, S.; INTANOO, W.; KHUN-IN, A. Solubilization by nematode-controlling Trichoderma of nutrients to promote rice growth, yield and phosphorus content. **Agriculture and Natural Resources**, v. 57, n. 4, p. 667–676-667–676, 2023.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos. Disponível em:** < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 26/01/2025.

CORREIA, K. C.; MICHEREFF, S. J. Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. **Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. Recife, Brazil: Universidade Federal Rural de Pernambuco**, p. 1-16, 2018.

CORVET, S. F.; AOKI, T.; O'DONNELL, K.; STARKEY, D.; HOLLIDAY, A.; GEISR, D. M.; YANG, X. B. Sexual reproduction in the soybean sudden death syndrome pathogen *Fusarium tucumaniae*. **Fungal Genetics and Biology**, v. 44, n. 8, p. 799-807, 2007

COSTAMILAN, L. M.; YORINORI, J. T.; ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; BINNECK, E.; ARAÚJO, M. R.; CARBONARI, J. A. First report of *Diaporthe phaseolorum* var. caulivora infecting soybean plants in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 5, p. 385-389, 2008.

CROUS, P.W.; CHINELOS, B.; CAMPO, M.J.; RHEEDER, E.; MARASAS, O. F. M.; PHILIPS, A.J.L.; ALVES U.M.; CIDADÃO, T.; BARBEIRO, P. Linhagens filogenéticas em *Botryosphaeriaceae*. **Estudos em Micologia** 55:235–253.2006

CUI, W.; ELE, P.; MUNIR, S.; ELE, P.; ELE, Y.; LI, X.; YANG, L.; WANG, B.; WU, Y.; ELE, P. Biocontrol of soft rot of Chinese cabbage using an endophytic bacterial strain. **Frontiers in microbiology**, v. 10, p. 1471, 2019.

DA SILVA, L.I.; PEREIRA, M.C.; DE CARVALHO, A.M.X.; BUTTRÓS, V.H.; PASQUAL, M.; DÓRIA, J. Phosphorus-solubilizing microorganisms: a key to sustainable agriculture. **Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 462, 2023.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. D. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Embrapa Soja Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

DAUB, M.E.; EHRENSHAFT, M. The photoactivated Cercospora toxin cercosporin: contributions to plant disease and fundamental biology. **Annual review of phytopathology**, v. 38, n. 1, p. 461-490, 2000.

DE MEDEIROS, F. H. V.; BAVIA, G. P.; SEIXAS, CDS. **Manejo de doenças fúngicas radiculares da soja**. 2022. In: Meyer, M. C., Bueno, A. D. F., Mazaro, S. M., & Silva, J. C. (2022). Bioinsumos na cultura da soja. *Embrapa Soja: Londrina, Brazil*.

DE MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. **Controle biológico**, v. 1, 1998.

DEGANI, O.; RABINOVITZ, O.; BECHER, P.; GORDANI, A.; CHEN, A. *Trichoderma longibrachiatum* and *Trichoderma asperellum* Confer Growth Promotion and Protection against Late Wilt Disease in the Field. **J Fungi (Basel)**. 2021 Jun 2;7(6):444. doi: 10.3390/jof7060444. PMID: 34199413; PMCID: PMC8229153.

DEGANI, O.; RABINOVITZ, O.; BECHER, P.; GORDANI, A.; CHEN, A. *Trichoderma longibrachiatum* and *Trichoderma asperellum* confer growth promotion and protection against late wilt disease in the field. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 6, p. 444, 2021.

DEKETELAERE, S.; TYVAERT, L.; FRANÇA, S.C.; HÖFTE, M. Desirable traits of a good biocontrol agent against *Verticillium* wilt. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 1186, 2017.

DERBYSHIRE, M. C.; DENTON-GILES, Matthew. The control of *sclerotinia* stem rot on oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities. **Plant Pathology**, v. 65, n. 6, p. 859-877, 2016..

DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. **Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina***. 1978.

DIAS, M.D.; FONSECA, M.E.N.; DIAS-NETO, J.J.; SANTOS, M.D.M.; PANDOLFO, G.M.; BOITEUX, L.S.; CAFÉ-FILHO, A.C. Biology, pathogenicity, and haplotype analyses of *Colletotrichum cliviae*: a novel soybean anthracnose agent in warm tropical areas. **Tropical Plant Pathology**, v. 43, p. 439-451, 2018.

DIAS, M.D.; PINHEIRO, V. F.; CAFÉ-FILHO, A. C. Impacto da antracnose na produtividade da soja submetida ao controle químico na região Norte do Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 42, p. 18-23, 2016.

DIMKIC, I.; JANAKIEV, T.; PETROVIC, M.; DEGRASSI, G.; FIRA, D. Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms-A review. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 117, p. 101754, 2022.

DORIGHELLO, D.V.; BETTIOL, W.; MAIA, N.B.; DE CAMPOS, R.M.V.B. Controlling Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) with *Bacillus* spp. and coffee oil. **Crop Protection**, v. 67, p. 59-65, 2015.

DU, F. Y.; JU, G.L.; XIAO, L.; ZHOU, Y. M.; WU, X. Sesquiterpenes and cyclodepsipeptides from marine-derived fungus *Trichoderma longibrachiatum* and their antagonistic activities against soil-borne pathogens. **Marine Drugs**, v. 18, n. 3, p. 165, 2020.

EBTEHAG, E.B.; NEMAT, M. A. AZZA, S. T.; HODA, A. H. Antagonistic activity of selected strains of rhizobacteria against *Macrophomina phaseolina* of soybean plants. **American Eurasian Journal Agricultural Environmental Science**, 5, 337–347. 2009.

EKINS, M. G.; AITKEN, E. A. B.; GOULTER, K. C. Carpogenic germination of *Sclerotinia* minor and potential distribution in Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 31, p. 259-265, 2002.

EL-BAKY, N. A.; AMARA, A. A.; AL, F. Abordagens recentes para o controle de doenças fúngicas em plantas: Uma revisão atualizada. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 11, p. 900, 2021.

EL-MORSY, EL-Sayed M.; ELMALAHY, Yomna S.; MOUSA, Mohamed MA. Biocontrol of *Fusarium equiseti* using chitosan nanoparticles combined with *Trichoderma longibrachiatum* and *Penicillium polonicum*. **Fungal Biology and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 5, 2023.

EL-SERAWY, M.M.; HASSAN, S.E.D.; EL-GHMRY, A.A.; EL-GWAD, A.M.A.; FOUHA, A. Implication of plant growth-promoting rhizobacteria of *Bacillus* spp. as biocontrol agents against wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* Schlecht. in *Vicia faba* L. **Biomolecular concepts**, v. 12, n. 1, p. 197-214, 2021.

ERCOLANI, G. L. *Pseudomonas savastanoi* and other bacteria colonizing the surface of olive leaves in the field. **Journal of General Microbiology**, v. 109, p. 245-257, 1978.

FAN, B.; WANG, C.; SONG, X.; DING, X.; WU, L. WU, H.; BORRIS, R. *Bacillus velezensis* FZB42 in 2018: the gram-positive model strain for plant growth promotion and biocontrol. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 2491, 2018.

FATTORI, IM; SENTELHAS, Paulo Cesar; MARIN, Fábio Ricardo. Avaliação do impacto da variabilidade climática na severidade da ferrugem asiática e na produtividade da soja em diferentes mega-regiões brasileiras. **International Journal of Plant Production**, p. 1-12, 2022.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PERNNIFTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine Max* (L.) Merrill 1. **Crop science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FERNÁNDEZ, F.A.; PHILLIPS, D.V.; RUSSIAN, J.S.; RUPE, J.C. Compendium of soybean diseases. 4th edn. **American Phytopathological Society Press**, Saint Paul, Minnesota, USA, p. 33-35, 1999.

FERNANDO, W G.D.; NAKKEERAN, S.; ZHANG, Y. 13 Ecofriendly methods in combating *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. 2004.

FERREIRA FILHO, A.S. **Caracterização morfológica e enzimática de isolados de *Corynespora cassiicola* e reação de cultivares de soja à mancha-alvo**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 84 p. 2012.

FERREIRA, T. C.; LAGO, L. D.; SILVA, L. G.; PACIFICO, M. G.; FARIA, M. R. D.; BETTIOL, W. Potencial de *Bacillus* spp. em promover o crescimento e controlar *Fusarium verticillioides* em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 4, p. 195-203, 2021.

