



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ALINE FARIAS LIMA

**INFLUÊNCIA DE ISOLADOS DE *Trichoderma* spp. NA QUALIDADE SANITÁRIA E  
NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE RÚCULA (*Eruca Sativa* Mill.)**

Imperatriz – MA

2025



ALINE FARIAS LIMA

**INFLUÊNCIA DE ISOLADOS DE *Trichoderma* spp. NA QUALIDADE SANITÁRIA E NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE RÚCULA (*Eruca Sativa* Mill.)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT, da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, como requisito parcial para a Conclusão do Curso de Ciências Biológicas.

**Orientador(a):** Prof.(a). Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento.

Imperatriz – MA

2025



L732i

Lima, Aline Farias

Influência de isolados de trichoderma spp. na qualidade sanitária e no desempenho fisiológico de sementes de rúcula (*Eruca Sativa* Mill.). / Aline Farias Lima. – Imperatriz, MA, 2025.

47 f. ; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2026.

1. Controle biológico. 2. Qualidade fisiológica. 3. Vigor de sementes. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 632

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza – CRB: 13/955**





**ALINE FARIAS LIMA**

**INFLUÊNCIA DE ISOLADOS DE *Trichoderma* SPP. NA QUALIDADE SANITÁRIA E NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE RÚCULA (*Eruca Sativa* Mill.)**

Aprovado em:

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** IVANEIDE DE OLIVEIRA NASCIMENTO  
Data: 03/03/2026 08:36:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** SHEILA ELKE ARAUJO NUNES  
Data: 02/03/2026 17:34:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dra. Sheila Elke Araújo Nunes**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ELIZABETH NUNES FERNANDES  
Data: 27/02/2026 17:35:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dra. Elizabeth Nunes Fernandes**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão



Dedico este trabalho a Deus e a Nossa Senhora  
Aparecida, como a meus familiares, namorado e  
amigos.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por estarem presentes em todos os momentos da minha vida, guiando meus caminhos, fortalecendo minha fé e concedendo forças para superar os desafios ao longo desta trajetória.

Agradeço à minha família por todo o apoio, amor e dedicação. Mesmo diante das dificuldades, sempre fizeram o possível para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. Em especial, agradeço à minha mãe, Eloide, e à minha avó, Odete, mulheres que representam os maiores exemplos de força, cuidado e inspiração em minha vida.

Agradeço aos meus irmãos Juliana, Paulo, Domingo, Júlio César e Erick pelo apoio constante. Mesmo nos momentos difíceis, sempre encontramos união e motivação uns com os outros para seguir em frente.

Agradeço ao meu namorado Mateus, por estar ao meu lado em todos os momentos, pelo apoio, incentivo e companheirismo ao longo da minha jornada. Sou também grata por ter sido tão bem acolhida pela sua família, especialmente por Marta e Maria Neide.

Agradeço à professora Soraia, que teve um papel fundamental em minha vida ao me alfabetizar e me ensinar a ler aos seis anos. Nunca esquecerei o primeiro livro que recebi. Desde muito cedo, surgiu em mim o sonho de ser escritora e, até hoje, continuo profundamente apaixonada pela literatura.

Agradeço aos amigos e amigas que tornaram a jornada acadêmica mais leve e significativa: Mariana, Vanessa, Thais, Débora, Glesiane, Isvethana, Rebeca, Luana, Livia, Santiago, Gabriel, Marcos, Joabe e Ritle. Sou imensamente grata por todo o apoio, companheirismo e amizade ao longo desse percurso.

Em especial, agradeço à professora Ivaneide, por ser uma profissional exemplar, que nos oferece oportunidades de crescimento e acredita em nosso potencial mesmo quando nós mesmos não conseguimos enxergar. Agradeço também à professora Sheila pela parceria, pela dedicação e por ser uma excelente professora e conselheira. Sou grata a ambas por todos os ensinamentos adquiridos durante a graduação.



Agradeço à UEMASUL por todas as oportunidades proporcionadas ao longo da minha formação acadêmica. Enquanto universidade pública, foi o espaço onde vivi experiências pessoais e profissionais importantes que marcaram minha trajetória.

Por fim, agradeço à dupla Jorge e Mateus, cujas músicas marcaram diferentes momentos da minha vida. Sou admiradora desde a infância, e cada canção representa uma parte da minha história: “Pelo Amor de Deus, Jorge e Mateus”.

**Muito Obrigada!**



*“Nada do que vivemos tem sentido se não  
tocarmos o coração das pessoas”*  
Cora Coralina





## RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, destacando-se pelo elevado valor nutricional, ciclo vegetativo curto e relevância econômica para a agricultura familiar. Considerando a necessidade de sistemas produtivos mais sustentáveis, o uso de microrganismos benéficos, como fungos do gênero *Trichoderma*, tem sido apontado como alternativa ao uso de defensivos químicos no tratamento de sementes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar a influência de isolados de *Trichoderma rugulosum* e *Trichoderma polysporum* sobre a qualidade sanitária e o desempenho fisiológico de sementes de rúcula. Especificamente, buscou-se: (i) realizar ensaios *in vitro* para avaliar a qualidade sanitária de sementes tratadas e não tratadas com isolados de *Trichoderma*; e (ii) analisar a eficiência desses isolados, aplicados de forma isolada e combinada, no controle de possíveis patógenos associados às sementes e na promoção do desempenho germinativo. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), por meio de testes de fitossanidade, ensaios de germinação *in vitro* e experimento em casa de vegetação. As sementes foram submetidas à microbiolização com os isolados fúngicos, individualmente e em associação, além de um tratamento controle. No teste de fitossanidade, observou-se elevada incidência fúngica (90%); entretanto, todos os fungos identificados pertenciam ao gênero *Trichoderma*, não sendo constatada a presença de fungos fitopatogênicos. Essa ocorrência foi atribuída à contaminação cruzada no ambiente laboratorial e não comprometeu a germinação, que atingiu 95%. No ensaio *in vitro*, o tratamento controle apresentou maior percentual de germinação (83,3%), enquanto as sementes microbiolizadas demonstraram redução significativa na germinação e no vigor das plântulas, com menor desempenho no tratamento combinado (*T. rugulosum* + *T. polysporum*). Em casa de vegetação, verificou-se germinação de 100% das sementes, além de resposta inicial positiva nas plantas tratadas, evidenciada por maior vigor e melhor coloração foliar. Contudo, a elevada incidência de insetos-praga comprometeu a continuidade das avaliações de crescimento. De modo geral, conclui-se que os efeitos de *Trichoderma* spp. sobre a germinação e o desempenho inicial de sementes de rúcula mostraram-se dependentes das condições experimentais. Embora reconhecido como agente de biocontrole e promotor de crescimento vegetal, seu uso na microbiolização de sementes de rúcula requer ajustes metodológicos e novas investigações para otimizar sua aplicação e garantir maior eficiência na cultura.

**Palavras-chaves:** Controle biológico; Qualidade fisiológica; Vigor de sementes.



## ABSTRACT

Arugula (*Eruca sativa* Mill.) is a widely consumed vegetable in Brazil, standing out for its high nutritional value, short vegetative cycle, and economic relevance to family farming. Considering the need for more sustainable production systems, the use of beneficial microorganisms, such as fungi of the genus *Trichoderma*, has been suggested as an alternative to the use of chemical pesticides in seed treatment. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of *Trichoderma rugulosum* and *Trichoderma polysporum* isolates on the sanitary quality and physiological performance of arugula seeds. Specifically, it sought to: (i) perform *in vitro* assays to evaluate the sanitary quality of seeds treated and untreated with *Trichoderma* isolates; and (ii) analyze the efficiency of these isolates, applied individually and in combination, in controlling possible seed-associated pathogens and promoting germination performance. The research was conducted at the Microbiology and Health Laboratory of the State University of the Tocantins Region of Maranhão (UEMASUL), through phytosanitary tests, *in vitro* germination assays, and a greenhouse experiment. The seeds were subjected to microbiolization with fungal isolates, individually and in combination, in addition to a control treatment. In the phytosanitary test, a high fungal incidence (90%) was observed; however, all identified fungi belonged to the genus *Trichoderma*, and no phytopathogenic fungi were found. This occurrence was attributed to crosscontamination in the laboratory environment and did not compromise germination, which reached 95%. In the *in vitro* assay, the control treatment showed the highest germination percentage (83.3%), while the microbiolized seeds showed a significant reduction in germination and seedling vigor, with lower performance in the combined treatment (*T. rugulosum* + *T. polysporum*). In the greenhouse, 100% seed germination was observed, in addition to a positive initial response in the treated plants, evidenced by greater vigor and better leaf coloration. However, the high incidence of insect pests compromised the continuity of growth evaluations. In general, it is concluded that the effects of *Trichoderma* spp. on the germination and initial performance of arugula seeds were dependent on the experimental conditions. Although recognized as a biocontrol agent and plant growth promoter, its use in the microbiolization of arugula seeds requires methodological adjustments and further investigations to optimize its application and ensure greater efficiency in the crop.

