

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA LAURA BERNARDES MOREIRA

CONTROLE DE *Setophoma terrestris* COM ISOLADOS DE *Bacillus* spp.

Monte Carmelo
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA LAURA BERNARDES MOREIRA

CONTROLE DE *Setophoma terrestris* COM ISOLADOS DE *Bacillus* spp.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Renata Castoldi

Monte Carmelo
2026

ANA LAURA BERNARDES MOREIRA

CONTROLE DE *Setophoma terrestris* COM ISOLADOS DE *Bacillus* spp.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Monte Carmelo, 03 de julho de 2026

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Renata Castoldi
Orientadora

Prof. Dr. Bruno Sérgio Vieira
Membro da Banca

Me. Jordhanna Marília Silva
Membro da Banca

Monte Carmelo
2026

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter guiado meus passos até aqui, me dando força nos momentos mais difíceis, serenidade diante dos desafios e coragem para continuar mesmo quando o caminho parecia incerto.

Aos meus pais, Janaina e Ricardo, por serem meu alicerce em todos os momentos da vida. Obrigada por cada esforço, cada incentivo, cada renúncia e por nunca deixarem que eu descreditasse dos meus sonhos. Tudo o que conquisto também pertence a vocês.

Ao meu irmão, Luiz, mesmo à distância, por sempre se fazer presente, pelo carinho, apoio e por continuar sendo parte tão importante da minha vida.

Aos meus avós, Luzia, Demelcina e José, por todo amor, cuidado e ensinamentos que levarei para sempre comigo. Ao meu avô Daniel, que mesmo em ausência, permanece presente em cada lembrança, em cada conselho guardado e em tudo aquilo que ajudou a construir em mim.

Ao meu namorado, Leandro, cujo a presença constante e apoio incondicional me motivaram nos momentos mais difíceis. Seu amor e incentivo foram fundamentais.

À Ivania, pela amizade desde o início da graduação, por ter vivido cada fase dessa caminhada ao meu lado. Obrigada por todos os conselhos, apoio, risadas e por tornar os dias difíceis muito mais leves.

À Isadora, pela amizade construída ao longo desses anos, por toda ajuda durante o desenvolvimento do TCC e por sempre estar presente nos momentos em que mais precisei.

À Lívia, por ter chegado na reta final dessa trajetória e, ainda assim, se tornado alguém tão importante, trazendo leveza, apoio e amizade.

Ao Gabriel, pela amizade que resistiu ao tempo e à distância.

À professora Dr^a. Renata Castoldi, pela orientação, confiança, paciência e por todos os ensinamentos compartilhados ao longo deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao professor Dr. Bruno Sérgio Vieira, pela orientação, disponibilidade e contribuições para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Fernando Garcia, pelo auxílio, apoio e colaboração durante a condução das atividades.

À Universidade Federal de Uberlândia, por todos os anos de aprendizado, crescimento e experiências que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Ao Núcleo de Pesquisa em Olericultura (NUPOL), por todos os ensinamentos e experiências proporcionadas. Em especial, agradeço às pessoas que estiveram presentes no desenvolvimento deste trabalho e contribuíram com auxílio, orientação e apoio durante a condução dos experimentos.

Ao PET Agronomia, por ter sido uma das experiências mais marcantes da minha trajetória acadêmica. Mais do que aprendizado profissional, o grupo me proporcionou crescimento pessoal, amizades e vivências que levarei para a vida toda.

À Embrapa Hortaliças, em nome do pesquisador Valdir Lourenço Júnior, pelo apoio científico e pela contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

À todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória. Este trabalho representa não apenas o fim de um ciclo, mas a soma de pessoas, vivências, desafios e sonhos que me trouxeram até aqui.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 <i>Setophoma terrestris</i> em culturas de alho e cebola	9
3.2 Manejo e limitações do controle químico da Raiz rosada	10
3.3 Controle biológico com <i>Bacillus</i> spp.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Localização de condução do experimento	13
4.2. Delineamento experimental.....	13
4.3 Isolamento e obtenção da cultura de <i>Setophoma terrestris</i>	14
4.4 Obtenção e preparo dos isolados de <i>Bacillus</i> spp.....	15
4.5. Cultivo pareado <i>in vitro</i>	15
4.6 Avaliação do crescimento micelial.....	16
4.7 Seleção dos isolados com potencial antagônico.....	16
4.8 Análise dos dados	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	26

RESUMO

A raiz rosada, causada por *Setophoma terrestris*, é uma das principais doenças radiculares que afetam as culturas do alho e da cebola, provocando redução no desenvolvimento das plantas e perdas de produtividade. O manejo da doença é dificultado pela elevada capacidade de sobrevivência do patógeno no solo e pelas limitações do controle químico, tornando o controle biológico uma alternativa promissora. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial antagonista de isolados de *Bacillus* spp. no controle *in vitro* de *S. terrestris*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF) da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, em delineamento inteiramente casualizado, com 94 tratamentos. Os tratamentos consistiram de 93 isolados de *Bacillus* spp. e uma testemunha (somente com *Setophoma terrestris*) e três repetições. Utilizou-se o método de cultivo pareado em meio batata-dextrose-ágar (BDA). O crescimento micelial do patógeno foi avaliado aos 7, 14, 21 e 28 dias após a inoculação bacteriana, por meio da mensuração do diâmetro da colônia fúngica. Além disso, calculou-se a porcentagem de inibição do crescimento micelial em relação a testemunha aos 28 dias após a inoculação dos *Bacillus* spp. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Também confeccionou-se um gráfico de barras, contendo a porcentagem de inibição do crescimento micelial em relação à testemunha. Os resultados demonstraram elevada variabilidade no potencial antagonista entre os isolados avaliados. Os isolados A10B5 e A11B2 destacaram-se por apresentarem os menores valores de crescimento micelial e as maiores porcentagens de inibição do patógeno, indicando maior eficiência no antagonismo *in vitro*. Dessa forma, os resultados obtidos demonstram o potencial de isolados de *Bacillus* spp. para utilização em programas de controle biológico da raiz rosada, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis no manejo de *S. terrestris*.

Palavras-Chave: antagonismo, controle biológico, cultivo pareado, raiz rosada.

1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) e a cebola (*Allium cepa* L.) são hortaliças de grande importância econômica e alimentar, amplamente cultivadas e consumidas em todo o Brasil.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), no ano de 2024, a produção nacional de alho alcançou 172,8 mil toneladas, em uma área plantada de 12,9 mil hectares, com rendimento médio de 13.413 kg ha⁻¹. Já a cultura da cebola alcançou cerca de 1,68 milhão de toneladas, em uma área colhida de 49,4 mil hectares, com rendimento médio de 33.965 kg ha⁻¹.