França, D.V.C; Kupper, K.C; Magri, M.M.R; Gomes, T.M.; Rossi, F. *Trichoderma* spp. isolates with potential of phosphate solubilization and growth promotion in cherry tomato. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 360-368, Oct./Dec. 2017.

GAJERA, H.P.; SAVALIYA, D.D. PATEL, S.V.; GOLAKIYA, B.A. *Trichoderma viride* induces pathogenesis related defense response against rot pathogen infection in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Infection, Genetics and Evolution**, v. 34, p. 314-325, 2015.

GALEANO, R.M. S. Isolamento, caracterização bioquímica e potencial de *Trichoderma* spp. para promoção de crescimento da soja. 2024.

GALEANO, R.M.S.; RIBEIRO, J.V.S.; SILVA, S.M.; DE OLIVEIRA SIMAS, A.L.; DE ALENCAR GUIMARÃES, N.C.; MUSUI, D.C.; ZANOELO, F.F. New strains of *Trichoderma* with potential for biocontrol and plant growth promotion improve early soybean growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-21, 2024.

GAONKAR, V.; ROSENTRATER, K. A.; Soybean. IN: PAN, Z.; ZHANG, R.; ZICARI, S. Integrated processing technologies for food and agricultural by-products. EUA: **Academic Press**, p. 73-104, 2019.

GAONKAR, V.; ROSENTRATER, K. A.; Soybean. IN: PAN, Z.; ZHANG, R.; ZICARI, S. Integrated processing technologies for food and agricultural by-products. EUA: **Academic Press**, p. 73-104, 2019.

GHASEMI, S.; SAFAIE, N.; SHAHBAZI, S.; ASKARI, H. Enhancement of lytic enzymes activity and antagonistic traits of *Trichoderma harzianum* using γ -radiation induced mutation. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 21, n. 4, p. 1035-1048, 2019.

GHISSI, V.C.; REIS, E.M.; DEUNER, C.C. Etiology of phomopsis root rot in soybean. *Summa Phytopathol., Botucatu*, v. 40, n. 3, p. 270-272, 2014.

GHOSH, T.; BISWAS, M.K.; GUIN, C.; Roy, P. A review on characterization, therapeutic approaches and pathogenesis of *Macrophomina phaseolina*. **Biotechnologia de células vegetais**. v.19, p.72–84. 2018.

GOIDANÊS, G. Revisão do gênero *Macrophomina* Petrak. Espécie típica: *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. *M. phaseoli* (Maubl.) .**Ashby Annali da Experiência Agrária** 1:449-461.1947.

GONGORA-CANUL, C.; NUTTER, F.W.; LEANDRO, L.F.S. Temporal dynamics of root and foliar severity of soybean sudden death syndrome at different inoculum densities. **European Journal of Plant Pathology**, v. 132, p. 71-79, 2012.

GONZALEZ, M.; PUJOL, M.; METRAUX, J. P.; GONZALEZ-GARCIA, V.; BOLTO, M. D.; BORRÁS-HIDALGO, O. Tobacco leaf spot and root rot caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. **Molecular plant pathology**, v. 12, n. 3, p. 209-216, 2011.

GOSWAMI, Dweipayan; THAKKER, Janki N.; DHANDHUKIA, Pinakin C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1127500, 2016.

GROVER, M.; BODHANKAR, S.; SHARMA, A.; SHARMA, P.; SINGH, J.; NAIN, L. PGPR mediated alterations in root traits: way toward sustainable crop production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 618230, 2021.

GU, Q.; YANG, Y.; YUAN, Q.; SHI, G.; WU, L.; LOU, Z.; GAO, X. Bacillomycin D produced by *Bacillus amyloliquefaciens* is involved in the antagonistic interaction with the plant-pathogenic fungus *Fusarium graminearum*. **Applied and environmental microbiology**, v. 83, n. 19, p. e01075-17, 2017.

GUAN, N.; LI, J.; SHIN, H.D.; DU, G.; GHEN, J.; LIU, L. Metabolic engineering of *Bacillus subtilis* for d-glucaric acid production. **Microbial Cell Fact** 14(1):121. (2015)

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J. Inoculante líquido contendo *Bacillus megaterium* e *B. subtilis* é eficiente em promover crescimento e disponibilizar fósforo para a soja. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 46, p. 2029-2060, 2023.

GUPTA, G. K.; SHARMA, S. K.; RAMTEKE, R. Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 4, p. 167-180, 2012.

GUPTA, R.S.; PATEL, S.; SAINI, N.; CHEN, S. Robust demarcation of 17 distinct clades of *Bacillus* species, proposed as new genera of *Bacillaceae*, by phylogenomics and comparative

genomic analyses: description of *Robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an amended genus *Bacillus* limiting it to only members of the Subtilis and *Cereus* species clades. **Revista internacional de microbiologia sistemática e evolutiva**. 2020.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; KUMAR, A.; DE LOS-VILLALOBOS, S.; PARRA-COTA, F. I.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; FADIJI, A. E.; SANTOYO, G. *Trichoderma* species: Our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases—A review. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 432, 2023.

GUZZO, S. D.; MARTINS, E. M. F. Local and Systemic Induction of β 1,3 Glucanase and Chitinase in Coffee Leaves Protected Against Hemileia vastatrix by *Bacillus thuringiensis*. **Journal of phytopathology**, v. 144, n. 9 10, p. 449-454, 1996.

HADDAD, P. E.; LEITE, L. G.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Selection of *Trichoderma* spp. strains for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1140-1148, 2017.

HALL, Robert (Ed.). **Compendium of bean diseases**. 1991.

HAN, X.; SHEN, D.; XIONG, Q.; BAO, B.; ZHANG, W.; DAI, T.; FAN, B. The plant-beneficial rhizobacterium *Bacillus velezensis* FZB42 controls the soybean pathogen *Phytophthora sojae* due to bacilysin production. **Applied and environmental microbiology**, v. 87, n. 23, p. e01601-21, 2021.

HARPER, G.E. **Aspects of the biology on the sclerotia of *Sclerotium cepivorum*** 2001, 140 f. Tese (Doutorado) - Lincoln University, Canterbury.

HARRINGTON, T. C.; STEIMEL, J.; WORKNEH, F.; YANG, X. B. Molecular identification of fungi associated with vascular discoloration of soybean in the north central United States. **Plant Disease**, v. 84, n. 1, p. 83-89, 2000.

HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOEMIR, L. L.; DAVIES, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. St. Paul, MN: American Phytopathological Society, 2015.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; AND RUPE, J. C. (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. St. Paul, MN: **American Phytopathological Society**, p.1000.1999.

HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. **Compendium of soybean diseases Fourth Edition**. APS Press, Saint Paul, 1999.

HARTMAN, G.L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the World 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security**, v. 3, p. 5-17, 2011.

HARTMAN, Glen Lee; SINCLAIR, James Burton; RUPE, John Clark (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 1999.

HENNING, A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P.

Manual de identificação de doenças de soja. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2014.

HENSON, J.M.; BUTLER, M.J.; DAY, A. W. The dark side of the mycelium: melanins of phytopathogenic fungi. **Annual review of phytopathology**, v. 37, n. 1, p. 447-471, 1999.

HIGASHI, A. **Antagonismo da Cepa LABIM22 de *Bacillus* sp. Frente a Fungos Fitopatógenos e Biocontrole do Mofo Branco em Sementes de Soja.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina. 2020

HILTNER, L. Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie und unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. **Arbeiten der deutschen landwirtschaftlichen gesellschaft**, v. 98, p. 59, 1904.

HIRAKURI, M. H.; CASTRO, C. D; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; PROCOPIO, S. D. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A. **Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil.** Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2014.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2014.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J.J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** 2014.

HOBBS, T. W.; SCHMITTHENNER, A. F.; KUTER, G. A. A new *Phomopsis* species from soybean. **Mycologia**, v. 77, n. 4, p. 535-544, 1985.

HONG S.; KIM T.Y.; WON, S.J.; MOON, J.H.; AJUNA, H.B.; KIM, K.Y. Control of fungal diseases and fruit yield improvement of strawberry using *Bacillus velezensis* CE 100. **Microorganisms**, v. 10, n. 2, p. 365, 2022.

HONG, S.; KIM, T. Y.;, WON, S. J.; MOON, J. H.; AJUNA, H. B.; KIM, K. Y.; AHN, Y. S. Control of fungal diseases and fruit yield improvement of strawberry using *Bacillus velezensis* CE 100. **Microorganisms**, v. 10, n. 2, p. 365, 2022.