**Keywords:** Biological control. Physiological quality. Seed vigor.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Cultivares de rúcula ( <i>Eruca sativa</i> mill.) Utilizadas nos experimentos A, B e C.....	24
<b>Figura 2</b> - Produção da solução fúngica utilizada na inoculação das sementes dos experimentos A, B e C.....	31
<b>Figura 3</b> - Infestação de insetos-praga comprometendo o desenvolvimento da rúcula A, B.....	33
<b>Figura 4</b> - As imagens A, B e C representam a identificação dos fungos no teste de sanidade.....	35
<b>Figura 5</b> - Implantação e condução de experimento em casa de vegetação para avaliação da germinação e do crescimento inicial de plântulas.....	41



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Contagens de esporos do fungo <i>Trichoderma</i> por tratamento para o preparo das soluções fúngicas utilizadas na inoculação de sementes em experimentos conduzidos em casa de vegetação, Imperatriz – MA.....	32
<b>Tabela 2</b> – Análise de incidência fúngica em sementes de rúcula ( <i>Eruca sativa</i> Mill) no teste de fitossanidade.....	35
<b>Tabela 3</b> – Avaliação da média de sementes germinadas e não germinadas aos 7 dias após a implantação do experimento, em função da microbiolização com <i>Trichoderma</i> spp, Imperatriz-MA.....	37
<b>Tabela 4</b> - Análise da mortalidade de plântulas entre 4 e 7 dias após a inoculação com o fungo <i>Trichoderma</i> spp, visando avaliar o efeito do tratamento fúngico sobre o estabelecimento inicial das plantulas.....	39
<b>Tabela 5</b> - Análise de altura e teor de clorofila em plântulas de rúcula ( <i>Eruca sativa</i> Mill) aos 32 dias após o plantio, provenientes de sementes microbiolizadas com <i>Trichoderma</i> spp.....	43



## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-</b> percentual de germinação de sementes submetidas ao teste de fitossanidade e mortalidade das plântulas.....	36
<b>Grafico 2</b> - Análise fisiológica das sementes de rúcula ( <i>Eruca sativa</i> Mill).....	40



## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 Caracterização e classificação do <i>Eruca sativa Mill</i> .....	17
2.2 <i>Vigor</i> das sementes .....	18
2.3 Cultivo e ciclo vegetativo .....	19
2.4 Problema fitossanitário .....	19
2.5 Tombamento de mudas.....	20
2.6 Murcha vascular .....	20
2.7 Queima das Folhas.....	21
2.8 Controle biológico com <i>Trichoderma</i> .....	22
2.9 <i>Trichoderma polysporum</i> .....	22
2.10 <i>Trichoderma Rugulosum</i> .....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1 Geral.....	23
3.2 Específicos.....	23
4. MATERIAIS E METODOS.....	23
4.1 Ensaio em Laboratórios .....	24
4.1.1 Teste fitossanitário das sementes .....	24
fungos <i>T. rugulosum</i> e <i>T. polysporum</i> .....	25
4.2 Produção e aplicação de <i>Trichoderma spp</i> no solo .....	27
4.3 Implantação do experimento em casa de vegetação .....	29
4.4 Avaliação do experimento.....	33



<b>5. RESULTADOS DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Análise do teste de fitossanidade das sementes.....</b>	<b>34</b>
<b>vegetação .....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma hortaliça herbácea de porte compacto, geralmente atingindo entre 15 e 20 cm, cujas folhas verdes e recortadas guardam um sabor picante e aroma marcante que definem sua identidade no mercado. Para além do prazer sensorial, a espécie é reconhecida como uma fonte rica em nutrientes, concentrando minerais vitais, como potássio e ferro, além de um complexo de vitaminas (A e C) e compostos bioativos que reforçam seu papel estratégico na promoção da saúde e na diversificação da dieta contemporânea (Silva *et al.*, 2023).

Considerando a crescente demanda por alimentos, tanto em quantidade, em decorrência do aumento da população global, quanto em qualidade, impulsionada pela adoção de hábitos alimentares mais saudáveis, a rúcula demonstra grande importância comercial devido à sua composição nutricional e às suas características de rápido crescimento vegetativo, ciclo curto e ampla aceitação mundial. Nos últimos anos, o cultivo e o consumo dessa espécie têm apresentado crescimento significativo em comparação com outras hortaliças folhosas, acompanhando tendências de mercado voltadas à alimentação saudável (Sala *et al.*, 2021).

No Brasil, a rúcula destaca-se entre as hortaliças folhosas mais comercializadas, com produção e consumo expressivos nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Esse cenário contribui de forma relevante para a geração de emprego e renda, especialmente no contexto da agricultura familiar, evidenciando o potencial econômico dessa cultura no território nacional (Ferreira *et al.*, 2022).

Nesse contexto, como estratégia para reduzir o uso de agrotóxicos e aprimorar as práticas de cultivo da rúcula, o emprego de fungos do gênero *Trichoderma* surge como um método alternativo e sustentável para o controle de doenças agrícolas. Estudos recentes apontam que espécies desse gênero estão entre os principais agentes de controle biológico utilizados na agricultura moderna, atuando tanto na supressão de fitopatógenos quanto na promoção do crescimento vegetal. Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar o potencial de isolados de *Trichoderma* spp. nativos do Maranhão na promoção do crescimento, na germinação e na resistência de sementes de rúcula (Morandi *et al.*, 2020).

A realização de testes fitossanitários em sementes de rúcula tornou-se uma etapa indispensável para garantir a viabilidade dos sistemas agrícolas modernos. Como as sementes atuam como principais vetores de disseminação de patógenos, a identificação precoce de fungos fitopatogênicos é crucial para evitar falhas na germinação e assegurar o estabelecimento uniforme das plântulas em campo (Sousa, 2022).

Segundo Lopes (*et al.*, 2020), estudos atuais revelam que a integração do *Trichoderma spp.* funciona como um verdadeiro impulso vital para as sementes. Em vez de apenas protegê-las, o fungo estabelece uma parceria metabólica: ao colonizar as raízes, ele estimula a planta a produzir seus próprios hormônios e enzimas de crescimento. Essa sinergia não só acelera o despertar da semente emergente, como também otimiza a absorção de nutrientes, entregando ao produtor plântulas visivelmente mais vigorosas e prontas para enfrentar os desafios do transplante (Rosas, 2025).

A qualidade fisiológica das sementes está diretamente relacionada à sua capacidade de germinar, emergir e originar plântulas vigorosas, mesmo sob condições ambientais adversas. Fatores como vigor, viabilidade e sanidade são determinantes para o sucesso da implantação da cultura. Estudos indicam que o tratamento de sementes com *Trichoderma spp.* pode melhorar parâmetros fisiológicos, como a porcentagem de germinação e o vigor, além de estimular o crescimento inicial das plantas por meio da produção de fitormônios e do aumento da absorção de nutrientes. Assim, a integração entre controle biológico, testes fitossanitários e avaliação da qualidade fisiológica das sementes representa uma estratégia promissora para a obtenção de sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis (Shams *et al.*, 2023).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caracterização e classificação do *Eruca sativa* Mill

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma planta herbácea pertencente à família Brassicaceae, Brassicales, que atinge entre 15 e 20 cm de altura e apresenta folhas verdes, vistosas, espessas, recortadas e alongadas. Seu sabor picante e seu odor característico conferem um forte apelo comercial, sendo muito apreciada na culinária. Além disso, a espécie destaca-se por sua composição

nutricional, sendo rica em potássio, enxofre, ferro, vitaminas A e C, proteínas, carboidratos e outros sais minerais, o que proporciona uma alimentação saudável (BuitragoVillanueva *et al.*, 2023).

Sob a ótica da nutrição, o consumo de rúcula é relevante por seu alto teor de vitaminas A, C e K, além de oferecer minerais essenciais, como potássio, ferro e cálcio. A presença de metabólitos secundários, como flavonoides e glucosinolatos, confere à hortaliça uma importante ação antioxidante (Bell *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021). Sendo a literatura atual, o Mediterrâneo é apontado como a região de origem da planta, cujos registros taxonômicos remontam às descrições botânicas clássicas, com ampla difusão ao longo dos séculos. No território brasileiro, a *Eruca sativa* Mill encontrou excelentes condições de adaptação climática. O ciclo de produção rápido e a forte demanda comercial impulsionaram sua expansão, especialmente no nicho de folhas frescas (Embrapa, 2020).

## 2.2 Vigor das sementes

O vigor das sementes é um fator determinante para o sucesso do cultivo da rúcula (*Eruca sativa* Mill), pois está diretamente relacionado à rapidez e à uniformidade da germinação, bem como à capacidade das plântulas de se estabelecerem em condições ambientais variadas. Sementes com elevado vigor originam plantas mais robustas e com melhor desempenho inicial, o que contribui para um estande mais uniforme e produtivo no campo (Carvalho; Nakagawa, 2012; Silva *et al.*, 2020).

Além disso, estudos recentes demonstram que a avaliação do vigor das sementes de rúcula, por meio de testes fisiológicos, permite identificar lotes de melhor qualidade, capazes de proporcionar maior velocidade de emergência e um desenvolvimento inicial mais eficiente. Essa uniformidade facilita o manejo da cultura e reduz perdas na fase inicial do cultivo, o que impacta positivamente a produtividade final (Ferreira *et al.*, 2021).

O vigor das sementes compreende um conjunto de propriedades que determinam seu potencial fisiológico e se refletem diretamente na germinação, no crescimento e no desenvolvimento adequado das plântulas. Sementes vigorosas favorecem a formação de plântulas

normais, com maior capacidade competitiva sob diferentes condições ambientais, contribuindo para uma boa produtividade e maior rendimento do cultivo (Silva *et al.*, 2020).

### 2.3 Cultivo e ciclo vegetativo

O cultivo da rúcula é caracterizado pela facilidade de manejo e pela boa adaptação a diferentes condições de cultivo, desde que sejam respeitadas exigências básicas como solos férteis, bem drenados e temperaturas amenas. Pesquisas indicam que fatores como temperatura e substrato influenciam diretamente a germinação e o crescimento inicial da cultura, sendo essenciais para o bom desempenho fisiológico das plantas (Santos *et al.*, 2019).

O ciclo vegetativo da rúcula é curto, geralmente de 30 a 45 dias após a emergência, o que permite colheitas rápidas e sucessivas ao longo do ano. Esse crescimento acelerado torna a cultura atrativa para sistemas de produção intensivos, especialmente para pequenos produtores, favorecendo a rotatividade de culturas e o abastecimento contínuo do mercado consumidor (Almeida *et al.*, 2022).