Apesar de sua relevância, a produtividade e a qualidade do alho e da cebola frequentemente são comprometidas pela ocorrência de doenças, especialmente aquelas causadas por patógenos de solo. Dentre essas, a raiz rosada, causada pelo fungo *Setophoma terrestris*, constitui-se como uma das principais limitações fitossanitárias dessas culturas em regiões de clima quente (Sumner, 2002a).

O patógeno infecta o sistema radicular das plantas, promovendo inicialmente coloração rosada nas raízes, que evolui para tons avermelhados ou arroxeados, seguida de necrose e redução da funcionalidade radicular. A infecção compromete a absorção de água e nutrientes, reduz o crescimento vegetativo e pode ocasionar redução no tamanho dos bulbos. A doença é favorecida por temperaturas elevadas do solo e pode se tornar mais severa em áreas com histórico de cultivo sucessivo de alho e cebola, devido à capacidade de sobrevivência do patógeno no solo por longos períodos (Sumner, 2002b; Yoshida, 2022; Peixoto et al., 2025).

O manejo da raiz rosada é considerado complexo, uma vez que *S. terrestris* apresenta elevada capacidade de sobrevivência no solo, formando estruturas de resistência que podem permanecer viáveis por aproximadamente oito anos. Essa característica favorece a persistência do patógeno em áreas agrícolas e pode ocasionar perdas de produtividade que variam de 50% a 100% (Michereff; Barros, 2001). Além disso, o controle químico dessa doença tem apresentado baixa eficiência, principalmente devido à elevada agressividade das

estruturas de sobrevivência do patógeno no solo, o que dificulta a erradicação do inóculo e compromete a eficácia dos fungicidas utilizados (Lourenço Junior et al., 2016).

Nesse contexto, o controle biológico tem se destacado como uma alternativa promissora no manejo de fitopatógenos de solo. Bactérias do gênero *Bacillus* vêm sendo amplamente estudadas devido à sua capacidade de formar endósporos e elevada adaptabilidade ambiental, o que favorece sua persistência no solo e sua aplicação em sistemas agrícolas (Braga Junior, 2015). Além disso, espécies de *Bacillus* possuem amplo potencial antagonico, devido à produção de toxinas e outros metabólitos com atividade antimicrobiana, capazes de inibir microrganismos fitopatogênicos que afetam culturas de interesse agrícola (Dorighello, 2017).

Estudos demonstram o potencial de isolados de *Bacillus* spp. no controle de *Setophoma terrestris*. Albarracín Orio et al. (2016) relataram que um isolado de *Bacillus subtilis* apresentou atividade antagonista específica contra esse patógeno, reduzindo significativamente seu crescimento *in vitro*. Resultados semelhantes foram observados por Riviera-Méndez et al. (2018), que verificaram efeito inibitório de *Bacillus licheniformis* sobre *S. terrestris* em ensaios de cultivo pareado, evidenciando o potencial dessas bactérias como agentes de controle biológico da raiz rosada.

Apesar dos avanços, a eficiência do controle biológico depende fortemente da seleção de isolados com elevado potencial antagonista, uma vez que existe grande variabilidade entre microrganismos pertencentes ao mesmo gênero. Assim, avaliações *in vitro* constituem etapa fundamental na prospecção e seleção inicial de isolados promissores, permitindo identificar aqueles capazes de reduzir o crescimento micelial do patógeno (Bell et al., 1982).

Dessa forma, torna-se necessária a avaliação do efeito antagonístico de isolados de *Bacillus* spp. sobre *Setophoma terrestris*, visando contribuir para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo da raiz rosada nas culturas do alho e da cebola.

2 OBJETIVOS

Avaliar o efeito antagonístico de isolados de *Bacillus* spp. sobre o crescimento micelial de *Setophoma terrestris* em condições *in vitro*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 *Setophoma terrestris* em culturas de alho e cebola

A doença conhecida popularmente como raiz rosada, cujo agente causal é o fungo *S. terrestris*, destaca-se entre as doenças que mais afetam o sistema radicular da cebola (*Allium cepa* L.) e do alho (*Allium sativum* L.), sendo amplamente encontrada em regiões de clima tropical e subtropical.

O fungo foi inicialmente denominado *Phoma terrestris* com base em estudos etiológicos clássicos (Hansen, 1926; Hansen, 1929). Posteriormente, características morfológicas observadas nos picnídios levaram à transferência desse organismo para o gênero *Pyrenochaeta* (Gorenz; Walker; Larson, 1948). Com o avanço dos estudos taxonômicos baseados em análises morfológicas e moleculares, a seção *Phoma* foi reorganizada, culminando na reclassificação do agente causal no gênero *Setophoma* (De Gruyter et al., 2010).

Além do alho e da cebola, esse patógeno pode infectar outras aliáceas, como cebolinha e alho-poró, além de, ocasionalmente, ocorrer em outras espécies cultivadas. Culturas como cereais, embora pouco afetadas pela doença, podem atuar como hospedeiros alternativos, favorecendo a sobrevivência e até a multiplicação dos propágulos do patógeno no solo (Reis et al., 2026).

O patógeno apresenta elevada capacidade de sobrevivência no solo, persistindo de forma saprofítica em restos culturais e raízes colonizadas, sendo clamidósporos, picnídios e tecidos radiculares infectados importantes fontes primárias de inóculo, favorecendo a permanência do patógeno entre ciclos de cultivo (Peixoto et al., 2025).

A epidemiologia da raiz rosada está intimamente relacionada a fatores ambientais e ao sistema de manejo adotado. Ambientes quentes e secos, aliados à condução do cultivo em

sistema de monocultura, favorecem o aumento da população de *S. terrestris* no solo e a elevação da severidade dos sintomas, refletindo diretamente na redução do desenvolvimento foliar e no calibre dos bulbos (Gorenz; Larson; Walker, 1949; Sumner, 2002a).

O patógeno está presente em praticamente todas as regiões produtoras de alho e cebola no Brasil, tendo ampliado sua relevância em função da ausência de rotação de culturas em algumas áreas e do uso de cultivares com elevada suscetibilidade. Os sintomas iniciam-se com coloração rosada-clara das raízes, evoluindo para tons púrpura, pardos e pretos conforme a severidade da doença. A infecção compromete o sistema radicular, refletindo na parte aérea, com sintomas de déficit hídrico, deficiência nutricional, amarelecimento, murcha e redução no número e tamanho das folhas. Além disso, pode ocorrer nanismo, formação de bulbos pequenos e, em casos severos ou infecções precoces em materiais suscetíveis e morte das plantas (Reis et al., 2026).