HOSSAIN, M. M.; SULTANA, F.; LI, W.; TRAN, L. S. P.; MOSTOFA, M. G. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Insights into the pathogenomic features of a global pathogen. **Cells**, v. 12, n. 7, p. 1063, 2023.

HU, J.; ZHENG,M.; DANG,S.; SHI,M.; SHANG,J.; LI,Y. Biocontrol potential of *Bacillus amyloliquefaciens* LYZ69 against anthracnose of alfalfa (*Medicago sativa*). **Phytopathology**, v. 111, n. 8, p. 1338-1348, 2021.

HU, J.; ZHOU, Q.; SHI, C.; XIAO, S.; KE, Y.; LIU, G. First report of *Phomopsis longicolla* causing stem canker of eggplant in Fujian Province, China. **Plant Disease**, v. 105, n. 10, p. 3296, 2021.

HU, X.; ROBERTS, D. P.; XIE, L.; QIN, L.; LI, Y.; LIAO, X; LIAO, X. Seed treatment containing *Bacillus subtilis* BY-2 in combination with other *Bacillus* isolates for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. **Biological control**, v. 133, p. 50-57, 2019.

HU, X.; ROBERTS, D.P.; XIE, L.; MAUL, J.E.; YU, C.; LI, Y.; LIAO, X. Development of a biologically based fertilizer, incorporating *Bacillus megaterium* A6, for improved phosphorus nutrition of oilseed rape. **Canadian journal of microbiology**, v. 59, n. 4, p. 231-236, 2013.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A Importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 80 p. 2007. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed coinoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. *American Journal of Plant Science*, v. 6, p.811-817, 2015. DOI: 10.4236/ajps.2015.66087

HUSSEIN, A.; AHMED, Y.; YOUSSEF, K. Evaluation of different salt-amended electrolysed water to control postharvest moulds of citrus. **Tropical plant pathology**, v. 43, p. 10-20, 2018.

HYDE, K.D.; CAI, L.; CANNON, P.F.; CROUCH, J.A.; CROUS, P.W.; DAMM, U.; GOODWIN, P.H.; CHEN, H.; JOHNSTON, P.R.; JONES, E.B.G. Colletotrichum—names in current use. **Fungal Diversity**, v. 39, n. 1, p. 147-182, 2009.

IGARASHI, S.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; FALKOSKI FILHO, J.; GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 245-250, 2020.

ISWATI, R.; et al. Exploration and characterization of *Trichoderma* spp. indigenous species as an antagonist of *Rhizoctonia solani* and a growth promoter of corn plants. **Biodiversities**. 25 : 1375-1385 .2024.

ITO, M. F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Nucleus**, v. 10, n. 3, p. 83-101, 2013.

JAHAN, R.; SIDDIQUE, S. S.; JANNAT, R.; HOSSIAN, M. M. First characterization, physiology, host range, disease resistance, and chemical control. **Journal of Basic Microbiology**, v. 62, n. 8, p. 911-929, 2022.

JAKLITSCH, W. M. European species of *Hypocrea* Part I. The green-spored species. **Studies in Mycology**, v. 63, p. 1-91, 2009.

JAKLITSCH, W. M. European species of *Hypocrea* part II: species with hyaline ascospores. **Fungal diversity**, v. 48, p. 1-250, 2011.

JOLY, P.; CALTEAU, A.; WAUQUIER, A.; DUMAS, A.; BEUVIN, R.; VALLENET, D.; CROVADORE, J.; COCHARD, B.; LEFORT, F.; BERTHON, J.Y. From strain characterization to field authorization: Highlights on *Bacillus velezensis* strain B25 beneficial properties for plants and its activities on phytopathogenic fungi. **Microorganisms**, v. 9, n. 9, p. 1924, 2021.

JOO, J.H.; HUSSEIN, K.A. Biological Control and Plant Growth Promotion Properties of Volatile Organic Compound-Producing Antagonistic *Trichoderma* spp. **Front Plant Sci.** 2022 Jul 26;13:897668. doi: 10.3389/fpls.2022.897668. PMID: 35958189; PMCID: PMC9360753.

JUHÁSZ, A.C.P.; PÁDUA, G.P.; WRUCK, D.S.M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO N.R. **Desafios fitossanitários para a produção de soja.** Informe Agropecuário, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

JÚNIOR, A. F. C.; BORBA, E.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; GOMES, F. L.; O, R. S.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus* sp. como promotor de crescimento em soja *Bacillus* sp. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 2-3, 2021.

JUNIOR, A.F.C; CHAGAS, L.F.B; MILER, L.O.M. OLIVEIRA, J.C. Efficiency of *Trichoderma asperellum* UFT 201 as plant growth promoter in soybean. **African Journal of Agricultural Research**, Vol. 14(5), pp. 263-271, 31 January, 2019. DOI: 10.5897/AJAR2018.13556

KANG, S. M.; RADHAKRISHNAN, R.; YOU, Y. H.; JOO, G. J.; LEE, I. J.; LEE, K. E.; KIM, J. H. Phosphate solubilizing *Bacillus megaterium* mj1212 regulates endogenous plant carbohydrates and amino acids contents to promote mustard plant growth. **Indian Journal of Microbiology**, v. 54, p. 427-433, 2014.

KANG, X.; ZHANG, W.; CAI, X.; ZHU, T.; XUE, Y.; LIU, C. *Bacillus velezensis* CC09: a potential ‘vaccine’ for controlling wheat diseases. **Molecular plant-microbe interactions**, v. 31, n. 6, p. 623-632, 2018.

KAREEM, T.; UGOJI, O.; ABOABA, O. Biocontrol of Fusarium wilt of cucumber with *Trichoderma longibrachiatum* NGJ167 (Rifai). **British Microbiology Research Journal**, v. 16, n. 5, p. 1-11, 2016.

KATAN, J. Diseases caused by soilborne pathogens: biology, management and challenges. **Journal of Plant Pathology**, v. 99, p. 305-315, 2017.

KESHMIRSHEKAN, A.; DE SOUZA, L.M.; VENTURA, S.P.M. Biocontrol manufacturing and agricultural applications of *Bacillus velezensis*. **Trends in Biotechnology**, 2024.

KHAN, S.N. *Macrophomina phaseolina* as causal agent for charcoal rot of sunflower. 2007.

KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. **The use of long juvenile trait in breeding soybean cultivars.** In: **World Soybean Research Conference**. v. 4, p.994-1000, 1989.

KIM, S.Y.; LEE, S.Y.; WEON, H.Y.; SANG, M.K.; SONG, J.Y. Complete genome sequence of *Bacillus velezensis* M75, a biocontrol agent against fungal plant pathogens, isolated from cotton waste. **Journal of biotechnology**, v. 241, p. 112-115, 2017.

KIM, Y. S.; LEE, Y., CHEON, W.. PARK, J.; KWON, H. T.; BALARAJU, K.; JEON, Y. Characterization of *Bacillus velezensis* AK-0 as a biocontrol agent against apple bitter rot caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 626, 2021.

KIMATI, H., AMORIN, A., BERGAMIN FILHO, L.E.A., CAMARGO, J.A.M., REZENDE. Doenças da soja in: Manual de fitopatologia, São Paulo, Agronômica Seres, 3 ed. 1997.

KIMATI, H.; AMORIN, A.; BERGAMIN FILHO, A. ; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M.. **Doenças da soja in Manual de fitopatologia**, São Paulo, Agronômica Seres, 3 ed. 1997.

LARRAN, Silvina.; SANTAMARINA, S.M.P.; ROSELLO, C.J.; SIMON, M.R.; PERLLO, A. In vitro antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* against *Fusarium sudanense* causing seedling blight and seed rot on wheat. **ACS omega**, v. 5, n. 36, p. 23276-23283, 2020.

LEHMAN, S. G. Pod and stem blight of soybean. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 10, n. 2, p. 111-178, 1923.

LEHNER, M.S.; DE PAULA JUNIOR, T.J.; DEL PONTE, E.M.; MIZUBUTI, E.S.G.; PETHYBRIDGE, S. J. Independently founded populations of *Sclerotinia sclerotiorum* from a tropical and a temperate region have similar genetic structure. **PLoS One**, v. 12, n. 3, p. e0173915, 2017.

