



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**Sinergismo da aplicação de *Trichoderma* spp. e seu efeito bioestimulante em
em *Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme sob doses de nitrogênio e em
Eruca sativa L.**

RIKELME MATHEUS DOS SANTOS RELVAS

MESTRADO

**Ipameri-GO
2026**

RIKELME MATHEUS DOS SANTOS RELVAS

Sinergismo da aplicação de *Trichoderma* spp. e seu efeito bioestimulante em em *Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme sob doses de nitrogênio e em *Eruca sativa* L.

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Rodrigues

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri - GO
2026

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RR383
S

Relvas, Rikelme Matheus dos Santos
Sinergismo da aplicação de *Trichoderma* spp. e seu
efeito bioestimulante em *Solanum lycopersicum* L.
var. cerasiforme sob doses de nitrogênio e em *Eruca*
sativa L. / Rikelme Matheus dos Santos Relvas;
orientador Fabricio Rodrigues. -- Ipameri, 2026.
55 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2026.

1. Desempenho agrônomo. 2. Eficiência nutricional.
3. Inoculação. 4. Nutrição mineral. 5. Promotores de
crescimento. I. Rodrigues, Fabricio, orient. II.
Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “SINERGISMO DA APLICAÇÃO DE *Trichoderma* spp. E SEU EFEITO BIOESTIMULANTE EM *Solanum lycopersicum* L. E *Eruca sativa* L.”

AUTOR(A): Rikelme Matheus dos Santos Relvas

ORIENTADOR(A): Fabricio Rodrigues



Documento assinado digitalmente

RIKELME MATHEUS DOS SANTOS RELVAS

Data: 24/02/2026 10:51:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof. Dr. Fabricio Rodrigues (Orientador)



Documento assinado digitalmente

FABRICIO RODRIGUES

Data: 23/02/2026 14:01:21-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof. Dr. Talles Eduardo Borges dos Santos



Documento assinado digitalmente

TALLES EDUARDO BORGES DOS SANTOS

Data: 23/02/2026 20:49:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof.^a Dr.^a Katiane Santiago Silva Benett

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO



Documento assinado digitalmente

KATIANE SANTIAGO SILVA BENETT

Data: 23/02/2026 20:29:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Cecília Leão Pereira Resende

Pesquisadora autônoma



Documento assinado digitalmente

CECILIA LEAO PEREIRA RESENDE

Data: 24/02/2026 09:20:37-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Data da realização: 20 de fevereiro de 2026

Registro de Declaração

Número: 305 Livro: R-01 Folhas: 05A Data: 20/02/2026

Assinatura:

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, por me conceder sabedoria, força e perseverança ao longo desta caminhada. À minha família, que sempre acreditou em mim, me motivou diariamente e foi minha maior inspiração.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me iluminar e guiar ao longo de toda a minha trajetória, concedendo sabedoria, bênçãos e força para superar os desafios encontrados.

À Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ipameri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de ingresso e pelo apoio institucional durante o desenvolvimento das atividades acadêmicas e científicas.

Ao meu orientador, professor Dr. Fabricio Rodrigues, pela orientação, paciência, dedicação e amizade ao longo de toda a minha jornada acadêmica, contribuindo de forma significativa para minha formação profissional e científica.

À minha mãe Eliane Goés dos Santos e ao meu pai Rokilme Siqueira Relvas, deixo registrada minha eterna gratidão por todo amor, apoio, incentivo, força, carinho e amparo ao longo da minha vida. Aos meus irmãos Eduarda Karoline dos Santos Relvas, José Pedro dos Santos Relvas e Aline Conceição Relvas Alves, pelo companheirismo, incentivo e apoio constantes durante minha trajetória acadêmica.

A todos os meus familiares, pelo carinho, incentivo e apoio ao longo da minha vida.

Aos meus amigos e amigas Luiz Fernando Gois, Daiele Moraes, Jéssica Karina Mesquita Vieira, Ângelo Fuzzo, Eliabe Ramos, Emilly Alves e Valeska Cristina Souza, agradeço pela amizade, companheirismo, apoio e momentos compartilhados, que tornaram esta caminhada mais leve e significativa.

Ao grupo de pesquisa MelhorVe, pela convivência, aprendizado, experiências compartilhadas e contribuições científicas ao longo do período em que participei das atividades.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e demais docentes que contribuíram com conhecimentos teóricos e práticos essenciais para minha formação acadêmica e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro concedido durante o período do mestrado, fundamental para a realização desta formação acadêmica.