Em estudos conduzidos com cebola, Sayogo et al. (2020) observaram que plantas infectadas por *S. terrestris* apresentaram redução significativa na matéria seca, no comprimento radicular, no diâmetro dos bulbos e na produtividade, evidenciando o impacto da doença sobre o desenvolvimento e o potencial produtivo da cultura. Os autores verificaram ainda redução significativa na assimilação de CO₂ e na condutância estomática em plantas infectadas, demonstrando que o patógeno interfere negativamente na atividade fotossintética e no metabolismo vegetal. De forma semelhante, Riviera-Méndez; Brenes-Madriz; Alvarado-Marchena (2021) relataram que *S. terrestris* reduz o peso dos bulbos e compromete diretamente o valor comercial da cebola devido aos danos causados ao sistema radicular.

3.2 Limitações dos diferentes tipos de controle da Raiz Rosada

Assim como outros patógenos do solo, o fungo *Setophoma terrestris*, pode ser controlado por meio de uma abordagem integrada, que envolve múltiplas táticas, como rotação de culturas, uso de cultivares resistentes e aplicação de agrotóxicos (Sadeghi et al., 2024).

A melhor forma de manejo da Raiz Rosada a longo prazo é a rotação de culturas com espécies não hospedeiras (Qalavand et al., 2022; Nasr-Esfahani et al., 2013; Nasr-Esfahani; Rafizadeh, 2013), no entanto, essa prática pode apresentar eficácia limitada, devido à ampla gama de hospedeiros do patógeno.

Alternativas à rotação de culturas incluem o plantio de cultivares resistentes (Lorbeer, 2008; Nasr-Esfahani; Ansaripour, 2007). No entanto as cultivares de alho e cebola mais plantadas no Brasil são suscetíveis e, mesmo materiais registrados como tolerantes, podem se mostrar suscetíveis em algumas regiões (Reis et al., 2026).

Assim sendo, o manejo mais utilizado atualmente é o químico, realizado principalmente com fungicidas, como os benzimidazóis (Li et al., 2019). No entanto, o controle químico também tem apresentado limitações expressivas quando aplicado a patógenos de solo. A baixa eficiência está relacionada à presença de estruturas de resistência capazes de sobreviver por longos períodos no solo, mantendo elevado potencial infectivo (Lourenço Junior et al., 2016).

Aliado a isso, hoje no Brasil, não há fungicidas químicos para as culturas do alho e cebola registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária para controle direto de *S. terrestris*, existindo apenas dois produtos biológicos registrados no sistema Agrofit (MAPA, 2026). Essa ausência de produtos registrados reforça a limitação das ferramentas químicas disponíveis e evidencia a necessidade de estratégias complementares de manejo.

Além da eficiência limitada, o uso contínuo de defensivos químicos pode favorecer a seleção de populações resistentes de microrganismos, reduzindo a eficácia dos tratamentos ao longo do tempo (Braga Junior et al., 2018). Essa situação, associada às restrições regulatórias e à crescente demanda por sistemas produtivos mais sustentáveis, tem impulsionado a busca por alternativas de menor impacto ambiental.

Nesse contexto, o controle biológico surge como estratégia promissora, especialmente pelo uso de microrganismos capazes de colonizar a rizosfera e o sistema radicular das plantas, competindo com patógenos e reduzindo sua atividade infectiva (Dias; Santos, 2022). Assim, a integração de métodos biológicos ao manejo fitossanitário representa uma alternativa mais sustentável e eficiente no controle de doenças radiculares em alho e cebola.

3.3 Controle biológico com *Bacillus* spp.

A crescente demanda por estratégias sustentáveis no manejo de fitopatógenos tem estimulado o uso de microrganismos benéficos do solo, especialmente as rizobactérias, que atuam na rizosfera e podem interferir diretamente no desenvolvimento de patógenos (Koskey et al., 2021). Esses microrganismos são capazes de colonizar o sistema radicular das plantas e contribuir para a supressão de doenças, promovendo maior equilíbrio microbiológico no solo (Benaissa, 2023).

Dentre os gêneros de rizobactérias mais estudados, o gênero *Bacillus* destaca-se pelo elevado potencial de aplicação agrícola, principalmente devido à capacidade de formar endósporos resistentes, o que favorece sua sobrevivência no solo por longos períodos e amplia sua eficiência como agente de controle biológico (Melo; Azevedo, 1998). Essa característica confere vantagens importantes em relação a outros microrganismos benéficos, consolidando *Bacillus* spp. como um dos principais grupos utilizados em estratégias de controle biológico de fitopatógenos.

Espécies de *Bacillus* podem atuar no controle de fitopatógenos por meio da produção de metabólitos antifúngicos e lipopeptídeos bioativos, como iturinas, fengicinas e surfactinas, compostos associados à inibição do crescimento micelial e à alteração estrutural de fungos fitopatogênicos (Deng et al., 2023). Essas características tornam *Bacillus* spp. um dos grupos mais promissores para o desenvolvimento de agentes de controle biológico aplicados ao manejo de doenças radiculares.

Além da atuação sobre fungos fitopatogênicos por meio da produção de metabólitos antifúngicos, diferentes espécies de *Bacillus* têm demonstrado elevada eficiência no controle biológico de doenças em culturas de interesse agrícola, especialmente em espécies do gênero *Allium*. Em cebola, isolados de *Bacillus subtilis* reduziram significativamente a incidência da podridão branca causada por *Sclerotium cepivorum*, tanto em condições de casa de vegetação quanto em campo, além de promoverem incremento na produtividade e ativação de mecanismos de defesa das plantas (Amin; Ahmed, 2023).

Resultados semelhantes foram relatados por Shin et al. (2023), que verificaram elevada atividade antagonista de isolados de *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus toyonensis* sobre *Fusarium oxysporum*, agente causal da podridão basal da cebola. Os autores observaram redução do crescimento micelial, inibição da germinação de conídios e supressão da doença em bulbos e plântulas de cebola, demonstrando o potencial dessas bactérias no manejo de patógenos de solo em culturas de *Allium*.

Especificamente para a raiz rosada da cebola, causada por *Setophoma terrestris*, Rivera-Méndez et al. (2018) avaliaram o potencial de microrganismos rizosféricos no controle biológico da doença e verificaram que *Bacillus licheniformis* apresentou efeito antagonista sobre o patógeno em ensaios *in vitro*, reduzindo o crescimento do fungo e demonstrando potencial para utilização em programas de manejo integrado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização de condução do experimento

O experimento foi conduzido no período de julho a dezembro de 2025, no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, cujas coordenadas geográficas são: 18°43'25,97"S e 47°31'28,27"W..

4.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 94 tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de 93 isolados de *Bacillus* spp. oriundos da coleção bacteriana do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF) e uma testemunha, contendo apenas *S. terrestris*, sem a presença de *Bacillus* spp. (Tabela 1).

Tabela 1 – Identificação dos tratamentos utilizados no ensaio de antagonismo de *Bacillus* spp. contra *Setophoma terrestris*.