LI, S.; HARTMAN, G. L.; BOYKIN, D. L. Aggressiveness of *Phomopsis longicolla* and other *Phomopsis* spp. on soybean. **Plant Disease**, v. 94, n. 8, p. 1035-1040, 2010.

LIE, Y.; XU, Ziu.; XUM, W.; STEFANIC, P.; YANG, T.; MIAO, Y.; ZHANG, N.; ZHANF, R.; SHEN, Q.; MANDI-MULEC, I. *Bacillus velezensis* SQR9 sways the rhizosphere community and its sociality toward cooperation and plant growth promotion. **bioRxiv**, p. 2022.10.11.511700, 2022.

LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial – processos fermentativos e enzimáticos**, v. 3. Editora Blucher, p.616 .2019.

LIN, F. et al. Breeding for disease resistance in soybean: a global perspective. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 135, p. 3773–3872, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04101-3>

LIN, H.A.; MIDEROS, S. X. The Effect of *Septoria glycines* and fungicide application on the soybean phyllosphere mycobiome. **Phytobiomes Journal**, v. 7, n. 2, p. 220-232, 2023.

LIN, H.A.; VILLAMIL, M.B.; MIDEIROS, S.X. Caracterização do desenvolvimento da doença da mancha marrom de *Septoria* e efeitos na produtividade da soja em Illinois. **Canadian Journal of Plant Pathology**, 43 (1), 62-72. 2021.

LIU, D. Root developmental responses to phosphorus nutrition. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 63, n. 6, p. 1065-1090, 2021.

LIU, F.; HE, Q.; LI, W.; WU, M. HE, B. Complete genome analysis of *Bacillus velezensis* ES2-4: a novel *Bacillus* strain with potential for biofertilizer and biocontrol agent. **Res. Sq.**, 2022.

LIU, F.; HE, Q.; LI, W.; WU, M.; HE, B. Complete genome analysis of *Bacillus velezensis* ES2-4: a novel *Bacillus* strain with potential for biotilizer and biocontrol agent. **Res. Sq.**, 2022.

LIU, Y.; XU, Z.; XUN, W.; STEFANIC, P.; YANG, T.; MIAO, Y.; MANDIC-MULEC, I. *Bacillus velezensis* SQR9 sways the rhizosphere community and its sociality toward cooperation and plant growth promotion. **bioRxiv**, p. 2022.10.11.511700, 2022.

LODHA, S.; MAWAR, R. Population dynamics of *Macrophomina phaseolina* in relation to disease management: A review. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 1, p. 1-17, 2020.

LUCA, G. A.; FATTORI J.R.; MARTINS, I.; MARIN, F. R. Coupling a dynamic epidemiological model into a process-based crop model to simulate climate change effects on soybean target spot disease in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 161, p. 1-11, 2024.

MACIK, M. M.; GRYTA, A.; FRAC, M. Chapter Two - Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy*, v. 162, p. 31-87, 2020. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.001>

MACNEILL, B.H.; ZALASKY, H. Histological study of host–parasite relationships between *Septoria glycines* Hemmi and soybean leaves and pods. **Canadian Journal of Botany**, v. 35, n. 4, p. 501-505, 1957.

MANNA, M.; OH, J. Y.; KIM, K.D. Biocontrol activity of volatile-producing *Bacillus megaterium* and *Pseudomonas protegens* against *Aspergillus flavus* and aflatoxin production on stored rice grains. **Mycobiology**, v. 45, n. 3, p. 213-219, 2017.

MANZAR, N.; KASHYAP, A. S.; GOUTAM, R. S.; RAJAWAT, M. V. S.; SHARMA, P. K.; SHARMA, S. K.; SINGH, H. V. *Trichoderma*: advent of versatile biocontrol agent, its secrets and insights into mechanism of biocontrol potential. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 12786, 2022.

MARAL-GÜL, D.; ELTEM, R. Evaluation of *Bacillus* isolates as a biological control agents against soilborne phytopathogenic fungi. **International Microbiology**, p. 1-15, 2024.

MARIN, F. R.; ZANON, A. J.; MONZON, J. P.; ANDRADE, J. F.; SILVA, E. H.; RICHTER, G. L.; GRASSINI, P. Protecting the Amazon forest and reducing global warming via agricultural intensification. **Nature Sustainability**, v.(12), p. 1018-1026. 2022.

MARULANDA, A.; AZCÓN, R.; CHAUMOONT, F.; RUIZ-LOZANO, J.M.; AROCA, R. Regulation of plasma membrane aquaporins by inoculation with a *Bacillus megaterium* strain in maize (*Zea mays L.*) plants under unstressed and salt-stressed conditions. **Planta**, v. 232, p. 533-543, 2010.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Crescimento em vasos, de cultivares de soja e de trigo em função da saturação de alumínio. **Scientia Agricola**, v. 52, p. 257-262, 1995.

MATHEW, F.M.; CASTLEBURY, L. A.; ALANANBEH, K.; JORJAH, J. G.; TAYLOR, C.A.; MEYER, S.M.; LAMPPA, R.S.; PASCEHE, J. A.; MARKALL, S.G. Identification of

Diaporthe longicolla on dry edible pea, dry edible bean, and soybean in North Dakota. **Plant Health Progress**, v. 16, n. 2, p. 71-72, 2015.

MEDEIROS, F. H. V.; BAVIA, G. P.; SEIXAS, CDS. Manejo de doenças fúngicas radiculares da soja. 2022. In: Meyer, M. C., Bueno, A. D. F., Mazaro, S. M., & Silva, J. C. (2022). **Bioinsumos na cultura da soja**. Embrapa Soja: Londrina, Brazil.

MEDEIROS, F.H.V.; BAVIA, G.P.; SEIXAS, C.D.S. Manejo de doenças fúngicas radiculares da soja. In MEYER, M.C.; BUENO, A.F.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C. Bioinsumos na cultura da soja. Brasília, DF: Embrapa, 2022.

MEDHIOUB, I.; CHEFI, M.; TOUNSI, S.; TRIKI, M.A. Study of *Bacillus velezensis* OEE1 potentialities in the biocontrol against *Erwinia amylovora*, causal agent of fire blight disease of rosaceous plants. **Biological Control**, v. 167, p. 104842, 2022.

MENEZES, A. F.; MACHADO, T. A.; CARVALHO, P. H.; MEYER, M. C. Longevidade de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* sob diferentes formas de manejo de solo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 47.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MOFO BRANCO**, 2014, Londrina. Desafios futuros: anais. Londrina: SBF, 2014.

MENTEN, J. O. M.; MACHADO, C. C.; MINUSSI, E.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeito de alguns fungicidas no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. “*in vitro*”. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 57-66, 1976.

MENZLER-HOKKANEN, I. Socioeconomic significance of biological control. In: **An ecological and societal approach to biological control**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 13-25.

MEYER, M. C.; BUENO, A.F.; MAZARO, S.S.; SILVA, J.C. **Bioinsumos na cultura da soja**. Embrapa Soja: Londrina, Brasil (2022).

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M. (Ed.). **Ensaio cooperativos de controle químico de mofo branco na cultura da soja: safras 2009 a 2012**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100 p. (Embrapa Soja. Documentos, 345).

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M. (Eds.). Ensaio cooperativos de controle biológico de mofo-branco na cultura da soja-safras 2012 a 2015. **Londrina: Embrapa Soja**, p. 49, 2016.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; OLIVEIRA, M. C. N.; NUNES JUNIOR, J.; LOBO JUNIOR, M.; JACCOUD FILHO, D. DE S.; VENANCIO, W. S.; MEDEIROS, F. H. V. DE; JULIATTI, F. C.; CARNEIRO, L. C.; BRUSTOLIN, R. **Experimentos cooperativos de controle biológico de Sclerotinia sclerotiorum na cultura da soja: resultados sumarizados da safra 2019/2020**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 19 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 163).

MEYER, M.C; DE FREITAS BUENO, A.; MAZARO, S.M; DA SILVA, J.C. **Controle de qualidade de produtos microbiológicos**. In *Bioinsumos na Cultura da Soja* ; Meyer, MC, Bueno, AF, Mazaro, SM, Silva, JC, Eds.; Embrapa: Brasília, Brasil, 2022; págs. 507–534.

MICHEREFF, S. J.; PERUCH, L.A. M.; ANDRADE, D. E.G. T. **Manejo integrado de doenças radiculares**. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M.

(Eds.). Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: I: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 367-388.2005.

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. (Eds.). Trichoderma: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019, p.181-199.