### 2.4 Problema fitossanitário

A rúcula (*Eruca sativa L.*) é uma hortaliça muito consumida e bastante presente na agricultura familiar, porém, seu cultivo exige atenção, pois a planta é sensível a diversos problemas fitossanitários. Doenças causadas por fungos, como o míldio, a mancha-de-alternaria e a podridão das raízes, surgem com mais facilidade em períodos de muita umidade e temperaturas amenas. Esses problemas provocam manchas nas folhas, amarelecimento e enfraquecimento das plantas, reduzindo o crescimento e a qualidade da produção, o que pode gerar prejuízos ao produtor (Filgueira, 2013; Zambolim *et al.*, 2018)

Além das doenças, a rúcula também sofre com o ataque de pragas, como pulgões, lagartas e mosca-mimadora, que danificam diretamente as folhas, a principal parte comercializada da planta. Esses insetos comprometem o aspecto visual da hortaliça e podem facilitar a entrada de patógenos, tornando o controle ainda mais difícil. Por isso, é fundamental que o produtor adote práticas simples e eficientes, como o uso de sementes de boa qualidade, o acompanhamento constante da lavoura e

o manejo integrado de pragas e doenças, garantindo plantas mais saudáveis e uma produção sustentável (Embrapa, 2020).

O desafio fitossanitário da rúcula se amplia com a incidência do oídio *Powdery mildew*, causado por *Erysiphe cruciferarum*. Esse patógeno tem sido frequentemente registrado em espécies da família Brassicaceae no Brasil, o que representa um desafio constante à sanidade da cultura. A formação de uma cobertura esbranquiçada sobre as folhas compromete a fotossíntese e o desenvolvimento da planta, reduzindo o desempenho produtivo (Freitas *et al.*, 2019).

## 2.5 Tombamento de mudas

O tombamento de mudas de rúcula (*Eruca sativa*) é uma das principais dificuldades observadas nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura, caracterizando-se pela necrose da região do colo da planta e pela conseqüente queda das plântulas. Esse problema está diretamente relacionado à ação de fungos habitantes do solo, como *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp. e *Fusarium* spp., que comprometem o sistema radicular e dificultam a absorção de água e de nutrientes, levando à morte precoce das mudas (Silva *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021).

Os ensaios conduzidos em laboratório são essenciais para a compreensão dos mecanismos envolvidos tanto no tombamento de mudas quanto na murcha vascular, pois permitem o isolamento e a identificação dos patógenos, bem como a avaliação das condições ambientais que favorecem o desenvolvimento das doenças. Fatores como elevada umidade do solo, temperaturas inadequadas e baixa qualidade fisiológica das sementes contribuem para o aumento da severidade desses problemas fitossanitários (Reis *et al.*, 2022).

## 2.6 Murcha vascular

A murcha vascular, por sua vez, manifesta-se pela perda gradual da turgescência das folhas, mesmo quando há disponibilidade hídrica no substrato. Em ensaios laboratoriais, esse sintoma está associado principalmente à infecção por *Fusarium oxysporum*, um patógeno vascular que coloniza os vasos do xilema, causando obstrução do fluxo de água e de nutrientes. Como consequência, a planta apresenta murcha progressiva, amarelecimento e redução do crescimento (Reis *et al.*, 2021).

A partir do entendimento desses processos, tornam-se possíveis estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis. Práticas como o uso de substratos bem drenados, a rotação de culturas e a aplicação de agentes de controle biológico, especialmente fungos antagonistas do gênero *Trichoderma*, têm se mostrado eficazes na redução da incidência do tombamento de mudas e da murcha vascular. Essas estratégias contribuem para reduzir o uso de fungicidas químicos e para a produção de mudas de rúcula mais saudáveis (Silva *et al.*, 2021).

## 2.7 Queima das Folhas

As doenças fúngicas são desafios recorrentes. As fitossanitárias são doenças fúngicas que representam uma das principais ameaças à cultura. O míldio, causado pelo oomiceto *Peronospora parasitica* (ou *P. brassicae*), constitui uma doença de grande relevância, responsável por provocar manchas amareladas e necroses foliares, reduzindo significativamente a produtividade e a qualidade comercial do produto (Inviav, 2021).

A queima das folhas de rúcula é um problema frequente no cultivo e pode estar relacionada tanto a fatores bióticos quanto a abióticos. Entre as principais causas estão doenças como a queima bacteriana, provocada por bactérias do gênero *Xanthomonas*, e infecções fúngicas, como a manchade-alternária, que causam lesões escuras e um aspecto foliar “queimado”. Essas manchas tendem a se expandir rapidamente em condições de alta umidade e calor, comprometendo a área foliar e reduzindo a capacidade da planta de realizar a fotossíntese, o que enfraquece o desenvolvimento da cultura (Zambolim *et al.*, 2018; Filgueira, 2013).

Além dos patógenos, a queima das folhas também pode ocorrer devido a estresses ambientais, como excesso de sol, deficiência ou excesso de nutrientes e uso inadequado de defensivos agrícolas. A aplicação inadequada de fertilizantes ou de produtos químicos pode causar fitotoxicidade, resultando em bordas necrosadas e ressecamento das folhas, prejudicando o aspecto visual da rúcula e inviabilizando sua comercialização. Dessa forma, o manejo equilibrado da adubação, a irrigação adequada e o monitoramento contínuo da lavoura são práticas essenciais para prevenir a queima das folhas e garantir uma produção mais saudável e de melhor qualidade (Embrapa, 2020; Taiz *et al.*, 2017).

## 2.8 Controle biológico com *Trichoderma*

Como alternativa, a prática de inoculação de fungos do gênero *Trichoderma* pode ser uma importante estratégia para o desenvolvimento da produção dessas hortaliças de forma mais sustentável, assegurando um menor custo se comparado aos produtos químicos utilizados na agricultura, viabilizando uma produção mais humana, e menos agressiva aos agricultores familiares, que são responsáveis por grande parte do cultivo e acabam se contaminando (Meyer et al., 2024). Ainda é pouco conhecido o comportamento do fungo *Trichoderma* em simbiose com a rúcula, o que torna necessários o seu estudo, a avaliação e a difusão, sobretudo entre agricultores com baixa incorporação tecnológica. Pois, à medida que se proporcionam condições para um teor maior de clorofila e para o crescimento da planta, ela se torna mais resistente a fatores bióticos e abióticos.

## 2.9 *Trichoderma polysporum*

O fungo *Trichoderma polysporum* tem se destacado na agricultura por sua capacidade de proteger as plantas contra patógenos do solo e de estimular seu desenvolvimento de forma natural. Os fungos atuam de maneira multifacetada: competem por espaço e nutrientes, produzem enzimas e metabólitos antifúngicos, que estimulam as defesas naturais das plantas, ajudando a reduzir a incidência de organismos prejudiciais, como *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Pythium*. Essa atuação torna *T. polysporum* um aliado valioso, permitindo que os agricultores minimizem o uso de fungicidas químicos e promovam uma agricultura mais sustentável e saudável, fortalecendo o equilíbrio entre produtividade e preservação ambiental (Machado et al., 2018; Embrapa, 2020).

## 2.10 *Trichoderma rugulosum*

. O fungo *Trichoderma rugulosum* tem se destacado como um importante aliado da agricultura sustentável, atuando no controle biológico de fungos fitopatogênicos que comprometem o desenvolvimento das culturas. Sua ação ocorre por meio de mecanismos naturais, como a competição por nutrientes e espaço, o mico parasitismo e a produção de metabólitos com atividade

antifúngica, que reduzem a presença de patógenos no solo. Além disso, assim como outras espécies do gênero *Trichoderma*, o *T. rugulosum* pode contribuir para o fortalecimento das plantas e para a melhoria do seu desenvolvimento, auxiliando na redução do uso de defensivos químicos. Dessa forma, sua aplicação representa uma alternativa eficiente e ambientalmente responsável para a promoção da saúde das plantas e o aumento da produtividade agrícola (Machado *et al.*, 2012).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Geral

Avaliar a influência de isolados de *Trichoderma* sobre a qualidade sanitária e o desempenho fisiológico de sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill.).

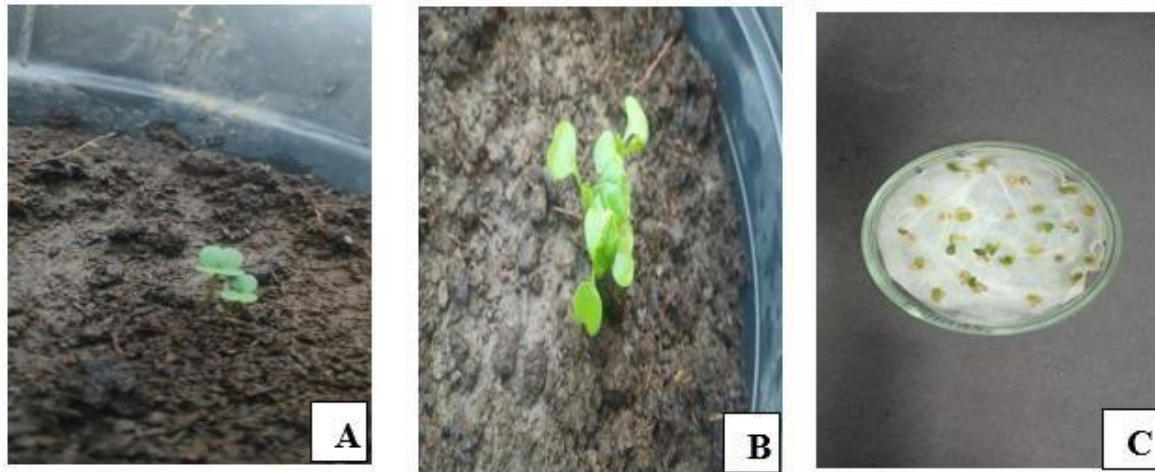
#### 3.2 Específicos

- Realizar ensaios *in vitro* para avaliar a qualidade sanitária de sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) tratadas e não tratadas com isolados do fungo *Trichoderma*.
- Avaliar a eficiência dos isolados de *Trichoderma rugulosum* e *Trichoderma polysporum*, isoladamente e em combinação, no controle de patógenos associados às sementes de rúcula.

### 4. MATERIAIS E METODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, no *campus* Imperatriz–MA. O estudo compreendeu a condução de três experimentos, envolvendo ensaios *in vitro*, avaliação fitossanitária e análise da germinação de sementes, realizados em casa de vegetação. Para a realização dos experimentos, foram utilizadas 400 sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) (Figura 1) e os isolados de fungos *T. polysporum* e *T. rugulosum*. Provenientes da Micoteca Professor Gilson Soares da Universidade Estadual do Maranhão.