Tratamentos	Identificação	Tratamentos	Identificação	Tratamentos	Identificação
1	A1B1	33	LAMIF 18	65	ISOLADO 22
2	A1B2	34	LAMIF 19	66	ISOLADO 24
3	A1B3	35	LAMIF 20	67	ISOLADO 25
4	A1B4	36	LAMIF 21	68	ISOLADO 26
5	A2B1	37	LAMIF 24	69	ISOLADO 28
6	A2B2	38	LAMIF 26	70	ISOLADO 29
7	A2B3	39	LAMIF 32	71	ISOLADO 30
8	A5B1	40	LAMIF 34	72	ISOLADO 31
9	A5B3	41	LAMIF 35	73	ISOLADO 33
10	A5B4	42	LAMIF 36	74	ISOLADO 34
11	A10B1	43	LAMIF 37	75	ISOLADO 35
12	A10B5	44	LAMIF 39	76	ISOLADO 36
13	A11B1	45	LAMIF 40	77	ISOLADO 37
14	A11B2	46	LAMIF 41	78	ISOLADO 38
15	A11B5	47	LAMIF 42	79	ISOLADO 40
16	A13B1	48	LAMIF 43	80	ISOLADO 41
17	A13B2A	49	LAMIF 44	81	ISOLADO 42
18	A13B3	50	LAMIF 45	82	ISOLADO 43
19	LAMIF 1	51	LAMIF 46	83	ISOLADO 44
20	LAMIF 2	52	LAMIF 47	84	ISOLADO 45
21	LAMIF 3	53	LAMIF 48	85	ISOLADO 46
22	LAMIF 4	54	GF272	86	ISOLADO 47
23	LAMIF 6	55	ISOLADO 2	87	ISOLADO 48
24	LAMIF 7	56	ISOLADO 6	88	ISOLADO 49
25	LAMIF 8	57	ISOLADO 8	89	ISOLADO 50
26	LAMIF 9	58	ISOLADO 9	90	ISOLADO 51
27	LAMIF 10	59	ISOLADO 13	91	ISOLADO 53
28	LAMIF 11	60	ISOLADO 16	92	ISOLADO 54
29	LAMIF 14	61	ISOLADO 17	93	ISOLADO 55
30	LAMIF 15	62	ISOLADO 18	94	Testemunha
31	LAMIF 16	63	ISOLADO 19		
32	LAMIF 17	64	ISOLADO 21		

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.3 Isolamento e obtenção da cultura de *Setophoma terrestris*

O isolado de *S. terrestris* utilizado no experimento foi obtido a partir da coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF), da Universidade Federal de Uberlândia. Para garantir a viabilidade e o vigor do patógeno, o fungo foi ativado, com auxílio de palito autoclavado, em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) e repicado semanalmente ao longo do período experimental, visando a obtenção de colônias ativas e uniformes para os ensaios de cultivo pareado. Os discos de micélio utilizados nos ensaios foram retirados de colônias jovens e ativamente crescentes.

4.4 Obtenção e preparo dos isolados de *Bacillus* spp.

Os isolados de *Bacillus* spp. utilizados no experimento pertencem à coleção de microrganismos do LAMIF. Os isolados bacterianos encontravam-se armazenados em solo esterilizado e foram reativados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA. Para isso, o solo contendo os isolados bacterianos foram distribuídos superficialmente sobre o meio de cultura com auxílio de palitos autoclavados.

Após o crescimento bacteriano, os isolados foram repicados para novas placas de Petri com auxílio de alça de repicagem flambada, visando à obtenção de colônias puras e uniformes para utilização nos ensaios de cultivo pareado.

4.5. Cultivo pareado *in vitro*

Para o cultivo pareado, discos de micélio do fungo *S. terrestris*, com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro, foram obtidos a partir de colônias ativas, utilizando canudos autoclavados. Os discos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultura BDA com o auxílio de palitos autoclavados, sendo posicionados em ponto previamente padronizado da placa.

Após sete dias da inoculação do fungo, os isolados de *Bacillus* spp. foram inoculados na extremidade oposta ao isolado de *S. terrestris*, utilizando-se alça de repicagem previamente flambada, por meio de uma única estria bacteriana. As placas testemunhas não receberam inoculação bacteriana.

As placas foram incubadas em câmara de crescimento do tipo BOD e mantidas a 25°C, sob fotoperíodo de 12 horas, durante todo o período experimental.

4.6 Avaliação do crescimento micelial

O crescimento micelial de *S. terrestris* foi avaliado aos 7, 14, 21 e 28 dias após a inoculação dos *Bacillus* spp., sempre nas mesmas placas, com o objetivo de acompanhar a dinâmica de crescimento do patógeno ao longo do tempo, na presença de isolados bacterianos. O crescimento micelial do *S. terrestris* foi mensurado com auxílio de paquímetro digital, medindo-se o diâmetro da colônia sempre no sentido oposto ao ponto de inoculação do disco fúngico, mesmo em casos de crescimento irregular, a fim de garantir a padronização das avaliações.

4.7 Seleção dos isolados com potencial antagônico

Os isolados de *Bacillus* spp. com potencial antagônico foram selecionados com base na redução do crescimento micelial de *S. terrestris* em comparação às testemunhas, considerando os diferentes períodos de avaliação.

Além disso, calculou-se a porcentagem de inibição do crescimento micelial em relação a testemunha aos 28 dias após a inoculação dos *Bacillus* spp. Esse parâmetro foi calculado com base na média da testemunha e de cada tratamento, utilizando-se a fórmula:

$$PIC = \frac{(C - T)}{C} \times 100$$

em que:

PIC = Porcentagem de inibição do crescimento micelial
 C = Diâmetro médio do crescimento micelial da testemunha
 T = Diâmetro médio do crescimento micelial do tratamento

4.8 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de pressuposições da análise de variância, incluindo normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias avaliados a 5% de probabilidade pelos testes de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Levene, respectivamente. Os critérios de aceitação consideraram valores de $p > 0,05$. Após confirmação dos pressupostos, foi realizada análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e, quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R, versão 3.6 (R Core Team, 2019).

Além disso, confeccionou um gráfico de barras, contendo a porcentagem de inibição do crescimento micelial em relação a testemunha, utilizando-se para isso o Microsoft Excel.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os isolados de *Bacillus* spp. apresentaram efeito distinto sobre o crescimento micelial de *Setophoma terrestris*, evidenciando variabilidade do potencial antagônico entre os tratamentos avaliados. Essa diferença foi observada ao longo dos períodos de avaliação e tornou-se mais evidente aos 28 dias após a inoculação bacteriana, período utilizado para a comparação final entre os isolados. O teste Scott-Knott indicou efeito significativo dos tratamentos sobre o crescimento micelial do patógeno em todos os períodos avaliados, com destaque para a avaliação aos 28 dias, que apresentou alta significância estatística ($p < 0,01$) e coeficiente de variação de 5,1%, indicando boa precisão experimental (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de crescimento micelial (mm) de *Setophoma terrestris* aos 7, 14, 21 e 28 dias após inoculação dos isolados de *Bacillus* spp.