MONTOYA, M. A.; BERTUSSI, L. A.; LOPES, R. L.; FINAMORE, E. B. Uma nota sobre consumo energético, emissões, renda e emprego na cadeia de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 73, p. 345-369, 2019.

MORRIS, J. R.; BERKELEY, R. C. W.; LOGAN, N. A.; O'DONELL, A. G.; The genera *Bacillus* and *Sporolletobacillus*. In: STARR, M. P.; STOLP, H.; TRÜPER, H. G.; BALOWS, A.; SCHLEGEL, H. G. (Eds.). The Prokaryotes: a handbook on habitats, isolation and identification of bacteria. Berlin: **Springer-Verlag**, 1981. p. 1711-1742.

MUELLER, Daren et al. (Ed.). **A farmer's guide to soybean diseases**. The American Phytopathological Society, 2016.

MUKHERJEE, P. K.; HORWITZ, B. A.; KENERLEY, C. M. Secondary metabolism in *Trichoderma*-a genomic perspective. **Microbiology**, v. 158, n. 1, p. 35-45, 2012.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005.

NAKKEERAN, S.; VINODKUMAR, S.; SENTHILRAJA, C.; RENUKADVI, P. Antimicrobial peptides of *Bacillus* species: biosynthesis, mode of action and their role in plant disease management. In: **Microbial antagonists: their role in biological control of plant diseases**. Today & Tomorrow's Printers and Publishers New Delhi, 2019. p. 487-514.

NATARAJ, V.; KUMAR, S.; KUMAWAT, G.; SHIVAKUMAR, M.; RAJUPUT, L. S.; RATNAPARKHE, M. B.; CHANDRA, S. Charcoal rot resistance in Soybean: current understanding and future perspectives. **Disease Resistance in Crop Plants: Molecular, Genetic and Genomic Perspectives**, p. 241-259, 2019.

NAUTIYAL, C. S.. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. **FEMS microbiology Letters**, v. 170, n. 1, p. 265-270, 1999.

NAVI, S. S.; YANG, X. B. Foliar symptom expression in association with early infection and xylem colonization by *Fusarium virguliforme* (formerly *F. solani* f. sp. *glycines*), the causal agent of soybean sudden death syndrome. **Plant Health Progress**, v. 9, n. 1, p. 24, 2008.

NEGA, A. Review on concepts in biological control of plant pathogens. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 4, n. 27, p. 33-54, 2014.

NEGREIROS, A. M. P.; SALES JÚNIOR, R.; LEÓN, M.; MELO, N. J. A.; MICHEREFF, S. J.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; MEDEIROS, H. L. S.; ARMENGOL, J. Identification and pathogenicity of *Macrophomina* species collected from weeds in melon fields in Northeastern Brazil. **Journal of Phytopathology**, v. 167, n. 6, p. 326-337, 2019. DOI: 10.1111/jph.12801

NELSON, E. B. Microbial dynamics and interactions in the spermosphere. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 271-309, 2004

NETO, A. S.; SOUZA, B. DE P.; MASCARO, M, DE H. N. Controle químico associado a indutores de resistência no índice e severidade de mancha alvo em Soja. III CICA – **CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**. Toledo, 2018.

NGO, M. T.; VAN-NGUYEN, M.; HAN, J. W.; PARK, M. S.; KIM, H.; CHOI, G. J. *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of sorbicillinoids produced by *Trichoderma longibrachiatum*. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 6, p. 428, 2021.

Nifakos, K.; Tsalgatiadou, PC; Thomloundi, E. -E.; Skagia, A.; Kotopoulis, D.; Baira, E.; Delis, C.; Papadimitriou, K.; Markellou, E.; Venieraki, A.; Genomic analysis and secondary metabolites production of the endophytic *Bacillus velezensis* Bvell: A biocontrol agent against *Botrytis cinerea* causing bunch rot in post-harvest table grapes. **Plants**, v. 10, n. 8, p. 1716, 2021.

NUNES, P.S.; JUNIOR, G.V.L.; MASCARIN, G.M.; GUIMARÃES, R.A.; MEDEIROS, F.H.; ARTHUS, S.; BETTIOL, W. Consórcio microbiano de produtos biológicos: eles têm futuro? **Biol. Control**. 2024, 188, 105439.

O'DONNELL, K.; SINK, S.; SCANDIANI, M. M.; LUQUE, A.; COLLETO, A.; BIASOLI, M.; SARVER, B.A. Soybean sudden death syndrome species diversity within North and South America revealed by multilocus genotyping. **Phytopathology**, v. 100, n. 1, p. 58-71, 2010.

OGOSHI, A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani*Kühn. **Annual Review of Phytopathology**,v. 25, n. 1, p. 125-143, 1987.

OU, T.; ZHANG, M.; HUANG, Y.; WANG, L.; WANG, F.; WANG, R.; XIANG, Z. Role of rhizospheric *Bacillus megaterium* HGS7 in maintaining mulberry growth under extremely abiotic stress in hydro-fluctuation belt of three gorges reservoir. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 880125, 2022.

PALACIGLU, G.; CANKARA, B.; BAYRAKTAR, H.; ÖZER, G.Genetic and pathogenic characterization of *Rhizoctonia solani* AG-4 isolates obtained from common bean. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 131, p. 102277, 2024.

PALAZZINI, J. M.; DUNLAP, C. A.; BOWMAN, M. J.; CHULZE, S. N. *Bacillus velezensis* RC 218 as a biocontrol agent to reduce *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation: Genome sequencing and secondary metabolite cluster profiles. **Microbiological research**, v. 192, p. 30-36, 2016

PALMISANO, T. Narratives and practices of pesticide removal in the Andean valleys of Chile and Argentina. **Environmental Science & Policy**, v. 139, p. 149-156, 2023.

PARK, J.S.; RYU, G. R.; KANG, B. R. Target mechanism of iturinic lipopeptide on differential expression patterns of defense-related genes against *Colletotrichum acutatum* in pepper. **Plants**, v. 11, n. 9, p. 1267, 2022.

PARMETER, J.R.; SHERWOOD, R.T.; PLATT, W. D. Anastomosis grouping among isolates of *Thanatephorus cucumeris*. 1969.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 420-429, 2014.

PASTRANA, A.M.; BASALLOTE-UREBA, M.J.; AGUADO, A.; KHALID, A.K.D.I.; CAPOTE, N. Controle biológico de patógenos transmitidos pelo solo de morango *Macrophomina phaseolina* e *Fusarium solani* , usando *Trichoderma asperellum* e *Bacillus* spp. **Phytopathol. Mediterr.** **2016** , 55 , 109–120.

PAULITZ, TC; SCHROEDER, KL; SCHILLINGER, WF Patógenos transmitidos pelo solo em cereais em um sistema de cultivo irrigado: Efeitos do preparo do solo, manejo de resíduos e rotação de culturas. **Plant disease** , v. 94, n. 1, p. 61-68, 2010.

PLATEL, R.; LUCAU-DANILA, A.; BALTENWECK, R.; MAIA-GRONDARD, A.; CHAVERIAT, L.; MAGNIN-ROBERT, M.; RANDOUX, B.; TRAPET, P.; HALAMA, P.; MATIN, P.; HILBERT, J. L.; HOFTE, M.; HUGUENEY, P.; REIGNAULT, P.; SIAH, A. Bioinspired rhamnolipid protects wheat against *Zymoseptoria tritici* through mainly direct antifungal activity and without major impact on leaf physiology. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 878272, 2022.

PORTEOUS-ÁLVAREZ, A. J.; MALDONADO-GONZÁLEZ, M.M.; MAYO-PRIETO, S.; LORENZANA, A.; PANIAGUA-GÁRCIA, A. I.; CASQUEIRO, P. A. Green strategies of powdery mildew control in hop: From organic products to nanoscale carriers. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 6, p. 490, 2021.

PRAJAPATI, K.; SHARMA, M. C.; MODI, H. A. Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic indus try soils. **Life Science Leaflets**, India, v.5, p.71-75, 2012.

PROVA, A.; AKANDA, A.M.; ISLAM, S.; HOSSAIN, M.M. Characterization of *Sclerotinia sclerotiorum*, an emerging fungal pathogen causing blight in hyacinth bean (*Lablab purpureus*). **The plant pathology journal**, v. 34, n. 5, p. 367, 2018.

PUEYO, M. T.; BLOCH, C.; CARMNONA-RIBEIRO, A. M.; DI-MASCIO, P. Lipopeptides produced by a soil *Bacillus megaterium* strain. **Microbial ecology**, v. 57, p. 367-378, 2009.