**Figura 1.** Cultivares de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) avaliadas nos experimentos A, B e C



\*As imagens ilustrativas(A) Plântulas aos 3 dias após a implantação em casa de vegetação, evidenciando emergência inicial uniforme, protrusão da radícula e início da expansão dos cotilédones. (B) Plântulas aos 8 dias após a sementeira em casa de vegetação, apresentando desenvolvimento vegetativo satisfatório, com cotilédones completamente expandidos e emissão das primeiras folhas verdadeiras, indicando vigor e bom estabelecimento inicial. (C) Teste de germinação *in vitro* conduzido em incubadora do tipo BOD, aos 3 dias de implantação, demonstrando protrusão radicular e uniformidade do processo germinativo sob condições controladas.

**Fonte:** Autora, 2025.

## 4.1 Ensaio em Laboratórios

### 4.1.1 Teste fitossanitário das sementes

O teste fitossanitário foi conduzido com a finalidade de verificar a incidência de fungos associados às sementes. Para assegurar a confiabilidade dos resultados, a avaliação da qualidade sanitária foi realizada por meio do método *blotter test* (Brasil, 2009) amplamente empregado em análises de sanidade de sementes. Foram analisadas 200 sementes de cada variedade, acondicionadas separadamente em recipientes devidamente identificados. Todo o procedimento seguiu protocolos padronizados de assepsia e incubação, possibilitando a detecção e a identificação de fungos transmitidos via semente, conforme descrito em estudos científicos recentes (Batzer *et al.*, 2024).

Durante o preparo, as sementes foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio (água sanitária de uso comercial) a 1% de cloro ativo por 3 minutos. Esta solução é o resultado da diluição

de 1 ml de hipoclorito em 100 ml de água destilada autoclavada. Após o tempo cronometrado, as sementes foram submetidas a três lavagens sucessivas com água destilada, utilizando-se uma peneira para auxílio (Brasil, 2009).

Posteriormente, o plaqueamento foi realizado com o auxílio de pinças em placas de Petri. Estas unidades já estavam esterilizadas e forradas com três camadas de papel-filtro, que permaneceram umedecidas com água destilada autoclavada. Todo o procedimento foi conduzido em uma câmara de fluxo laminar, na qual a distribuição se tornou padronizada: 20 sementes por placa, totalizando 10 placas por variedade. Adicionaram-se 2 mL de água destilada previamente armazenada em vidrarias esterilizadas, e as suspensões foram transferidas para Erlenmeyers contendo 20 sementes por repetição. No total, foram utilizadas 10 placas, totalizando 200 sementes.

Após 7 dias de incubação, sob fotoperíodo de 12 horas e temperatura constante de 26 °C, a análise tornou-se possível. A incidência fúngica foi observada detalhadamente em microscópio estereoscópico, e os fungos foram identificados com base no Manual de Análise Sanitária de Sementes (Brasil, 2009). Vale ressaltar que todo o material utilizado no experimento foi previamente autoclavado, garantindo a esterilidade do ambiente de teste.

#### **4.1.2 Experimento de análise da qualidade fisiológica de sementes microbiolizadas com os fungos *T. rugulosum* e *T. polysporum***

Durante o segundo experimento *in vitro*, adotou-se uma metodologia de microbiolização de sementes por imersão em suspensões de *Trichoderma spp.*, com isolados de *Trichoderma rugulosum* e *Trichoderma polysporum*. O objetivo foi avaliar a incidência de fitopatógenos em sementes de rúcula (*Eruca sativa*). O delineamento experimental consistiu em quatro tratamentos (T1, T2, T3 e T4), com quatro repetições por tratamento.

Os tratamentos foram definidos da seguinte forma:

T1 – Controle, sem microbiolização;

T2 – Microbiolização com *Trichoderma rugulosum*;

T3 – Microbiolização com *Trichoderma polysporum*;

T4 – Microbiolização com a associação de *T. rugulosum* e *T. polysporum*.

Para a implantação do experimento, realizou-se, inicialmente, a multiplicação dos isolados fúngicos. Foram preparadas quatro placas de Petri para cada espécie de fungo, totalizando 4 repetições. Após o preparo, as placas foram incubadas por 7 dias, período necessário para o crescimento adequado dos fungos antes da realização do teste. Para a análise experimental, foram consideradas quatro repetições por tratamento.

Em seguida, procedeu-se ao preparo das suspensões fúngicas. Para isso, selecionaram-se quatro placas de Petri de cada espécie de *Trichoderma* contendo os isolados em pleno crescimento. Em cada placa, adicionaram-se 10 mL de água destilada estéril, e o material fúngico foi cuidadosamente raspado com o auxílio de uma lâmina, garantindo a remoção completa do micélio e dos esporos. O material obtido foi transferido para béqueres devidamente identificados.

Posteriormente, adicionaram-se 2 mL de água destilada previamente armazenada em vidrarias esterilizadas, e as suspensões foram transferidas para Erlenmeyers contendo 20 sementes por repetição. No total, foram utilizadas 12 placas, totalizando 240 sementes. As sementes foram imersas nas suspensões fúngicas e mantidas na mesa agitadora por uma hora, a fim de garantir o contato homogêneo entre o inóculo e a superfície das sementes. Após esse período, as sementes foram retiradas da solução e levemente secas com papel absorvente, dando continuidade à etapa seguinte do experimento.

Para a condução do teste de germinação, foram preparados discos de papel-filtro, colocando-se três discos em cada placa de Petri para auxiliar a germinação das sementes. Após a disposição do papel-filtro, cada placa foi umedecida com 1 mL de água destilada autoclavada e, posteriormente, submetida à radiação ultravioleta por 30 minutos para esterilização. Finalizado esse processo, realizou-se o plaqueamento das sementes nas placas, com o auxílio de uma pinça esterilizada, posicionando-as individualmente até atingir a quantidade estipulada para cada tratamento (Brasil, 2009).

Todos os procedimentos foram realizados em capela de fluxo laminar, assegurando condições assépticas. As amostras foram identificadas como T1, T2, T3 e T4, permitindo a distinção entre placas que apresentaram germinação mais rápida ou mais lenta. Após o plaqueamento das sementes, as placas foram armazenadas em câmara de crescimento do tipo BOD, sendo

monitoradas diariamente. Sempre que necessário, realizou-se a reposição de água destilada para manter a umidade adequada.

Após o plantio, aguardou-se três dias para o surgimento das primeiras plântulas. As placas, devidamente identificadas, foram avaliadas ao longo de 12 dias, período durante o qual se analisou diariamente o número de sementes germinadas e a incidência de contaminação fúngica.

Para avaliar a redução da incidência de fitopatógenos em sementes de Rúcula, adotou-se o método de pareamento, em delineamento inteiramente casualizados: T1, T2, T3 e T4; *Trichoderma rugulosum*, *Trichoderma polysporum* e testemunha (controle). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, a nível de 5 % de probabilidade, utilizando o programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR.

## 4.2 Produção e aplicação de *Trichoderma* spp no solo

### 4.2.1 Implantação do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, utilizando dois isolados de fungos do gênero *Trichoderma*: U1 (*Trichoderma rugulosum*) e Q1 (*Trichoderma polysporum*). A escolha desse delineamento visa reduzir a influência de fatores externos e garantir maior controle experimental, o que possibilita maior confiabilidade estatística dos resultados.

Os tratamentos foram aplicados por meio da microbiolização das sementes de rúcula com suspensão fúngica fresca, associada à aplicação direta do inóculo. Essa estratégia busca favorecer tanto a colonização inicial das sementes quanto a permanência dos fungos benéficos na rizosfera ao longo do ciclo da cultura, permitindo avaliar seus efeitos contínuos sobre o desenvolvimento das plantas.

Foram utilizados quatro tratamentos: T1) testemunha, com sementes imersas apenas em água destilada; T2) microbiolização com *Trichoderma Rugulosum* (isolado U1); T3) microbiolização com *Trichoderma Polysporum* (isolado Q1); e T4) microbiolização com a combinação de *T. Rugulosum* (U1) e *T. Polysporum* (Q1). Essa organização experimental permite

comparar os efeitos individuais e combinados dos isolados fúngicos sobre o desempenho das plantas de rúcula.

#### 4.2.2 Obtenção, purificação e multiplicação dos isolados fúngicos

O preparo do inóculo fúngico foi realizado no Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL. Inicialmente, foram selecionados isolados de *Trichoderma spp.* Previamente armazenados na micoteca da instituição, garantindo a rastreabilidade e a confiabilidade do material biológico utilizado.

Após a seleção, os isolados passaram por um processo de purificação e multiplicação, com o objetivo de obter esporos viáveis em quantidade suficiente para os ensaios. Os fungos foram cultivados em meio de cultura sólido Batata Dextrose Ágar (BDA), um meio amplamente utilizado por oferecer condições nutricionais adequadas ao crescimento micelial e à esporulação.

Para cada espécie, preparou-se quatro placas de Petri, totalizando oito, incubadas por sete dias, sob temperatura controlada de aproximadamente 25 °C. Durante esse período, as placas foram monitoradas diariamente para verificação de possíveis contaminações, assegurando a pureza dos isolados. Ao final da incubação, o crescimento micelial foi avaliado e confeccionadas lâminas microscópicas para observação da morfologia e da viabilidade dos esporos, etapa essencial para garantir a qualidade do inóculo a ser utilizado nos experimentos.

#### 4.2.3 Preparo da suspensão de conídios

O preparo da suspensão de conídios seguiu o protocolo padronizado, conforme a metodologia descrita por Barbosa (*et al.*, 2021). Inicialmente, todos os materiais de vidraria utilizados no processo, como placas de Petri, *béqueres*, *Erlenmeyer*, pipetas e lâminas, foram previamente esterilizados, assegurando condições assépticas durante todo o procedimento.

A raspagem do micélio e dos conídios foi realizada em capela de fluxo laminar, após esterilização dos equipamentos por luz ultravioleta (UV) durante 30 minutos. Para cada placa, utilizou-se uma lâmina estéril, evitando contaminações cruzadas entre os isolados.