Isolados	Dias após a inoculação dos isolados de <i>Bacillus</i> spp.			
	7	14	21	28
Diâmetro do Crescimento micelial (mm)				
1	31,77 d	52,57 c	68,67 b	77,50 b
2	28,63 d	48,80 d	66,77 b	77,20 b

3	42,33 b	43,27 e	44,40 e	44,62 h
4	44,60 b	65,53 b	79,13 a	79,57 a
5	44,67 b	65,70 b	79,80 a	80,27 a
6	37,27 c	58,17 c	73,10 b	75,03 b
7	27,17 d	43,37 e	60,27 c	64,73 d
8	28,43 d	43,03 e	56,47 d	71,67 c
9	33,33 d	49,33 d	66,93 b	72,40 c
10	40,10 c	58,00 c	71,57 b	77,27 b
11	32,23 d	49,40 d	67,10 b	67,00 d
12	27,80 d	32,50 f	33,03 f	32,80 j
13	28,83 d	39,53 e	52,93 d	71,40 c
14	29,07 d	32,50 f	32,70 f	33,33 j
15	44,90 b	68,50 a	79,20 a	79,70 a
16	37,50 c	54,53 c	71,73 b	76,30 b
17	49,57 a	72,30 a	80,77 a	81,27 a
18	48,37 b	65,50 b	82,17 a	82,17 a
19	49,60 a	55,33 c	61,80 c	63,60 d
20	45,53 b	62,30 b	67,60 b	75,67 b
21	55,07 a	75,17 a	80,50 a	80,70 a
22	50,50 a	59,93 b	61,70 c	61,97 e
23	50,33 a	68,80 a	78,63 a	79,00 a
24	44,60 b	45,63 e	45,73 e	45,80 h
25	43,87 b	43,83 e	44,20 e	44,37 h
26	38,03 c	42,70 e	43,50 e	44,27 h
27	51,50 a	69,40 a	77,90 a	78,47 b
28	45,77 b	67,60 b	77,70 a	80,77 a
29	47,27 b	59,13 b	59,77 c	60,03 e
30	45,57 b	55,03 c	61,27 c	66,17 d
31	44,20 b	51,70 d	53,90 d	56,80 f
32	37,23 c	53,17 c	62,47 c	64,83 d
33	44,60 b	46,10 e	46,40 e	47,30 h
34	41,83 b	61,17 b	67,50 b	68,90 c
35	36,03 c	49,47 d	51,87 d	52,70 g
36	41,97 b	50,37 d	50,73 e	51,10 g
37	45,33 b	47,10 d	47,47 e	47,90 h
38	46,73 b	47,93 d	48,93 e	49,10 g
39	49,13 a	50,33 d	50,50 e	51,37 g
40	43,77 b	43,97 e	44,57 e	45,37 h
41	45,77 b	46,50 e	47,70 e	48,10 h
42	40,43 c	43,63 e	44,50 e	45,53 h
43	45,87 b	49,20 d	50,33 e	51,47 g
44	47,30 b	48,40 d	48,70 e	49,43 g
45	55,47 a	69,43 a	75,43 a	76,47 b

46	47,40 b	48,57 d	49,20 e	49,20 g
47	44,37 b	44,97 e	46,47 e	47,10 h
48	50,70 a	71,63 a	77,53 a	78,70 b
49	42,63 b	42,70 e	43,07 e	43,10 h
50	42,70 b	43,30 e	44,10 e	44,47 h
51	49,80 a	52,83 c	53,77 d	55,20 f
52	49,47 a	51,30 d	53,00 d	53,50 g
53	42,13 b	42,30 e	43,40 e	43,67 h
54	49,43 a	64,10 b	66,27 b	69,57 c
55	55,63 a	77,33 a	82,20 a	82,50 a
56	44,33 b	61,80 b	75,80 a	82,37 a
57	47,43 b	64,03 b	76,67 a	77,67 b
58	54,73 a	71,17 a	76,63 a	75,43 b
59	52,20 a	73,67 a	79,30 a	75,43 b
60	49,90 b	65,37 b	73,87 b	76,80 b
61	54,53 a	68,77 a	75,90 a	79,83 a
62	52,90 a	73,30 a	78,67 a	78,67 b
63	52,60 a	73,33 a	82,00 a	83,00 a
64	54,00 a	75,37 a	83,00 a	83,00 a
65	50,33 a	67,17 b	77,83 a	79,43 a
66	49,13 a	49,77 d	50,20 e	50,43 g
67	48,17 b	50,23 d	50,60 e	50,90 g
68	48,07 b	51,73 d	52,43 d	53,87 g
69	47,40 b	49,67 d	49,90 e	50,20 g
70	52,00 a	72,07 a	76,53 a	77,50 b
71	45,47 b	50,00 d	50,33 e	50,67 g
72	46,60 b	47,70 d	47,70 e	47,80 h
73	48,17 b	50,27 d	50,90 e	52,43 g
74	46,70 b	47,63 d	47,73 e	47,97 h
75	51,70 a	65,60 b	70,13 b	71,87 c
76	44,87 b	45,73 e	46,00 e	46,13 h
77	46,90 b	57,43 c	67,63 b	81,33 a
78	47,70 b	64,40 b	76,03 a	78,07 b
79	51,67 a	69,90 a	73,33 b	76,23 b
80	48,13 b	48,70 d	48,73 e	49,07 g
81	56,97 a	77,27 a	80,83 a	81,63 a
82	49,27 a	68,57 a	74,83 a	79,53 a
83	52,47 a	70,60 a	80,53 a	80,80 a
84	52,30 a	70,47 a	77,73 a	80,63 a
85	56,50 a	74,80 a	82,30 a	82,47 a
86	48,97 a	49,43 d	49,43 e	50,47 g
87	53,57 a	68,40 a	78,07 a	80,33 a
88	54,67 a	73,13 a	79,23 a	79,23 a

89	45,23 b	45,93 e	46,40 e	46,70 h
90	46,43 b	46,80 e	47,13 e	47,40 h
91	43,80 b	44,27 e	45,30 e	45,60 h
92	47,30 b	49,53 d	50,53 e	51,23 g
93	49,83 a	51,53 d	52,47 d	52,80 g
94 (Testemunha)	44,57 b	65,57 b	77,20 a	80,71 a
C.V.(%)	7,95*	7,68*	6,46*	5,10*

C.V. (%) = Coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autora.

Aos 28 dias após a inoculação, os isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2) apresentaram os menores valores médios de crescimento micelial, com 32,80 mm e 33,33 mm, respectivamente, sendo estes isolados inseridos no grupo de maior eficiência na redução do crescimento do patógeno. Esses resultados indicam que tais isolados foram os mais promissores entre os 93 avaliados, uma vez que limitaram de forma mais intensa o avanço da colônia fúngica em comparação aos demais tratamentos.