RAHIMI TAMANDEGANI, P.; MARIK, T.; ZAFARI, D.; BALÁZS, D.; VÁGCOLGYI, C.; SZEKERES, A.; KREDICS, L. Changes in peptaibol production of *Trichoderma* species during in vitro antagonistic interactions with fungal plant pathogens. **Biomolecules**, v. 10, n. 5, p. 730, 2020.

RAJUT, L. S.; KUMAR, S.; NATARAJ, V.; SHIVAKUMAR, M.; PATHAK, K.; JAISWAL, S.; PANDEY, V. Recent advancement in management of soybean charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina*. In: **Macrophomina phaseolina**. Academic Press, 2023. p. 55-74.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. **Mofo-branco da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2019. 96 p.

REIS, A.; OLIVEIRA, V.R. **Identificação e manejo da podridão-branca do alho e da cebola Brasília**: Embrapa Hortaliças, (Comunicado Técnico 91), 6p.2011.

REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; DE MELLO, L. L. F.; FARIA, D. R.; DE FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e50810212725-e50810212725, 2021.

ROBERTO, S.R.; YOUSSEF, K.; HASSHIM, A.F.; IPPOLITO, A. Nanomaterials as alternative control means against postharvest diseases in fruit crops. **Nanomaterials**, v. 9, n. 12, p. 1752, 2019.

RODRIGUES, A. A. C.; BEZERRA NETO, E.; COELHO, R. S.B. Indução de resistência a *Fusarium oxysporum f. sp. tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 492-499, 2006.

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; As perspectivas de expansão da soja. *Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Saber em Ribeirão Preto*. São Paulo, 2005.

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; As perspectivas de expansão da soja. **Anais dos Congresso**. XLIII Congresso da Saber em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

ROMERO, D.; DE VICENTE, A.; RALOTOALY, R. H.; DUFOUR, S. E.; VEENING, J. W.; ARREBOLA, E.; PÉREZ- GARCÍA, A. The iturin and fengycin families of lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 20, n. 4, p. 430-440, 2007.

ROMERO, L.M.P.; MULLER, D.; MENGISTU, A.; SINGH, A.K.; HARTMAN, G.L.; WISE, K.A. Advancing our understanding of charcoal rot in soybeans. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 8, n. 1, p. 8, 2017.

ROSATI, R.G.; LARIO, L.D.; HOURCADE, M.E.; CERVIGNI, G.D.; LUQUE, A.G.; SCANDIANI, M.M.; SPAMPINATO, C.P. Primary metabolism changes triggered in soybean leaves by *Fusarium tucumaniae* infection. **Plant Science**, v. 274, p. 91-100, 2018.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1655, 2018.

ROY, K. W.; HERSHMAN, D. E.; RUPE, J. C.; ABNEY, T. S. Sudden death syndrome of soybean. **Plant Disease**, v. 81, n. 10, p. 1100-1111, 1997.

RUOCCO, M.; LANZUISE, S.; LOMBARDI, N.; WOO, S. L.; VINALE, F.; MARRA, R.; VARLESE, R.; MANGANIELLO, G.; PASCALE, A.; SCALA, V.; TURRÀ, D.; SCALA, F.; LORITO, M. Multiple roles and effects of a novel *Trichoderma hydrophobin*. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, Saint Paul, v.28, n.2, p.167-179, 2015.

- SAFANELLI, J. L.; JÚNIOR, R. D. S. N.; COUTINHO, P. A. Q.; DE ARAUJO, M. A. FENDERICH, A. N.; RIZZO, R.; NETO, D. D. Grain-cropping suitability for evaluating the agricultural land use change in Brazil. **Applied Geography**, v. 154, p. 102937, 2023.
- SAHARAN, G. S. **Sclerotinia diseases of crop plants: biology, ecology and disease management**. Springer, 2008.
- SALLAM, N. M. A.; ERAKY, A. M. I.; SALLAM, A. Effect of *Trichoderma* spp. on *Fusarium* wilt tomato disease of tomato. **Molecular Biology Reports**, v. 46, p. 4463-4470, 2019.
- SAMUELS, G. J. *Trichoderma*: systematics, the sexual state, and ecology. **Phytopathology**, v. 96, n. 2, p. 195-206, 2006.
- SÁNCHEZ-MONTESINOS, B.; DIÁNEZ, F.; MORENO-GAVIRA, A. GEA, F. J.; SANTOS, M. Plant growth promotion and biocontrol of *Pythium ultimum* by saline tolerant *Trichoderma* isolates under salinity stress. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 11, p. 2053, 2019.
- SANSINENEA, E. *Bacillus* spp.: As plant growth-promoting bacteria. **Secondary metabolites of plant growth promoting rhizomicroorganisms: Discovery and applications**, p. 225-237, 2019.
- SANTOS, C. S. **Processamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill): Um enfoque na qualidade de fabricação do óleo comestível**. 2015. 16 f. Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2015. Disponível em: Acesso em: 7 de novembro de 2024.
- SANTOS, H. L. **Solubilização de fósforo em cana-de-açúcar submetida a *Bacillus velezensis* UFV 3918 e diferentes doses de fosfato monoamônico**. 2023.
- SANTOS, J.M.; VRANDECIC, K.; ČOSIC, J.; DUVNJAK, T.; PHILLIPS, A.J. Resolving Diaporthe species occurring in soybeans in Croatia. Persononia-Molecular **Phylogeny and Evolution of Fungi**. 2011.
- SANTOS, K. M.; LIMA, G.S.; BARROS, A.P.O.; MACHADO, A.R.; SOUZA-MOTTA, C.M.; CORREIA, K.C.; MICHEREFF, S.J. Novel specific primers for rapid identification of *Macrophomina* species. **European Journal of Plant Pathology**, v. 156, p. 1213–1218, 2020.
- SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: Reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. **AMB Express**, v. 9, p. 205, 2019. DOI:10.1186/s13568-019-0932-0
- SAXENA, A.K.; KUMAR, M.; CHAKDAR, H.; ANUROOP, N.; BAGYARAJ, D. J. *Bacillus* species in soil as a natural resource for plant health and nutrition. **Journal of applied microbiology**, v. 128, n. 6, p. 1583-1594, 2020.
- SCANDIANI, M. M.; AOKI, T.; LUQUE, A. G.; CARMONA, M. A.; O'DONNELL, K. First report of sexual reproduction by the soybean sudden death syndrome pathogen *Fusarium tucumaniae* in nature. **Plant disease**, v. 94, n. 12, p. 1411-1416, 2010.

SCANDIANI, M. M.; CARMONA, M. A.; LUQUE, A. G.; MATOS, K. S.; LENZI, L.; FORMENTO, A. N.; MARTINEZ, C. V.; FERRI, M. R.; PICCOLO, K. L.; TARTABINI, M.; ALVAREZ, D.; SAUTUA, F. Isolation, identification and yield losses associated with Sudden death syndrome in soybeans in Argentina. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 5, p. 358-362, 2012.

SCHUH, W. Influence of temperature and leaf wetness period on conidial germination in vitro and infection of *Cercospora kikuchii* on soybean. **Phytopathology**, v. 81, n. 10, p. 1315-1318, 1991.

SCHUSTER-RUSSIANO, M. C. **Prospecção de isolados de *Trichoderma* spp. com potencial de biocontrole, bioestimulo, indução de resistência e solubilização de nutrientes para cultura da soja**. Repositório UTFPR. 2024.

SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Londrina: Ed. Mecenas, 2016.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Ed. Mecenas, 314. p, 2009.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja: parte I**. Viçosa: UFV, p. 97.1993.

SHAFIQUE, H. A.; SULTANA, V.; EHETESHAMUL-HAQUE, S.; ATHAR, M. Management of soil-borne diseases of organic vegetables. **Journal of plant protection research**, v. 56, n. 3, 2016.

SHAFIQUE, H. A.; SULTANA, V.; EHTESHAMUL-HAQUE, S.; ATHAR, M. Management of soil-borne diseases of organic vegetables. **Journal of plant protection research**, v. 56, n. 3, 2016.

SHARMA, S. K.; GUPTA, G. K.; RAMTEKE, RAJKUMAR. *Colletotrichum truncatum* [(Schw.) Andrus & WD Moore], the causal agent of anthracnose of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]—A Review. **Soybean Res**, v. 9, p. 31-52, 2011..