Inicialmente, foram adicionados 2 mL de água destilada esterilizada à placa para facilitar a raspagem do material fúngico. Posteriormente, foram adicionados mais 8 mL, totalizando 10 mL de suspensão por placa. O material obtido foi transferido para Erlenmeyer devidamente identificados, com quatro repetições por isolado.

Uma alíquota da suspensão foi utilizada para a contagem de conídios em câmara de Neubauer, sob microscópio óptico. Com base nessa contagem, a suspensão foi ajustada para a concentração final de  $6 \times 10^8$  conídios  $\text{mL}^{-1}$ , por meio da adição de água destilada esterilizada, garantindo padronização do inóculo entre os tratamentos.

#### 4.2. 4 Microbiolização das sementes e aplicação do inóculo

Antes da inoculação, as sementes de rúcula passaram por um processo de higienização superficial, visando à eliminação de microrganismos indesejáveis na superfície. Para isso, as sementes foram imersas em solução sanitizante contendo 1 ML de hipoclorito de sódio diluído em 1 L de água, por curto período, sendo posteriormente lavadas em água corrente.

Após a desinfecção, as sementes foram imersas na suspensão fúngica correspondente a cada tratamento ou apenas em água destilada estéril, no caso da testemunha. A microbiolização foi realizada por 1 hora, sob agitação constante, à temperatura aproximada de 25 °C, o que favorece a adesão dos conídios à superfície das sementes.

Ao término do período de imersão, as sementes foram retiradas da suspensão e acondicionadas sobre papel de filtro, com o objetivo de remover o excesso de umidade, permanecendo em condições adequadas para a semeadura. Posteriormente, os dados obtidos ao longo do experimento foram organizados em tabelas e submetidos à análise estatística por meio do programa SISVAR, realizando-se a análise de variância. Para a comparação das médias, aplicouse o teste de *Tukey* ao nível de 5% de probabilidade, possibilitando uma interpretação mais precisa e confiável dos resultados da pesquisa.

#### 4.3 Implantação do experimento em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar a germinação de sementes e o efeito do controle de fungos por meio da aplicação de *Trichoderma* spp. O plantio foi realizado em vasos plásticos com capacidade de 3 litros, contendo substrato composto por solo e esterco bovino na proporção de 1:2. O substrato foi previamente esterilizado em autoclave a 121 °C por 1 hora, em dois ciclos, com intervalo de 24 horas entre as autoclavagens. Após a esterilização, o solo permaneceu em repouso por 7 dias antes da sementeira.

No fundo de cada vaso, foi adicionada uma camada de brita previamente higienizada para favorecer a drenagem. Em seguida, o substrato esterilizado foi acondicionado nos vasos. A sementeira foi realizada a uma profundidade de 0,5 a 1 cm, utilizando-se cinco sementes por vaso. Após 10 dias da sementeira, realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas uma planta por vaso. Ao todo, foram utilizados 20 vasos, correspondentes a quatro tratamentos, com cinco repetições cada.

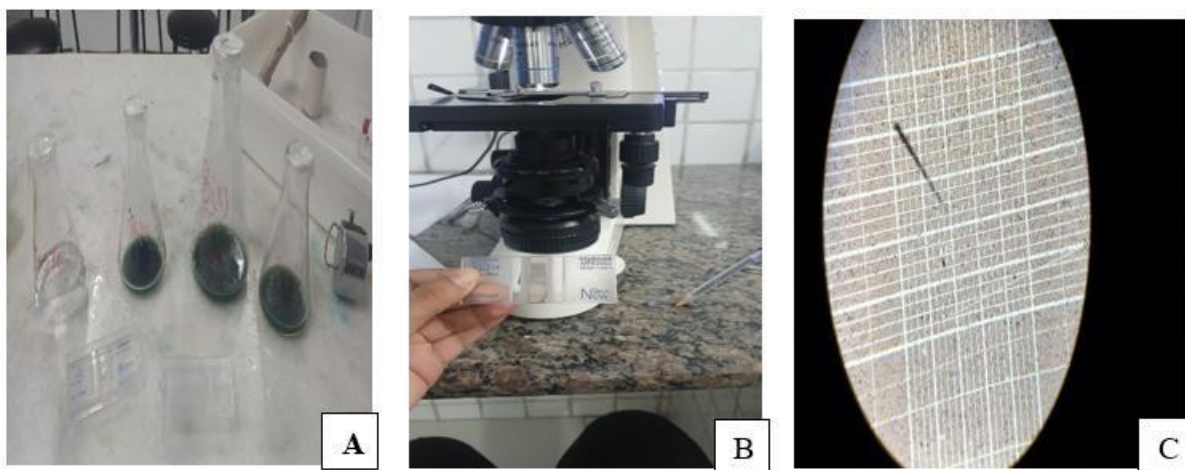
A aplicação do *Trichoderma* spp no solo foi realizada a cada 15 dias. Em cada repetição, foram aplicados 50 mL da suspensão fúngica em cada vaso. Para o preparo da suspensão, utilizaram-se quatro placas contendo colônias de *Trichoderma* spp., das quais todo o meio de cultivo foi cuidadosamente raspado. Posteriormente, adicionaram-se 10 mL de água destilada, e, com o auxílio de uma lâmina, o fungo foi completamente removido da superfície das placas e transferido para um béquer contendo 50 mL, para posterior diluição em água destilada.

A contagem dos esporos (conídios) foi realizada com o auxílio da câmara de Neubauer, instrumento padrão para a quantificação celular, em volume conhecido da suspensão. Esse procedimento foi fundamental para ajustar a concentração da suspensão fúngica, permitindo determinar o volume de água destilada necessário para atingir a concentração desejada de  $6 \times 10^8$  conídios mL<sup>-1</sup>.

Em condições controladas na casa de vegetação, todas as sementes germinaram, indicando que o método de sementeira e a distribuição das sementes nos vasos foram adequados para o desenvolvimento inicial das plântulas. No entanto, a contaminação fúngica persistiu e foi agravada pelo rompimento do teto da casa de vegetação durante episódios de chuva intensa, permitindo a entrada de água e a dispersão de esporos, o que favoreceu a contaminação das mudas (Singh *et al.*, 2019).

Para o controle da contaminação, foram aplicadas soluções de *Trichoderma spp.* Diluídas em água destilada a cada três dias, durante uma semana, com identificação individual de cada vaso para monitoramento. O fungo benéfico atuou como agente de biocontrole, competindo com patógenos como *alternaria brassicae*, oídio e *Fusarium*, os quais foram identificados nas amostras por meio de purificação em placas de Petri. As imagens a seguir mostram o processo de produção da solução fúngica (Figura 2).

**Figura 2** - Produção da solução fúngica utilizada na inoculação das sementes dos experimentos A, B e C.



\*(A) Preparo da suspensão fúngica a partir da raspagem asséptica das colônias desenvolvidas em meio de cultura sólido, com posterior adição de 10 mL de água destilada estéril, visando à obtenção da suspensão de esporos destinada ao processo de microbiolização das sementes. (B) Quantificação da concentração de esporos por meio de câmara de contagem, permitindo a padronização da suspensão fúngica e o ajuste do volume de diluição, a fim de alcançar a concentração ideal para inoculação. (C) Determinação da densidade esporulada em microscópio óptico, assegurando maior precisão na contagem e uniformidade da suspensão utilizada nos tratamentos experimentais.

**Fonte:** Autora, 2025.

Antes da aplicação, foi realizada a contagem de esporos com o auxílio da câmara de Neubauer, procedimento essencial para ajustar a concentração adequada da suspensão fúngica. A partir dessa contagem, foi possível calcular a diluição necessária para a aplicação correta do fungo nas plantas. A Tabela 1 a seguir apresenta os resultados da contagem de esporos.

**Tabela 1** – Contagem de esporos de *Trichoderma* spp. por tratamento para padronização das suspensões fúngicas utilizadas na inoculação de sementes em experimento conduzido em casa de vegetação, Imperatriz – MA 2025.

Tratamento				
<i>T. Rugulosum</i>		<i>T. Polysporum</i>	<i>T. Rugulosum + Polysporum</i>	
A = 583	A = 374	A = 1000 A = 687	A = 990	A = 600
B = 600	B = 670	B = 873 B = 900	B = 910	B = 630
C = 434	C = 944	C = 960 C = 1020	C = 1021	C = 732
D = 461	D = 385	D = 1050 D = 898	D = 1012	D = 800
E = 455	E = 535	E = 1081 E = 800	E = 945	E = 802
1.351,25		2.367,25	2.098,50	

\* As médias apresentadas correspondem aos resultados da contagem de esporos de *Trichoderma rugulosum* e *Trichoderma polysporum*, utilizadas para a preparação e padronização da suspensão fúngica destinada à microbiolização das sementes.

**Fonte:** Autora, 2025.

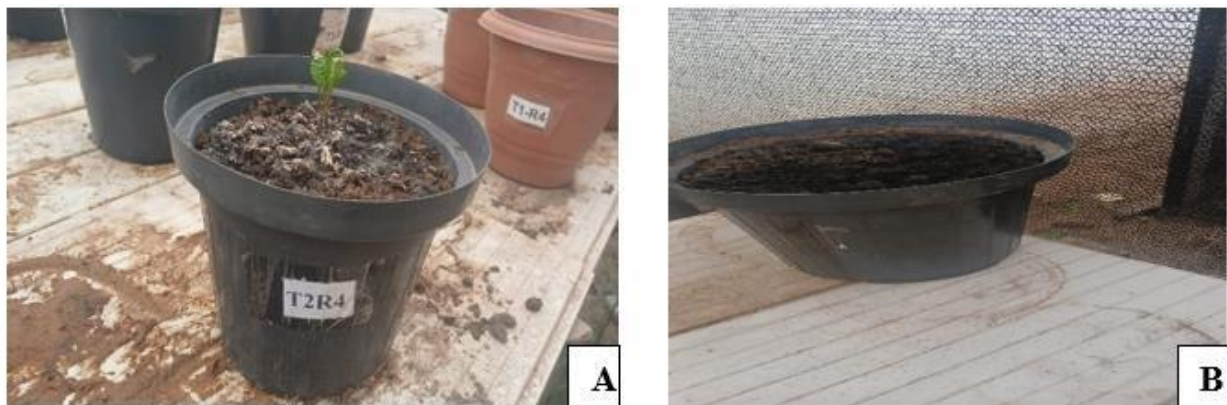
Os efeitos do tratamento foram observados tanto por meio de avaliações visuais quanto por análises laboratoriais. Mudanças que inicialmente apresentavam clorose foliar e crescimento reduzido passaram a exibir melhor coloração das folhas e maior vigor vegetativo após as aplicações de *Trichoderma* spp., evidenciando a eficiência desse fungo tanto no controle de patógenos quanto na promoção do desenvolvimento vegetal, conforme relatado em estudos recentes sobre seu efeito bioestimulante e indutor de resistência em plantas (Poveda *et al.*, 2020; Martins *et al.*, 2023).