Considerando que, neste ensaio, menores valores de crescimento micelial correspondem a maior antagonismo, os isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2) devem ser priorizados em etapas posteriores de seleção. Além desses isolados, outros também apresentaram desempenho relevante, como os isolados 3 (A1B3), 24 (LAMIF 7), 25 (LAMIF 8), 26 (LAMIF 9), 33 (LAMIF 18), 37 (LAMIF 24), 40 (LAMIF 34), 41 (LAMIF 35), 42 (LAMIF 36), 47 (LAMIF 42), 49 (LAMIF 44), 50 (LAMIF 45), 53 (LAMIF 48), 72 (ISOLADO 31), 74 (ISOLADO 34), 76 (ISOLADO 36), 89 (ISOLADO 50), 90 (ISOLADO 51) e 91 (ISOLADO 53), e, que compuseram o grupo seguinte de menor crescimento micelial. Embora tenham sido estatisticamente inferiores aos isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2), esses materiais também demonstraram potencial antagônico, pois mantiveram o crescimento de *S. terrestris* em níveis reduzidos quando comparados aos demais.

A análise da porcentagem de inibição (Figura 1) reforça a superioridade dos isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2), que apresentaram os maiores valores médios de inibição, próximos a 60%. Em seguida, destacaram-se os isolados 49 (LAMIF 44), 53 (LAMIF 48),

26 (LAMIF 9), 25 (LAMIF 8), 50 (LAMIF 45), 3 (A1B3), 40 (LAMIF 34) e 76 (LAMIF 36), com inibição em torno de 40% a 47%.

Verifica-se que dentre 93 isolados de *Bacillus* spp., grande parte deles apresentou efeito reduzido ou intermediário contra *S. terrestris*, enquanto outros tiveram pouca ou nenhuma ação inibitória sobre o patógeno. A variabilidade observada entre os isolados é compatível com estudos envolvendo espécies de *Bacillus*, nos quais diferentes cepas apresentam mecanismos distintos de antagonismo, produção de compostos antifúngicos e eficiência no controle de fitopatógenos (Gao et al., 2025).

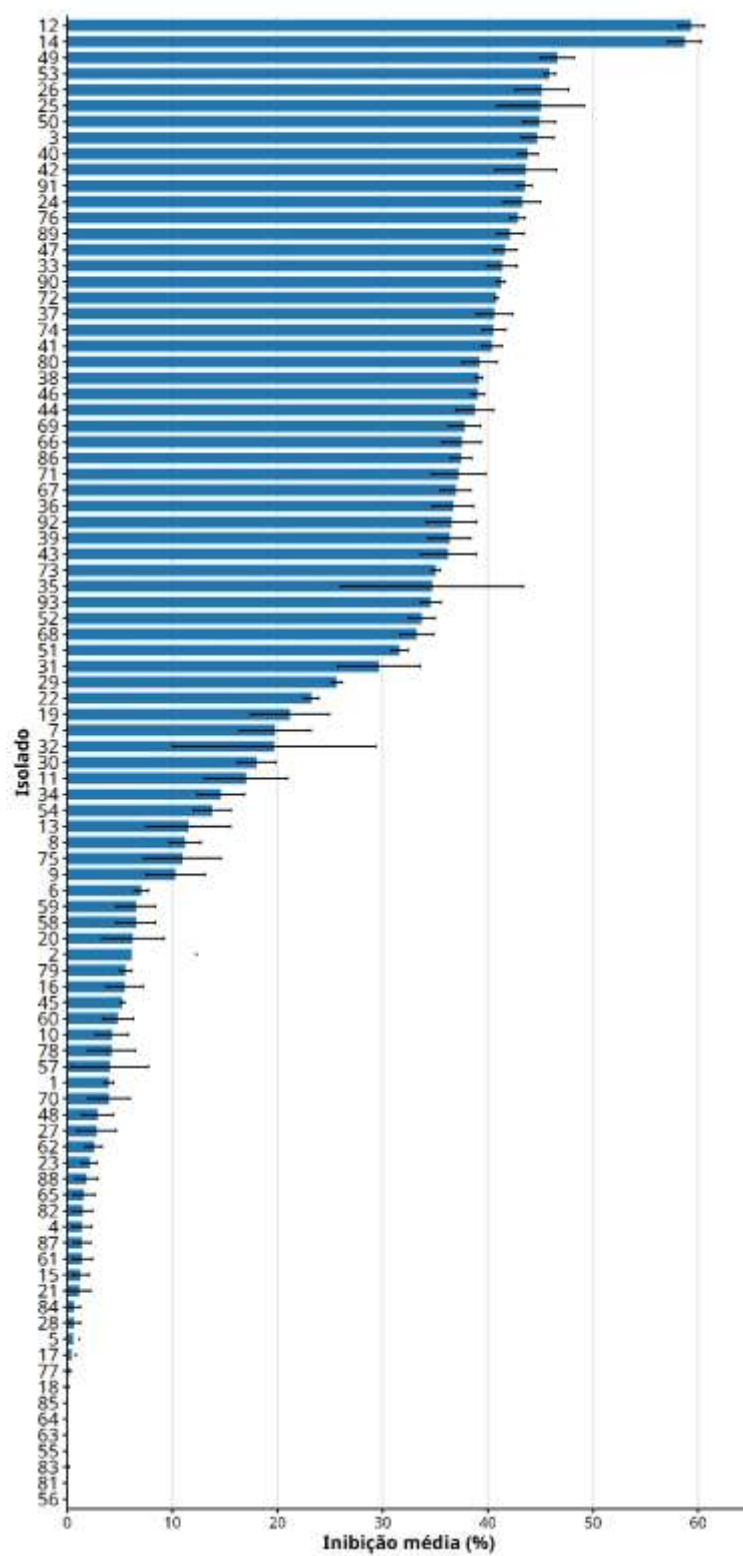


Figura 1 - Inibição média (%) do crescimento micelial de *Setophoma terrestris* por isolados de *Bacillus* spp. aos 28 dias após inoculação bacteriana. (Fonte: Autora, 2026)

A existência de isolados com alta, média e baixa eficiência indica que o potencial antagonístico não pode ser atribuído genericamente ao gênero *Bacillus*, mas sim às características específicas de cada isolado. Esse comportamento está de acordo com a literatura, que relata diferenças na produção de lipopeptídeos e na atividade antifúngica entre cepas de *Bacillus* (Deng et al., 2023).