SHARMA, V.; TRIPATHI, A. K.; MITTAL, H.; NKENYEREYE, L. SoyaTrans: A novel transformer model for fine-grained visual classification of soybean leaf disease diagnosis. **Expert Systems with Applications**, v. 260, p. 125385, 2025.

SHEN, Y., LI, J., XIANG, J., WANG, J., YIN, K. LIU, Q. Isolation and identification of a novel protein elicitor from a *Bacillus subtilis* strain BU412. **AMB Express**, v. 9, p. 1-9, 2019.

SHORT, G. E.; WYLLIE, T. D. B. Survival of *M. phaseolina* in soil and residue of soybeans. **Phytopathology**, v. 70, p. 13-17.1980.

SHORT, G. E.; WYLLIE, T. D.; AMMON, V. D. **Quantitative enumeration of *Macrophomina phaseolina* in soybean tissues**. 1978.

SHURTLEFF, Malcolm C.; AVERRE, CW III. **Glossary of plant-pathological terms**. 1997. In: Smith, K. P. and Havey, M. J. and Handelsman, J., 1993 2331088, English, Journal article, doi:10.1094/PD-77-0139, 0191-2917, 77, (2), Plant Disease, (139–142), Suppression of cottony leak of cucumber with *Bacillus cereus* strain UW85., 1993.

SILVA, V. N. D.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1609-1618, 2011.

SINCLAIR, J. B. Phomopsis seed decay of soybeans—a prototype for studying seed disease. 1993.

SINGH, N.P.; SINGH, R.K.; MEENA, V.S.; MEENA, R. K. Can we use maize (*Zea mays*) rhizobacteria as plant growth promoter. **Vegetos**, v. 28, n. 1, p. 86-99, 2015.

SMOLÍNSKA, U.; KOWALSKA, B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*—a review. **Journal of Plant Pathology**, v. 100, p. 1-12, 2018.

SOARES, A. P. G.; GILLIN, E. A.; BORGES, L. L.; SILVA, A. C. D.; ALMEIDA, Á. M. D.; GRIJALBA, P. E.; OLIVEIRA, L. O. D. More *Cercospora* species infect soybeans across the Americas than meets the eye. **PLoS One**, v. 10, n. 8, p. e0133495, 2015.

SOLANKI, M.K.; ROBERT, A.S.; SINGH, R.K.; KUMAR, S.; PANDEY, A.K.; SRIVASTAVA, A.K.; ARORA, D.K. Characterization of mycolytic enzymes of *Bacillus* strains and their bio-protection role against *Rhizoctonia solani* in tomato. **Current Microbiology**, v. 65, p. 330-336, 2012.

SOLIMAN, S.A.; KHALEIL, M. M.; METWALLY, R. A. Evaluation of the antifungal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* and *B. velezensis* and characterization of the bioactive secondary metabolites produced against plant pathogenic fungi. **Biology**, v. 11, n. 10, p. 1390, 2022.

SOUMARE, A. et al. From Isolation of Phosphate Solubilizing Microbes to Their Formulation and Use as Biofertilizers: Status and Needs. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 7, 425, 2019. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00425>

SRIDHARAN, A. P.; THANKAPPAN, S.; KARTHINKEYAN, G.; UTHANDI, S. Comprehensive profiling of the VOCs of *Trichoderma longibrachiatum* EF5 while interacting with *Sclerotium rolfsii* and *Macrophomina phaseolina*. **Microbiological research**, v. 236, p. 126436, 2020.

SRIDHARAN, A.P.; SUGITHA, T.; KARTHIKEYAN, G.; NAKKEERAN, S.; SIVAKUMAR, U. Metabolites of *Trichoderma longibrachiatum* EF5 inhibits soil borne pathogen, *Macrophomina phaseolina* by triggering amino sugar metabolism. **Microbial Pathogenesis**, v. 150, p. 104714, 2021.

SUÁREZ-BAUTISTA, J.D.; MONOTAS-VILORÍA, H.S.; LEAL-MEJÍA, L. Agricultural Biotechnological Potential of *Bacillus velezensis* C3-3 and *Cytobacillus* sp. T106 from Resource Islands of a Semi-arid Zone of La Guajira-Colombia. **Current Microbiology**, v. 81, n. 10, p. 341, 2024.

TAKAYANAGI, T.; AJISKA, K.; TAKIGUCHI, Y.; SHIMAHARA, K. Isolation and characterization of thermostable chitinases from *Bacillus licheniformis* X-7u. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure and Molecular Enzymology**, v. 1078, n. 3, p. 404-410, 1991.

TEIXEIRA, G. M.; MOSELA, M.; NICOLETTO, M. L. A.; RIBEIRO, R. A.; HUNGRIA, M.; YOUSSEF, K.; DE OLIVEIRA, A. G. Genomic insights into the antifungal activity and plant growth-promoting ability in *Bacillus velezensis* CMRP 4490. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 618415, 2021.

TEIXEIRA, G.M.; CORDEIRO MONTANARI, G.C.; NICOLETTO, U.M.; DA SILVA, E.V.; NORILAR, S.U.M.; DE OLIVEIRA, E.U.P.; DA SILVA RODRIGUES, M.V.; SÍPOLI SANCHES, E.; DE PÁDUA, U.P.; NUNES DA ROCHA, U.; OLIVEIRA, A.G. Draft genome of *Bacillus velezensis* CMRP6330, a biocontrol agent suitable for disease management in crops. **Microbiol Resour.** 2024.

THAMBUGALA, K.M.; DARANAGAMA, D. A.; PHILLIPS, A. J. L.; KANNANGARA, S. D.; PROMPUTTHA, I. Fungi vs. fungi in biocontrol: an overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 10, 2020. DOI: 10.3389/fcimb.2020.604923

TORRES, M.; LIAMAS, I.; TORRES, B.; TORAL, L.; SAMPEDRO, I.; BÉJAR, V. Growth promotion on horticultural crops and antifungal activity of *Bacillus velezensis* XT1. 2020.

TZIROS, G.T.; KARAOGLANIDIS, G. S. Identificação molecular e patogenicidade de *Rhizoctonia solani* e *Pythium* spp. associadas à doença de tombamento em vegetais folhosos jovens na Grécia. **Plant Pathology**, v. 71, n. 6, p. 1381-1391, 2022.

UPCHURCH, R. G.; WALKER, D. C.; ROLLINS, J. A.; EHRENSHAFT, M.; DAUB, M. E. Mutants of *Cercospora kikuchii* altered in cercosporin synthesis and pathogenicity. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, n. 10, p. 2940-2945, 1991.

USDA. **Soybean 2024 World Production**. [s.l: s.n.]. Disponível em: . Acesso em: 26 jan. 2025.

VÁSCONEZ, R. D. A.; MOYA, E. M. T.; YÉPEZ, L. A. C.; CHIILUISA-UTRERAS, V. P.; SUQUILLO, I. D.L.Á.V. Evaluation of *bacillus megaterium* strain AB4 as a potential biocontrol agent of *alternaria japonica*, a mycopathogen of *Brassica oleracea* var. *italica*. **Biotechnology reports**, v. 26, p. e00454, 2020.

VASQUES, N. C.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Increasing Application of Multifunctional *Bacillus* for Biocontrol of Pests and Diseases and Plant Growth Promotion: Lessons from Brazil. **Agronomy**, v. 14, n. 8, 2024.

VELÁZQUEZ-GURROLA, A.; RAMOS-ALEGRÍA, M.P. Beneficios de microorganismos solubilizadores de P y K en la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas. Lima, Peru, **ProHass**, pp 495-499. 2015.

VERBENE, M. C.; VERPOORTE, R.; BOL, J. F.; MERCADO-BLANCO, J.; LINTHORST, H. J. M. Overproduction of salicylic acid in plants by bacterial transgenes enhances pathogen resistance. **Nature Biotechnology**, New York, v. 18, p. 779-783, 2000.

VERMA, P.; YADAV, A.N.; KHANNAM, K.S.; PANJIAR, N.; KUMAR, S.; SAXENA, A. K.; SUMAN, A. Assessment of genetic diversity and plant growth promoting attributes of

psychrotolerant bacteria allied with wheat (*Triticum aestivum*) from the northern hills zone of India. **Annals of microbiology**, v. 65, p. 1885-1899, 2015.

VIANA, F.M.P.; SOUZA, N. L. Effect of temperature-water tension interaction on germination of *Macrophomina phaseolina* microsclerotia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 268-272, 2002.