Após 32 dias da implantação do experimento, foi registrada elevada incidência de insetos-praga na área de cultivo, comprometendo severamente o desenvolvimento das plantas. Todas as unidades experimentais, correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3 e T4, foram afetadas. As plantas passaram a apresentar murcha progressiva e danos no limbo foliar, caracterizados por lesões com aspecto de queimadura, o que inviabilizou a avaliação do crescimento vegetal e a mensuração do teor de clorofila foliar, uma vez que o comprometimento fisiológico impossibilitou a obtenção de dados confiáveis.

Os insetos observados apresentaram hábito sugador, promovendo intensa remoção da seiva vegetal, o que resultou em enfraquecimento estrutural, redução do vigor e comprometimento fisiológico das plantas. Esse tipo de ataque é recorrente em culturas folhosas, como a rúcula (*Eruca sativa* Mill.), sendo comumente associado a pulgões e moscas-brancas, insetos que causam danos diretos aos tecidos vegetais e intensificam o estresse das plantas, conforme descrito em estudos recentes sobre pragas em hortaliças folhosas (Santos *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022).

Em função da elevada infestação e da ausência de recuperação das plantas, o experimento foi inviabilizado, impossibilitando sua continuidade, uma vez que todas as unidades experimentais foram igualmente comprometidas. As imagens apresentadas na Figura 3 evidenciam a elevada incidência de insetos durante o período experimental.

**Figura 3** – Infestação de insetos-praga comprometendo o desenvolvimento da rúcula.



\*A imagens (A) plântulas de rúcula com redução do desenvolvimento aos 15 dias após o plantio, devido à incidência de insetos-praga, que causaram danos foliares e enfraquecimento das plantas. (B) contaminação fúngica associada ao ataque de insetos, comprometendo o vigor das plântulas. apesar da aplicação de *Trichoderma* spp. como agente de controle biológico, observou-se a morte de algumas plantas poucos dias após a infestação.

**Fonte:** Autora, 2025.

#### 4.4 Avaliação do experimento

A porcentagem de germinação foi determinada por meio da contagem do número de sementes germinadas em relação ao número total de sementes semeadas, utilizando a seguinte

$$\text{fórmula: } \%G = \frac{\text{sementes germinadas}}{\text{sementes semeadas}} \times 100$$

A incidência de doenças foi avaliada semanalmente, a partir da germinação das sementes. As plantas foram examinadas visualmente quanto à presença de sintomas e sinais de fitopatógenos. Em caso de ocorrência de doença, as folhas sintomáticas foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual do Maranhão para isolamento e identificação do patógeno. Também foi registrada a quantidade de plantas doentes, permitindo a avaliação da severidade da doença ao longo do experimento.

## 5. RESULTADOS DISCUSSÕES

### 5.1 Análise do teste de fitossanidade das sementes

A análise fitossanitária realizada em sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) indicou uma elevada incidência de contaminação fúngica. Conforme demonstrado, 90% das amostras apresentaram presença de fungos, enquanto apenas 10% estavam livres de qualquer sinal de contaminação (Tabela 03). Porém, todos os fungos incidentes nas sementes foram identificados como *Trichoderma*,

O *Trichoderma* spp, é um fungo benéfico amplamente utilizado em ensaios experimentais devido ao seu potencial para promover o crescimento vegetal e controlar biologicamente fitopatógenos. A presença desse fungo nas placas foi atribuída à contaminação cruzada, decorrente da proximidade física entre os experimentos conduzidos no laboratório, o que favoreceu a disseminação de esporos e a colonização das placas adjacentes.

Ressalta-se que não foi constatada a presença de fungos patogênicos associados às sementes (Figura 4). As sementes utilizadas no experimento são de origem orgânica sem tratamento prévio com produtos químicos, indicando qualidade nos processos de produção e controle de qualidade.

**Figura 4** – Identificação de fungos no teste de sanidade das sementes de rúcula.



\*Imagens (A) teste de fitossanidade das sementes de rúcula em placas de Petri. (B) ocorrência de contaminação por *Trichoderma* spp. em placas experimentais. (C) visualização das estruturas fúngicas em microscópio óptico durante o processo de identificação.

**Fonte:** Autora, 2025.

Tabela 2 – Análise de incidência fúngica em sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) no teste de fitossanidade.

Situação das sementes	Percentual (%)	Fungos identificados
Sementes contaminadas	90	<i>Trichoderma</i> spp
Sementes não contaminadas	10	Ausência de fungos
<b>Total</b>	100	Germinadas

\*A análise fitossanitária das sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) revelou incidência fúngica de 90%, com identificação de *Trichoderma* spp. como único gênero associado. Apenas 10% das sementes não apresentaram contaminação. Apesar da elevada incidência, observou-se 100% de germinação no lote avaliado, indicando que a presença do fungo não comprometeu a viabilidade das sementes nas condições experimentais.

**Fonte:** Autora, 2025.

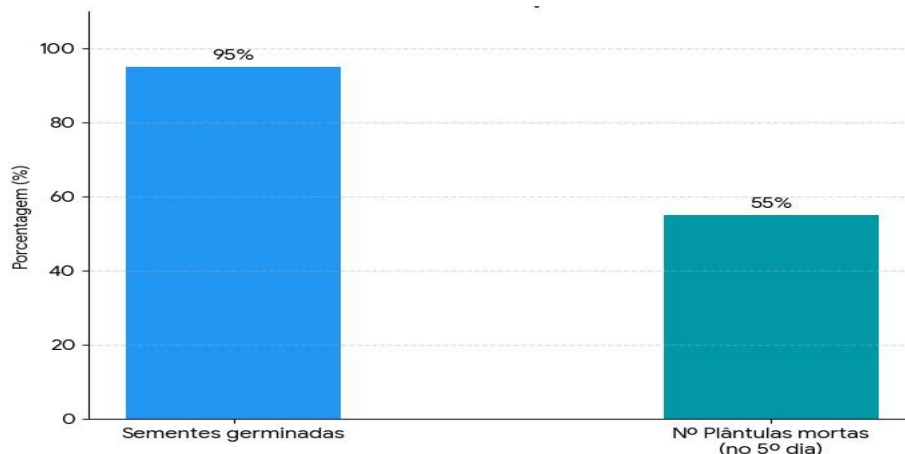
Dessa forma, no Gráfico 1, a contaminação registrada não representou risco fitossanitário às plantas, mas sim um efeito não intencional decorrente da dispersão do fungo utilizado em outros testes realizados simultaneamente. O *Trichoderma* spp. associados às sementes não atuou como patógeno e não comprometeu o processo germinativo, evidenciando seu caráter benéfico e sua segurança quando presente no ambiente experimental.

Os resultados demonstraram uma elevada taxa de germinação, com 95% das sementes germinando nas condições experimentais avaliadas (Gráfico 1). Esse percentual indica bom desempenho germinativo e adequada viabilidade fisiológica das sementes durante a fase inicial do experimento. Em relação à sobrevivência das plântulas, observou-se mortalidade de 55% no quinto dia após a germinação, evidenciando que parte expressiva das plântulas não se manteve viável após a emergência.

Assim, apesar do alto percentual de germinação, a taxa de estabelecimento das plântulas mostrou-se reduzida nos primeiros dias de desenvolvimento. Esses resultados evidenciam uma discrepância entre o desempenho germinativo das sementes e a sobrevivência inicial das plântulas, reforçando a importância de considerar ambas as variáveis na avaliação da qualidade fisiológica das sementes.

Sob essa perspectiva, destaca-se que a presença do *Trichoderma spp.* no ambiente experimental podendo ser considerado um fator positivo para o desenvolvimento vegetal, uma vez que esse fungo é amplamente reconhecido por atuar como agente de controle biológico e promotor de crescimento. Sua ação envolve a competição por espaço e nutrientes, a produção de metabólitos antifúngicos e a indução de mecanismos de defesa nas plantas, além de favorecer a absorção de nutrientes e o vigor inicial das plântulas. Dessa forma, mesmo não sendo o foco central desta etapa do experimento, a presença do *Trichoderma spp.* reforça seu potencial como aliado no manejo sustentável e na melhoria do desempenho fisiológico das plantas.

**Gráfico 1-** Percentual de germinação de sementes submetidas ao teste de fitossanidade e mortalidade das plântulas.



Fonte: Autora, 2025.

## 5.2. Análise da incidência de fitopatógenos em sementes de rúcula microbiolizadas com *T. polysporum* e *T. rugulosum*.

### 5.2.1 Números de sementes germinadas em cada tratamento

A germinação das sementes foi acompanhada por 7 dias nos quatro tratamentos avaliados (T1, T2, T3 e T4). O tratamento controle (T1), no qual as sementes foram mantidas apenas em água destilada autoclavada, apresentou o melhor desempenho germinativo. A germinação teve início no terceiro dia após a implantação do experimento, com elevado número de sementes germinadas e de plântulas com bom vigor. Ao final do período experimental, 83,3% das sementes germinadas, não sendo observada contaminação fúngica significativa (Tabela 02 e 3).