O efeito inibitório observado pode estar associado a diferentes mecanismos de antagonismo. Espécies de *Bacillus* são reconhecidas pela capacidade de produzir metabólitos secundários com ação antifúngica, especialmente lipopeptídeos como iturinas, fengicinas e surfactinas. Esses compostos podem atuar promovendo alterações na membrana plasmática e na parede celular dos fungos, causando deformações nas hifas, redução do crescimento micelial e comprometimento do desenvolvimento do patógeno (Deng et al., 2023).

Hussain et al. (2024) observaram que lipopeptídeos produzidos por *Bacillus siamensis* causaram alterações morfológicas nas hifas e redução no teor de ergosterol de *Fusarium graminearum*, indicando comprometimento da integridade celular do fungo. Esses mecanismos podem ajudar a explicar a redução do crescimento micelial observada nos isolados mais eficientes do presente estudo.

Resultados semelhantes têm sido relatados em estudos com espécies de *Bacillus* no controle de fungos fitopatogênicos, nos quais diferentes mecanismos de antagonismo, como produção de lipopeptídeos, compostos voláteis e metabólitos antifúngicos, estão associados à inibição do crescimento micelial (Deng et al., 2023; Hussain et al., 2024). A variabilidade observada entre os isolados neste estudo sugere que a eficiência antagonista pode estar relacionada à capacidade individual de cada isolado em produzir compostos bioativos ou competir de forma mais eficiente com o patógeno.

No caso específico de *Setophoma terrestris*, os resultados são especialmente relevantes, pois o patógeno apresenta difícil manejo em condições de campo devido à sua capacidade de sobrevivência no solo e permanência em restos culturais e raízes infectadas. Estudos recentes demonstraram que *S. terrestris* é o principal agente causal da raiz rosada

em alho e cebola, sendo capaz de formar estruturas e fontes de inóculo que favorecem sua permanência entre vários ciclos de cultivo (Peixoto et al., 2025). Nesse contexto, o uso de agentes biológicos surge como alternativa promissora para compor estratégias de manejo integrado da doença, especialmente em razão das limitações frequentemente associadas ao controle químico de patógenos habitantes do solo.

A elevada eficiência observada para os isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2) é compatível com resultados descritos para espécies de *Bacillus* no controle de *Setophoma terrestris*, sendo também visivelmente identificado através da Figura 2.

Sayago et al. (2020) verificaram que *Bacillus subtilis* ALBA01 reduziu a severidade da raiz rosada em cebola, apresentando níveis de biocontrole superiores a 50% em condições de casa de vegetação e campo. Embora o presente estudo tenha sido conduzido apenas em condições *in vitro*, a elevada inibição do crescimento micelial observada para os isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2) indica potencial para futuras avaliações em plantas e condições de campo.



Figura 2 - Crescimento micelial de *Setophoma terrestris* em confronto com isolados de *Bacillus* spp. aos 28 dias após inoculação. Linha A: isolado A10B5 e testemunha. Linha B: isolado A11B2 e testemunha. As três primeiras placas de cada linha correspondem às

repetições dos tratamentos, enquanto a última representa a testemunha sem antagonista. (Fonte: Autora, 2026)

É importante destacar que o ensaio *in vitro* permite identificar isolados capazes de interferir diretamente no crescimento micelial do patógeno, mas não permite afirmar, isoladamente, que esses isolados serão eficientes em campo. Fatores ambientais, sobrevivência do patógeno no solo e dinâmica do inóculo podem influenciar o desenvolvimento da doença e a eficiência do controle biológico (Yoshida, 2022). Portanto, os isolados mais promissores selecionados neste estudo devem ser avaliados em etapas posteriores, incluindo ensaios em campo em plantas de alho e cebola.

Outro ponto relevante é que os isolados menos eficientes, especialmente aqueles que apresentaram crescimento micelial semelhante à testemunha, provavelmente não possuem mecanismos antagônicos suficientemente eficientes contra *S. terrestris* nas condições avaliadas. Isso não significa, necessariamente, que sejam microrganismos sem potencial biológico, uma vez que poderiam apresentar outras funções, como promoção de crescimento vegetal ou indução de resistência. No entanto, para o objetivo específico deste trabalho, voltado à avaliação do antagonismo *in vitro* contra *S. terrestris*, esses isolados não devem ser priorizados.

De modo geral, os resultados demonstram que existe variabilidade significativa entre os isolados de *Bacillus* spp. avaliados e que os isolados 12 (A10B5) e 14 (A11B2) se destacaram como os mais promissores no controle do crescimento micelial de *S. terrestris*. A presença de outros isolados com inibição intermediária também amplia as possibilidades de seleção, especialmente se etapas futuras demonstrarem diferenças na adaptação, crescimento bacteriano ou estabilidade da atividade antagonista. Assim, este estudo contribui para a seleção inicial de agentes potenciais de controle biológico da raiz rosada, oferecendo base para pesquisas posteriores voltadas ao manejo sustentável de *S. terrestris* em alho e cebola.

6 CONCLUSÃO

Os isolados de *Bacillus* spp. apresentaram elevada variabilidade quanto ao potencial de inibição do crescimento micelial de *Setophoma terrestris*. Entre os 93 isolados avaliados, A10B5 e A11B2 destacaram-se como os mais promissores, diminuindo significativamente o crescimento micelial do patógeno e apresentando as maiores porcentagens de inibição do fungo.

REFERÊNCIAS

- ALBARRACÍN ORIO, A. G. et al. **Draft genome sequence of *Bacillus subtilis* ALBA01, a strain with antagonistic activity against the soilborne fungal pathogen of onion *Setophoma terrestris*.** Genome Announcements, v. 4, n. 3, 2016. Acesso em: 7 jan. 2026.
- AMIN, M. M.; AHMED, M. F. A. **Biological controlo f onion white rot disease using potential *Bacillus subtilis* isolates.** Egyptian Journal of Biological Pest Control, v. 33, n. 27, 2023. DOI: 10.1186/s41938-023-00673-4.
- BELL, D. K. et al. **In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens.** Phytopathology, v. 72, n. 4, p. 379-382, 1982.
- BENAISSA, A. **Rhizosphere: role of bacteria to manage plant diseases and sustainable agriculture-a review.** Journal off Basic Microbiology, v. 64, n. 3, 2023. DOI: 10.1002/jobm.202300361.
- BRAGA JUNIOR, G. M. **Eficiência de *Bacillus subtilis* no biocontrole de fitopatógenos e promotor de crescimento vegetal.** 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015.
- BRAGA JUNIOR, G. M. et al. **Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 13, n. 4, p. 1–6, 2018. DOI: 10.5039/agraria.v13i4a5571.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal – alho: Brasil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alho/br>. Acesso em: 17 fev. 2026.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal – cebola: Brasil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cebola/br>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **AGROFIT: sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, 2026. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20 fev. 2026.

DE GRUYTER, J. et al. **Molecular phylogeny of *Phoma* and allied genera: towards a reclassification of the *Phoma* complex**. *Studies in Mycology*, v. 65, p. 1-60, 2010.