VIDAL, M. C.; DIAS, R. P.. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 171-192, 2023.

VIDAL, M.C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M.A.A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável. Organizadores Diego Medeiros Gindri, Patrícia Almeida Barroso Moreira, Mario Alvaro Aloisio Verissimo.**—1. ed. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

VIEIRA FILHO, J. E. R. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 33, p. 01962, 2024.

VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. D. F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; da SILVA, M. S.; da SILVA, D. S. G.; da SILVA, U. O. Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas. Embrapa Rondônia Documentos (INFOTECA -E), 2013.

VIEIRA VELLOSO, C.C.; DE OLIVEIRA, C.A.; Gomes, E. A.; LANA, U.G.D.P.; DE CARVALHO, C.G.; GUIMARÃES, L.J.M.; DE SOUSA, S.M. Genome-guided insights of tropical *Bacillus* strains efficient in maize growth promotion. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 96, n. 9, p. fiae157, 2020.

VÍLCHEZ, J. I.; TANG, Q.; KAUSHAL, R.; WANG, W.; LV, S.; HE, D.; ZHAOQING, C.; ZHANG, H.; LIU, R.; Zhang, H. Genome sequence of *Bacillus megaterium* strain YC4-R4, a plant growth-promoting rhizobacterium isolated from a high-salinity environment. **Genome announcements**, v(25),p 10-1128. 2018.

VILLARREAL-DELGADO, M.F.; VILLA-RODRÍGUEZ, E.D; CIRA-CHAVEZ, L.A; ESTRADA ALVERADO, M.I; PARRA-COTA, F.I; SANTOS-VILLALOBOS, S.D. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. **Revista mexicana de fitopatología**, v. 36, n. 1, p. 95-130, 2018.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; MARRA, R.; LORITO, M. *Trichoderma* - interações planta-patógeno. **Soil Biol. Biochem.** V 40, p. 1–10. 2008.

VISCONTI, A.; ZAMBONIM, F. M.; MARIGUELE, K. H.; LONE, A. B. Alternative methods for the control of soilborne plant pathogens. Part II-Biological control. 2017.

WALTERS, H. J. *Cercospora* leaf blight of soybeans. **Phytopathology News**, v. 12, p. 165-166, 1978.

WAGHUNDE, RAHUL, M. SHELAKHE AND AMBALAL N. SABALPARA. "Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment." *African Journal of Agricultural Research* 11, no. 22 (2016): 1952-1965.

WANG, L.; FAN, R.; MA, H.; SUN, Y.; HUANG, Y.; WANG, Y.; QUAN, C. Genomic and metabolomic insights into the antimicrobial compounds and plant growth-promoting potential of *Bacillus velezensis* Q-426. **BMC genomics**, v. 24, n. 1, p. 589, 2023.

WANG, L.; FAN, R.; MA, H.; SUN, Y.; HUANG, Y.; WANG, Y.; QUAN, C. Genomic and metabolomic insights into the antimicrobial compounds and plant growth-promoting potential of *Bacillus velezensis* Q-426. **BMC genomics**, v. 24, n. 1, p. 589, 2023.

WARD-GAUTHIER, N.A.; SCHINEIDER, R.W.; CHANDA, A.; SILVA, E.C.; PRICE, P.P.; CAI, G. **Cercospora leaf blight and purple seed stain. Compendium of Soybean Diseases and Pests**; Hartman, GL, Rupe, JC, Sikora, EJ, Domier, LL, Davis, JA, Steffey, KL, Eds, pp.37-41.2015.

WEKESA, T. B.; WEKESA, V.W.; ONGUSO, J.M.; WAFULA, E.N.; KAVESU, N. Isolation and Characterization of *Bacillus velezensis* from Lake Bogoria as a Potential Biocontrol of *Fusarium solani* in *Phaseolus vulgaris* L. **Bacteria**, v. 1, n. 4, p. 279-293, 2022.

WHEELER, T.; RUSH, C. M. Soilborne diseases. **Encyclopedia of plant pathology**, v. 2, p. 935-947, 2001.

WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; LORITO, M. Trichoderma-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, n. 1, 2014.

YANG, F.; ZHANG, R.; WU, X.; XU, T.; AHMAD, S.; ZHANG, X.; ZHAO, J.; LIU, YAN, L. Endophytic strain of the genus *Bacillus* isolated from the seeds of maize (*Zea mays* L.) has antagonistic activity against maize pathogenic strains. **Microbial Pathogenesis**, v. 142, p. 104074, 2020.

YANG, H.C.; HAUDENSHIELD, J. S.; HARTMAN, G. L. First report of *Colletotrichum chlorophyti* causing soybean anthracnose. **Plant Disease**, v. 96, n. 11, p. 1699-1699, 2012.

YANG, Hui-Ching; HAUDENSHIELD, James S.; HARTMAN, Glen L. *Colletotrichum incanum* sp. nov., a curved-conidial species causing soybean anthracnose in USA. **Mycologia**, v. 106, n. 1, p. 32-42, 2014.

YIN, X.; LI, T.; JIANG, X.; TANG, X.; ZHANG, J.; YUAN, L.; WEI, Y. Suppression of grape white rot caused by *Coniella vitis* using the potential biocontrol agent *Bacillus Velezensis* GSBZ09. **Pathogens**, v. 11, n. 2, p. 248, 2022.

YORINORI, J. T.; ALMEIDA, A. M. R.; HOMECHIN, M.; MIRANDA, L. C.; KIIHL, R. A. S.; POLA, J. N. **Epifítia do cancro da haste da soja nos municípios de Castro, Palmeira, Ponta Grossa e Tibagi no Paraná e Rondonópolis, no Mato Grosso, na safra de 1989/89**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 5., 1989, Campo Grande. Resumos. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1989. p. 22-23.

YOUSSEF, K.; DE OLIVEIRA, A.G.; TISCHER, C.A.; HUSSIAN, I.; ROBERTO, S.R. Synergistic effect of a novel chitosan/silica nanocomposites-based formulation against gray mold of table grapes and its possible mode of action. **International journal of biological macromolecules**, v. 141, p. 247-258, 2019.

YU, C.; JIANG, X.; XU, H.; DING, G. *Trichoderma longibrachiatum* inoculation improves drought resistance and growth of *Pinus massoniana* seedlings through regulating physiological responses and soil microbial community. **Journal of Fungi**, v. 9, n. 7, p. 694, 2023.

YU, F.; CHEN, Y.; HUANG, X.; SHI, J.; XU, J.; HE, Y. Does straw returning affect the root rot disease of crops in soil? A systematic review and meta-analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 336, p. 117673, 2023.

ZHANG, A. W.; HARTMAN, G. L.; CURIO-PENNY, B.; PEDERSEN, W. L.; BECKER, K. B. Molecular detection of *Diaporthe phaseolorum* and *Phomopsis longicolla* from soybean seeds. **Phytopathology**, v. 89, n. 9, p. 796-804, 1999.

ZHANG, H.; CHEN, J.; LIU, Y.; XU, Q.; INAM, M.; HE, C. Discovery of a novel antibacterial protein CB6-C to target methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Microbial Cell Factories**, v. 21, n. 1, p. 4, 2022.

ZHANG, S.; GAN, Y.; JI, W.; XU, B.; HOU, B.; LIU, J. Mechanisms and characterization of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1491, 2017.

ZHANG, S.; GAN, Y.; XU, B. Application of plant-growth-promoting fungi *Trichoderma longibrachiatum* T6 enhances tolerance of wheat to salt stress through improvement of antioxidative defense system and gene expression. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1405, 2016.

ZHANG, S.; XU, B.; ZHANG, J.; GAN, Y. Identificação da atividade antifúngica de *Trichoderma longibrachiatum* T6 e avaliação de substâncias bioativas no controle de fitopatógenos. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 147, p. 59-66, 2018..

ZHONG, X.; JIN, Y.; REN, H.; HONG, T.; ZHENG, J.; FAN, W.; HONG, J.; CEHN, Z.; WANG, A.; LU, H.; ZHONG, K.; HUANG, G. Research progress of *Bacillus velezensis* in plant disease resistance and growth promotion. **Frontiers in Industrial Microbiology**, v. 2, p. 1442980, 2024.

ZITNICK-ANDERSON, K. K.; NELSON JR, B. D. Identification and pathogenicity of *Pythium* on soybean in North Dakota. **Plant Disease**, v. 99, n. 1, p. 31-38, 2015.