Em contraste, os tratamentos inoculados com fungos do gênero *Trichoderma* (T2, T3 e T4) apresentaram redução na taxa de germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas em comparação ao controle. No tratamento T2 (*Trichoderma rugulosum*), a germinação ocorreu de forma lenta e limitada, com formação de plântulas pequenas e amareladas, além do registro pontual de contaminação por *Aspergillus* em uma das repetições. No tratamento T3 (*Trichoderma polysporum*), também foi observada redução da germinação, porém sem contaminação por outros microrganismos, identificando-se apenas o crescimento do fungo inoculado (Tabela 2 e 3).

O tratamento combinado (T4), composto por *T. rugulosum* + *T. polysporum*, apresentou o menor número de sementes germinadas. As plântulas formadas apresentaram desenvolvimento reduzido e coloração amarelada, indicando possível efeito negativo da associação entre os fungos e a germinação e o crescimento inicial das plantas (Tabela 2 e 3).

**Tabela 3** – Avaliação da média de sementes germinadas aos 7 dias após a implantação do experimento, em função da microbiolização com *Trichoderma* spp, Imperatriz – MA.

Tratamentos	Germinadas	Não Germinadas
T1 Testemunha	20,00 a	0,0001 a

T2 <i>T. Rugulosum</i>	12,33 b	7,67 b
T3 <i>T. Polysporum</i>	15,00 c	5,00 c
T4 <i>T. Rugulosum</i> + <i>T. Polysporum</i>	9,67 d	10,33 d
<b>CV (%)</b>	6,72	16,65
<b>P</b>	0,000	0,000

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre-se para o teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

**Fonte:** Autora, 2025.

De modo geral, os resultados demonstram que o tratamento controle proporcionou as melhores condições para a germinação das sementes, enquanto a inoculação com *Trichoderma*, isoladamente ou em combinação, esteve associada à redução da germinação e do vigor das plântulas nas condições experimentais adotadas.

### 5.2.2 Análise de plântulas mortas durante avaliação do experimento

A mortalidade de plântulas foi avaliada ao longo de 7 dias após a implantação do experimento, considerando os quatro tratamentos (T1, T2, T3 e T4) (Tabela 4). Durante esse período, foi registrado o número de plântulas mortas em cada tratamento, permitindo comparar o comportamento das plântulas ao longo do tempo. No quarto dia de avaliação, observou-se diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste *Tukey*. O tratamento T2 apresentou o maior número de plântulas mortas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Os tratamentos T1, T3 e T4 (Tabela 4) apresentaram menores valores de mortalidade e não diferiram entre si, indicando melhor desempenho inicial nesse período. No sétimo dia após a implantação do experimento, verificou-se um aumento no número de plântulas mortas em todos os tratamentos. Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre eles, o que demonstra comportamento semelhante na mortalidade das plântulas ao final do período avaliado.

**Tabela 4** - Análise da mortalidade de plântulas no período de 4 a 7 dias após a inoculação com *Trichoderma* spp., visando avaliar o efeito do tratamento fúngico sobre o estabelecimento inicial das plantas.

Trat. 4 dia		Trat. 7 dia
T1 Testemunha	1,67 a	16,67 a
T2 <i>T. Rugulosum</i>	11,00 b	20,00 a
T3 <i>T. Polysporum</i>	4,33 a	15,33 a
T4 <i>T. Rugulosum</i> + <i>T. Polysporum</i>	3,33 a	14,00 a
<b>CV (%)</b>	24,09	15,94
<b>P</b>	6,0001	0,1032

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre-se pelo teste de *Tukey* ao nível de probabilidade de 5%.

Fonte: Autora, 2025.

Ao final do período experimental, a ausência de diferenças estatisticamente significativas sugere que os tratamentos apresentaram comportamento semelhante quanto à mortalidade. Os resultados referentes ao número de plântulas mortas entre o quarto e o sétimo dia após a implantação do experimento indicaram diferenças entre os tratamentos apenas no quarto dia de avaliação. Nesse período, o tratamento T2 (*Trichoderma rugulosum*) apresentou o maior número médio de plântulas mortas (11,00), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, enquanto a testemunha (T1) e os tratamentos T3 (*T. polysporum*) e T4 (*T. rugulosum* + *T. polysporum*) apresentaram menores valores de mortalidade, não diferindo entre si. No sétimo dia, observou-se aumento da mortalidade em todos os tratamentos, com médias variando de 14,00 a 20,00 plântulas mortas, porém sem diferença estatisticamente significativa entre eles, indicando que a mortalidade ocorreu de forma generalizada, independentemente do tratamento aplicado.

### 5.2.3 Qualidade fisiológica das sementes de rúcula

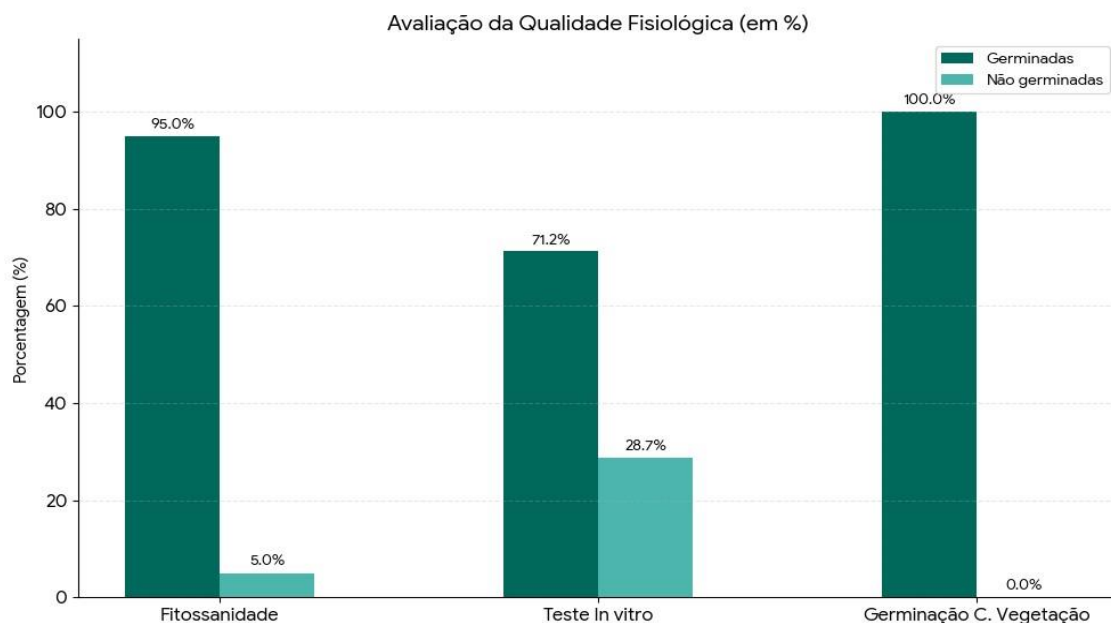
Neste estudo, foram avaliadas 540 sementes de rúcula quanto à capacidade de germinação, submetidas a diferentes tratamentos, incluindo o controle sem inoculação. As sementes não tratadas apresentaram desempenho germinativo satisfatório, com percentuais de germinação compatíveis

com os esperados para a espécie em condições controladas. A literatura indica que microrganismos benéficos podem influenciar o processo de germinação; contudo, esses efeitos variam conforme a espécie vegetal, o microrganismo envolvido e as condições experimentais, o que torna necessária a análise individual de cada situação (Mishra *et al.*, 2021).

A avaliação da qualidade fisiológica evidenciou diferenças expressivas entre os métodos testados. O teste de germinação em casa de vegetação apresentou o melhor desempenho, com 100% das sementes germinadas. O teste de fitossanidade também demonstrou elevada viabilidade, com 95% de germinação e apenas 5% de sementes não germinadas. Em contraste, o teste *in vitro* com as sementes microbiolizadas com *Trichoderma* spp., apresentou o menor índice de eficiência, com 71,2% de sementes germinadas e 28,7% não germinadas (Gráfico 2).

Os resultados obtidos indicam que, nas condições experimentais adotadas, a inoculação com *Trichoderma* exerceu efeito negativo sobre a germinação das sementes de rúcula, uma vez que as sementes microbiolizadas não apresentaram germinação completa. Embora espécies do gênero *Trichoderma* sejam amplamente reconhecidas por seu potencial como promotoras de crescimento vegetal e agentes de biocontrole em diversas culturas, seus efeitos são dependentes do contexto, variando conforme a espécie fúngica, a dose aplicada e as condições ambientais.

**Gráfico 2** - Análise fisiológica das sementes de rúcula (*Eruca Sativa* Mill).



Fonte: Autora, 2025.

## 5.2 Avaliação da germinação de sementes microbiolizadas com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação

Os resultados obtidos neste estudo foram avaliados com base em observações visuais e análises laboratoriais, considerando parâmetros de crescimento e o estado fisiológico das plantas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.). Nas fases iniciais do experimento, foi possível observar que mudas que apresentavam clorose foliar e crescimento reduzido passaram a demonstrar melhora na coloração das folhas e aumento do vigor vegetativo após a aplicação de *Trichoderma* (Figura 5).

Esse comportamento indica uma resposta positiva inicial das plantas ao tratamento, sugerindo que o fungo pode contribuir para a promoção do desenvolvimento vegetal, possivelmente por meio da redução de patógenos e da melhoria das condições fisiológicas das plantas, para a obtenção dos resultados, foram realizadas medições do teor de clorofila foliar e da altura das plantas em todas as unidades experimentais, com avaliações individuais ao longo do período experimental.

**Figura 5** - Implantação e condução de experimento em casa de vegetação para avaliação da germinação e do crescimento inicial de plântulas.



\*Desenvolvimento inicial de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.). (A) Emergência das primeiras plântulas aos 4 dias após o plantio; (B) plântulas aos 7 dias após o plantio, apresentando maior desenvolvimento vegetativo; (C) plântulas aos 12 dias após a implantação do experimento, com folhas mais expandidas e maior vigor.

Fonte: Autora, 2025.