DENG, Y.J. et al. **Antifungal activities of *Bacillus velezensis* FJAT-52631 and its lipopeptides against anthracnose pathogen *Colletotrichum acutatum***. *Journal of Basic Microbiology*, Weinheim, v. 63, n. 6, p. 594-602, 2023. DOI: 10.1002/jobm.202200489.

DIAS, A. S.; SANTOS, C. C. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso**. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 98 p.

DORIGHELLO, D. V. **Versatilidade de *Bacillus* spp. no controle biológico de doenças de plantas e na promoção de crescimento de soja**. 2017. 136 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151203/dorighello_dv_dr_bot.pdf. Acesso em: 10 jan. 2026.

GAO, F. Y. et al. **Antifungal efficacy and mechanisms of *Bacillus licheniformis* BL06 against *Ceratocystis fimbriata***. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 16, p. 1535296, 2025. DOI: 10.3389/fpls.2025.1535296.

GORENZ, A. M.; WALKER, J. C.; LARSON, R. H. **Morphology and taxonomy of the pink-root fungus of onion**. *Phytopathology*, v. 38, p. 831-840, 1948.

GORENZ, A. M.; LARSON, R. H.; WALKER, J. C. **Factors affecting pathogenicity of pink root fungus of onions**. *Journal of Agricultural Research*, v. 78, p. 1-18, 1949.

HANSEN, H. N. **The pink-root disease of onions**. *Phytopathology*, v. 16, p. 563–569, 1926.

HANSEN, H. N. **Etiology of pink-root disease of onions**. Phytopathology, v. 19, p. 691–700, 1929.

HUSSAIN, S. et al. **Antifungal potential of lipopeptides produced by the *Bacillus siamensis* Sh420 strain against *Fusarium graminearum***. Microbiology Spectrum, Washington, v. 12, n. 4, e04008-23, 2024. DOI: 10.1128/spectrum.04008-23.

KOSKEY, G. et al. **Potential use of beneficial microorganisms for soil amelioration, phytopathogen biocontrol, and sustainable crop production in smallholder agroecosystems**. Frontiers in Sustainable Food Systems, v. 5, 2021. DOI: 10.3389/fsufs.2021.606308.

LI, Y et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi alleviates alfalfa leaf spots caused by *Phoma medicaginis* revealed by RNA-seq analysis**. Journal Of Applied Microbiology, v. 130, p. 547-560, 2019.

LORBEER, J. W. **Management of diseases in *Alliums***. International Society Horticultural Science, v. 433, p. 122-130, 2008.

LOURENÇO JUNIOR, V. *et al.* **Podridão-branca causa grandes prejuízos à produção de alho e cebola**. Campo e Negócios, v. 1, n. 1, p. 27, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1057703/1/digitalizar0120.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2025.

MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 488 p. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00064430.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. B. **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2001. 368 p. Disponível em: <https://www.agrisustentavel.com/doc/ebooks/protegido.pdf#page=23>. Acesso em: 10 fev. 2026.

NASR-ESFAHANI, M.; ANSARIPOUR, B. **Susceptibility assessment of Iranian onion landraces to pink root disease**. Journal Of Agriculture And Natural Resources, v. 12, p. 251-261, 2007.

NASR-ESFAHANI, M.; RAFIZADEH, S. **Effect of variety and rotation on pink root diseases of onion in Isfahan**. Iranian Journal of Plant Diseases Research, v. 1, p. 13-22, 2013.

NASR-ESFAHANI, M. *et al.* **Screening of onion seed sets for resistance against new Iranian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. cepa.** Archives of Phytopathology and Plant Protection, v. 46, p. 1864-1873, 2013.

PEIXOTO, G. H. S. *et al.* **The role of *Setophoma terrestris* in pink root disease: new insights and host range in Brazil.** Journal of Fungi, v. 11, n. 581, 2025. DOI: 10.3390/jof11080581.

QALAVAND, F *et al.* **Enzyme activity and population genetic structure analysis in wheat associated with resistance to *Bipolaris sorokiniana*-common root rot diseases.** Phytochemistry. 2022. DOI: 10.1016/j.phytochem.2022.113208

R Core Team. A Language and Environment for Statistical Computing, Version 3.6; Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

REIS, A. *et al.* Doenças causadas por fungos e oomicetos. In: LOURENÇO JUNIOR, V.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, C. A. (ed.). **Doenças, pragas e plantas daninhas em alho e cebola.** 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2026. p. 49-81.

RIVERA-MÉNDEZ, W. *et al.* **Biological control of *Setophoma terrestris* isolated from onion rhizosphere in Costa Rica.** Archives of Phytopathology and Plant Protection, v. 52, n. 7-8, p. 813–824, 2018. Acesso em: 7 jan. 2026.

RIVIERA-MÉNDEZ, W.; BRENES-MADRIZ, J.; ALVARADO-MARCHENA, L. **Effect of *Setophoma terrestris*, *Sclerotium cepivorum*, and *Trichoderma* spp. on in vitro onion (*Allium cepa*) root tissues and the final yield at the field.** European Journal of Plant Pathology, v. 160, p. 53-65, 2021. DOI: 10.1007/s10658-021-02220-z.

SADEGHI, S. *et al.* **Fungicidal control of onion pink root caused by *Setophoma terrestris* and effects on soil enzyme activity.** Journal of Phytopathology, v. 172, e13349, 2024. DOI: 10.1111/jph.13349.

SAYAGO, P. *et al.* ***Bacillus subtilis* ALBA01 alleviates onion pink root by antagonizing the pathogen *Setophoma terrestris* and allowing physiological status maintenance.** European Journal of Plant Pathology, Dordrecht, v. 158, p. 1-11, 2020. DOI: 10.1007/s10658-020-02012-x.

SHIN, S. *et al.* **Biocontrol activity of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus toyonensis* against *Fusarium oxysporum* causing onion basal rot disease.** The Plant Pathology Journal, v. 39, n. 1, p. 1-13, 2023. DOI: 10.5423/PPJ.OA.09.2022.0128.

SUMNER, D. R. Pink root. In: SCHWARTZ, H. F.; MOHAN, K. (eds.). **Compendium of onion and garlic diseases**. 2. ed. St. Paul: APS Press, 2002a. p. 18–20.

SUMNER, D. R. Diseases of subterranean parts caused by fungi and oomycetes. In: DAVIS, R. M.; RAID, R. N. (eds.). **Compendium of onion and garlic diseases and pests**. St. Paul, MN: APS Press, 2002b. p. 8–25.

YOSHIDA, N. **Seasonal dynamics of the pink root fungus (*Setophoma terrestris*) in rhizosphere soil: effect of crop species and rotation**. Plant Pathology, v. 71, n. 2, p. 361–372, 2022. DOI: 10.1111/ppa.13464.