No entanto, as análises puderam ser realizadas apenas até o 32º dia após a implantação do experimento, devido à elevada incidência de insetos-praga na área de cultivo. A infestação ocorreu de forma generalizada, afetando igualmente todos os tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As plantas apresentaram murcha progressiva, redução do vigor e danos severos no limbo foliar, caracterizados por lesões com aspecto de queimadura, o que evidência intenso estresse fisiológico.

Os insetos observados apresentaram hábito sugador, promovendo a remoção contínua da seiva vegetal, o que resultou no comprometimento estrutural e fisiológico das plantas. Esse tipo de ataque é comum em culturas folhosas, como a rúcula, e frequentemente está associado à presença de pulgões e moscas-brancas

Em função da infestação severa e da ausência de recuperação das plantas, o experimento tornou-se inviável para a continuidade, o que impossibilitou a obtenção de dados finais sobre o desenvolvimento vegetal e o teor de clorofila foliar. Apesar dessa limitação, os dados coletados até o 32º dia permitiram avaliar os efeitos iniciais dos tratamentos sobre o crescimento e o estado fisiológico das plantas, sendo considerados válidos nas condições experimentais adotadas.

No ensaio conduzido em casa de vegetação para avaliar o efeito do fungo *Trichoderma* sobre o desenvolvimento das plântulas, observou-se que os tratamentos T1, T2, T3 e T4 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de *Tukey* ao nível de 5 % de probabilidade, tanto na altura das plantas quanto no índice de clorofila, uma vez que todos receberam a mesma letra na comparação de médias. A altura das plântulas variou de 1,68 cm no tratamento T1 a 3,60 cm no tratamento T3, enquanto o índice de clorofila oscilou entre 3,99 e 5,80, com maior valor observado em T4; entretanto, essas variações foram apenas numéricas, conforme confirmado pelos valores de *P* iguais a 0,1921 para altura e 0,3267 para índice de clorofila, ambos superiores a 0,05 (Tabela 5).

Os coeficientes de variação de 51,47% para altura e 32,12% para índice de clorofila indicam elevada variabilidade experimental, especialmente para o crescimento em altura, o que pode ter limitado a detecção de efeitos do *Trichoderma* nas condições avaliadas, sugerindo que, no período analisado, a aplicação do fungo não promoveu incrementos significativos no crescimento nem no teor relativo de clorofila das plântulas em casa de vegetação (Tabela 5).

**Tabela 5** - Análise da altura e do teor de clorofila em plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) aos 32 dias após o plantio, provenientes de sementes microbiolizadas com *Trichoderma* spp.

Tratamento	Altura (cm)	Índice de clorofila
T1	1,68 a	3,99 a
T2	3,38 a	4,49 a
T3	3,60 a	4,99 a
T4	2,64 a	5,80 a
CV	51,47	32,12
P	0,1921	0,3267

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre-se para o teste de *Tukey* ao nível de probabilidade de 5%.

Fonte: Autora, 2025.

## CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que as sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill) apresentaram elevada qualidade fisiológica e fitossanitária, evidenciada pelas altas taxas de germinação observadas nos testes de fitossanidade e em casa de vegetação. O tratamento controle destacou-se por proporcionar melhor desempenho germinativo, maior estabelecimento inicial das plântulas e menor ocorrência de sementes não germinadas e mortalidade. Esses resultados indicam adequada viabilidade das sementes e condições favoráveis ao desenvolvimento inicial das plântulas nas condições experimentais adotadas.

A colonização por *Trichoderma* spp. observadas no teste de fitossanidade, não estiveram associadas à presença de fungos patogênicos, sendo atribuídas à contaminação cruzada ocorrida no ambiente laboratorial. Dessa forma, essa ocorrência não representou risco fitossanitário às sementes avaliadas. Por outro lado, a microbiolização com *Trichoderma rugulosum* e *Trichoderma polysporum*, aplicados isoladamente ou em associação, vinculou-se à redução da germinação e do vigor inicial das plântulas, com efeito mais acentuado no tratamento combinado.

Embora, no ensaio em casa de vegetação, tenham sido observadas respostas visuais positivas, como plântulas com coloração mais verde e aspecto de maior vigor, tais efeitos não se confirmaram estatisticamente para a altura e o índice de clorofila. Esse resultado pode estar associado à elevada variabilidade experimental e às limitações ambientais enfrentadas durante a condução do estudo. Assim, conclui-se que a utilização de *Trichoderma* no tratamento de sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill) deve ser realizada com cautela, sendo necessários ajustes na dose, na forma de aplicação e no manejo ambiental para potencializar seus benefícios como agente de biocontrole sem comprometer a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. S. *et al.* Ciclo vegetativo e desempenho produtivo da rúcula em sistemas intensivos de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 215–223, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília: MAPA, 2009b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.
- EMBRAPA. **Manejo de pragas e doenças em hortaliças folhosas**. Brasília: Embrapa, 2020.
- FERREIRA, R. L. *et al.* Avaliação do vigor de sementes de rúcula por testes fisiológicos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 43, n. 1, p. 1–9, 2021.
- FERREIRA, R. L.; SOUZA, M. A.; LIMA, J. S. Desempenho produtivo de hortaliças folhosas em sistemas de agricultura familiar no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 2, p. 147–154, 2022.
- FREITAS, R. S. *et al.* Oídio em Brassicaceae: ocorrência e manejo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 66, n. 5, p. 377–385, 2019.
- INVIAV. **Doenças fúngicas em hortaliças**. Vitória: Instituto de Defesa Agropecuária, 2021.
- LOPES, M. E. *et al.* *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento em sementes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, p. 1–9, 2020.

MACHADO, D. F. M. *et al.* Mecanismos de ação de *Trichoderma* na agricultura. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 317–332, 2018.

MACHADO, D. F. M. *et al.* *Trichoderma* spp. no controle biológico de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1659–1668, 2012.

MARTINS, S. J.; MELO, I. S.; SILVA, J. L. Seed treatments with microorganisms as a strategy to improve germination and seedling growth. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 1–18, 2023. DOI: 10.3390/plants12030559.

MEYER, L. *et al.* Controle biológico como estratégia sustentável na horticultura. **Agricultural Sustainability**, v. 5, n. 1, p. 45–59, 2024.

MISHRA, J. *et al.* Role of beneficial microorganisms in seed germination. **Microbiological Research**, Amsterdam, v. 242, p. 126–139, 2021.

MORANDI, M. A. B. *et al.* Biocontrole de doenças de plantas no Brasil. **Biocontrol Science and Technology**, Londres, v. 19, n. 6, p. 643–655, 2009.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W.; MAIA, L. C. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil: avanços e perspectivas. **Biocontrol Science and Technology**, London, v. 30, n. 9, p. 889–904, 2020.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination—still a mystery. **Plant Science**, v. 296, p. 110476, 2020. DOI: 10.1016/j.plantsci.2020.

OLIVEIRA, A. P.; SOUZA, J. R.; PEREIRA, M. C. Aphids and whiteflies in leafy vegetables: damage characterization and management challenges. **Crop Protection**, v. 152, p. 105823, 2022. DOI: 10.1016/j.cropro.2021.105823.

OLIVEIRA, E. C. *et al.* Produção e comercialização de hortaliças folhosas no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 57, n. 2, p. 45–56, 2010.

POVEDA, J.; EUGENIO, M.; ABDELRAHMAN, M.; CANTABELLA, D. *Trichoderma* spp. as plant-growth-promoting fungi: mechanisms and applications. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 2, p. 1–20, 2020. DOI: 10.3390/jof6020064.

REIS, A. *et al.* Murcha vascular em hortaliças: diagnóstico e controle. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 201–210, 2021.

REIS, E. M. *et al.* Environmental factors affecting damping-off and vascular wilt diseases in vegetable crops. **Tropical Plant Pathology**, v. 47, n. 2, p. 123–132, 2022.

ROSAS, R. A. Interações benéficas entre *Trichoderma* e sementes. **Journal of Agricultural Microbiology**, v. 12, n. 1, p. 33–48, 2025.

SALA, F. C. *et al.* Mercado e consumo de hortaliças folhosas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 30–36, 2015.

SALA, F. C.; COSTA, C. P.; MELO, P. C. T. Tendências de mercado e consumo de hortaliças folhosas no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 12–19, 2021.

SANTOS, J. P. *et al.* Influência da temperatura na germinação da rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v. 14, n. 3, p. 421–427, 2019.

SANTOS, L. F.; COSTA, E. M.; ALMEIDA, R. S. Insect pests associated with leafy vegetables and their impact on plant physiology. **Journal of Plant Protection Research**, v. 61, n. 4, p. 389–398, 2021. DOI: 10.24425/jppr.2021.139235.

SHAMS, A. H. M. *et al.* Efficacy of seed-biopriming with *Trichoderma spp.* and... **Plants**, v. 12, n. 17, p. 3117, 2023.

SILVA, A. L. *et al.* *Trichoderma* e promoção do crescimento vegetal. **Revista Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 101–112, 2012.

SILVA, C. B. da *et al.* Seed vigor: concepts, evaluation methods and implications on crop establishment. **Journal of Seed Science**, v. 42, e202042028, 2020.

SILVA, R. F. *et al.* Qualidade fisiológica e vigor de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 42, n. 2, p. 1–10, 2020.

SILVA, R. S. *et al.* Occurrence of damping-off in leafy vegetables caused by soilborne fungi. **Journal of Plant Pathology**, v. 102, n. 3, p. 873–881, 2020.

SILVA, T. M. *et al.* Insetos-praga em hortaliças folhosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1021–1030, 2016.

SILVA, V. M. *et al.* *Trichoderma* como agente de controle biológico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 52, n. 4, p. 1–11, 2021.

SILVA, W. J. *et al.* Composição nutricional da rúcula. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 27, n. 3, p. 245–252, 2023.

SOUZA, M. F. de *et al.* Soil borne pathogens associated with seedling damping-off in Brassicaceae crops. **Crop Protection**, v. 146, p. 105658, 2021.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ZAMBOLIM, L. *et al.* **Doenças de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2018.