Aos técnicos administrativos, servidores e colaboradores da instituição, cujo trabalho, muitas vezes silencioso, foi indispensável para o andamento das atividades acadêmicas e experimentais.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

SÚMARIO

RESUMO GERAL	vii
GENERAL SUMMARY	viii
INTRODUÇÃO GERAL	9
OBJETIVO GERAL.....	11
CAPÍTULO I: EFEITO BIOPROMOTOR DE <i>Trichoderma</i> spp. EM <i>Solanum lycopersicum</i> var. cerasiforme SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO.....	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO.....	15
OBJETIVO	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
Local do Experimento	18
Delineamento Experimental	18
Variáveis Avaliadas.....	19
Análises Estatísticas	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO II: EFEITO BIOPROMOTOR DE <i>Trichoderma</i> spp. NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE <i>Eruca sativa</i> L.....	32
RESUMO	33
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO.....	35
OBJETIVO	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
Local do Experimento	38
Delineamento Experimental	38

Variáveis Avaliadas.....	38
Análises Estatísticas	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

RESUMO GERAL

Os fungos do gênero *Trichoderma* têm sido amplamente associados à produção de fitormônios e à modulação de fatores que contribuem para o crescimento vegetal, proporcionando maior eficiência no uso de nutrientes, aumentando a disponibilidade e a absorção desses elementos e promovendo um desenvolvimento mais vigoroso. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivos avaliar o desempenho agrônômico do tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) sob diferentes doses de nitrogênio associadas à aplicação de cepas comerciais de *Trichoderma* spp., bem como investigar a influência desses microrganismos e de suas épocas de aplicação no desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa* L.). Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri-GO. Para a cultura do tomate-cereja, adotou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, composto por cinco doses de nitrogênio (0, 5, 10, 15 e 20 g de N por planta) e três manejos biológicos: convencional (sem aplicação), *T. harzianum* (cepa IBLF 006) e *T. asperellum* (cepa URM 5911), avaliando-se a altura da planta, número de flores, número de frutos, massa fresca da planta e dos frutos. Paralelamente, o experimento com rúcula seguiu delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, compreendendo duas épocas de aplicação (na semeadura e 30 dias após) e quatro tratamentos biológicos: convencional (sem aplicação), *T. harzianum* (cepa IBLF 006), *T. asperellum* (cepa URM 5911) e a ambas as cepas (*T. harzianum* + *T. asperellum*). Avaliou-se a altura da planta, comprimento e diâmetro foliar, número e massa fresca de folhas. Os resultados evidenciaram que a inoculação com *Trichoderma* influenciou significativamente e de forma positiva o desempenho de ambas as culturas. No tomate-cereja, constatou-se interação significativa entre os fatores, sendo a combinação da cepa de *T. harzianum* com a dose estimada de 15 g de N/planta a mais eficaz para maximizar o rendimento. Na cultura da rúcula, a época de aplicação não interferiu de modo significativo na maioria das variáveis, contudo, a inoculação com *T. asperellum* promoveu os maiores incrementos agrônômicos. Conclui-se que o uso das cepas avaliadas atua como um eficiente bioestimulante, otimizando o manejo e a eficiência produtiva em hortaliças.

Palavras-Chave: Desempenho agrônômico; Eficiência nutricional; Inoculação; Nutrição mineral; Promotores de crescimento.

GENERAL SUMMARY

Fungi of the genus *Trichoderma* have been widely associated with the production of phytohormones and the modulation of factors that contribute to plant growth, providing greater nutrient use efficiency, increasing the availability and uptake of these elements, and promoting a more vigorous development. In this context, the present research aimed to evaluate the agronomic performance of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) under different nitrogen doses associated with the application of commercial strains of *Trichoderma* spp., as well as to investigate the influence of these microorganisms and their application times on the development of arugula (*Eruca sativa* L.). The trials were conducted in a greenhouse at the State University of Goiás (Universidade Estadual de Goiás), Ipameri Campus, GO, Brazil. For the cherry tomato crop, a randomized block design in a 5 x 3 factorial arrangement was adopted, consisting of five nitrogen doses (0, 5, 10, 15, and 20 g of N per plant) and three biological management practices: conventional (no application), *T. harzianum* (strain IBLF 006), and *T. asperellum* (strain URM 5911), evaluating plant height, number of flowers, number of fruits, plant fresh mass, and fruit fresh mass. In parallel, the arugula experiment followed a randomized block design in a 2 x 4 factorial arrangement, comprising two application times (at sowing and 30 days after) and four biological treatments: conventional (no application), *T. harzianum* (strain IBLF 006), *T. asperellum* (strain URM 5911), and both strains (*T. harzianum* + *T. asperellum*). Plant height, leaf length, leaf diameter, number of leaves, and leaf fresh mass were evaluated. The results showed that inoculation with *Trichoderma* significantly and positively influenced the performance of both crops. In cherry tomato, a significant interaction between the factors was observed, with the combination of the *T. harzianum* strain and the estimated dose of 15 g of N/plant being the most effective in maximizing yield. In the arugula crop, the application time did not significantly interfere with most variables; however, inoculation with *T. asperellum* promoted the greatest agronomic increments. It is concluded that the use of the evaluated strains acts as an efficient biostimulant, optimizing crop management and productive efficiency in vegetables.

Keywords: Agronomic performance; Nutritional efficiency; Inoculation; Mineral nutrition; Growth promoters.

INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, a mudança nos padrões de consumo tem elevado a demanda por alimentos *in natura* e de alto valor biológico, impulsionando o setor olerícola (LIRA et al., 2020; SILVA et al., 2021). Nesse cenário, as hortaliças desempenham papel fundamental na segurança alimentar humana, fornecendo vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes essenciais à regulação metabólica (RIBEIRO e BORGES, 2022; NASCIMENTO, 2020).

Dentre as culturas de maior relevância econômica, o tomateiro consolida-se no agronegócio brasileiro com uma produção estimada de 4,7 milhões de toneladas para 2026 (IBGE, 2026). Simultaneamente, observa-se a expansão das áreas de cultivo do tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), tracionada pela preferência do mercado consumidor (COSTA et al., 2021). Embora apresente menor rendimento produtivo absoluto em comparação aos cultivares tradicionais, sua exploração agrônômica é justificada pelo alto valor agregado e rentabilidade comercial (ARSHAD et al., 2024; GONÇALVES et al., 2018; SILVA et al., 2025; SORDI et al., 2024).

Inserida nessa dinâmica de valorização olerícola, a rúcula (*Eruca sativa* L.) também assume posição de destaque nos sistemas de produção devido às suas propriedades nutricionais e características sensoriais (SOUZA e QUEIROZ, 2025). Com ampla distribuição global, essa brássica é comercializada tanto para consumo direto em saladas quanto para processamento agroindustrial. No Brasil, o manejo produtivo da cultura concentra-se, majoritariamente, no cultivo em campo aberto e na adoção de sistemas hidropônicos (TEIXEIRA et al., 2022).

Para atender à crescente demanda por hortaliças de alta qualidade, a intensificação dos sistemas de cultivo requer estratégias que otimizem a eficiência produtiva (BUENO et al., 2023). Nesse sentido, a aplicação de biopromotores apresenta-se como uma alternativa viável para aumentar a eficiência de uso de nutrientes e mitigar perdas no sistema solo-planta (PEREIRA et al., 2020). Entre os agentes microbiológicos empregados, os fungos do gênero *Trichoderma* destacam-se pela capacidade de modular a fisiologia e atuar como promotores de crescimento vegetal (KHAN e MOHIDDIN, 2018).

Espécies como *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma asperellum* exercem expressivo efeito bioestimulante, promovendo alterações na arquitetura radicular, maior acúmulo de fitomassa e desempenho agrônômico superior (SINGH et al., 2016; STEILMANN et al., 2019). Tais respostas estão diretamente associadas à biossíntese de metabólitos secundários, como auxinas e sideróforos, que favorecem a aquisição de nutrientes e a atividade metabólica da planta hospedeira (COLLA et al., 2015).

Portanto, a adoção de microrganismos como bioinsumos configura-se como uma ferramenta biotecnológica promissora para reduzir a dependência de fertilizantes minerais

sintéticos e promover a sustentabilidade dos agroecossistemas (VENEGAS JAQUE e MESTRE, 2022). Diante disso, a ampliação de pesquisas que elucidem a interação entre *Trichoderma* spp. e as culturas hortícolas torna-se essencial para o desenvolvimento de manejos agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de cepas comerciais de *Trichoderma* spp. associados a diferentes doses de nitrogênio no desempenho agrônômico do tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), bem como analisar a influência no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.), sob diferentes momentos de aplicação desses microrganismos.

CAPÍTULO I: EFEITO BIOPROMOTOR DE *Trichoderma* spp. EM *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

O tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) é uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas mundialmente, entretanto, a sua nutrição mineral é um fator de extrema importância para a produção, e entre todos os nutrientes, o nitrogênio é o que mais limita o crescimento e a produtividade, sendo o segundo nutriente mais requerido pelo tomateiro. O uso de produtos à base de *Trichoderma* spp. apresenta efeito benéfico devido à sua ação bioestimulante, que as tornam únicas para uso na horticultura, aumentando a absorção e uso de nutrientes. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo de tomate cereja sob diferentes doses de nitrogênio, combinado com a aplicação de isolados de *Trichoderma* spp. A pesquisa foi conduzida na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri-GO. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3. Os fatores foram: i) doses de 0, 5, 10, 15 e 20 g de N por planta; ii) T₁ – convencional, T₂ – *Trichoderma harzianum*, T₃ – *Trichoderma asperellum*. As características avaliadas foram altura da planta, número de flores, número de frutos, massa fresca da planta e massa fresca dos frutos. Os resultados demonstraram que houve diferença significativa na interação *Trichoderma* spp. e diferentes doses de nitrogênio, indicando que os fatores influenciaram no desenvolvimento agrônomo das plantas de tomate-cereja. Concluiu-se que a combinação da cepa de *Trichoderma harzianum* (IBLF 006) na dose estimada de 15 g de nitrogênio por planta foi a mais eficaz na promoção do crescimento e desempenho agrônomo das plantas de tomate-cereja.

Palavras-Chave: Tomate-cereja; Biopromotor; Fungo; Ureia.

ABSTRACT

Cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) is one of the most cultivated and consumed vegetable crops worldwide. However, its mineral nutrition is a factor of extreme importance for production, and among all nutrients, nitrogen is the most limiting to growth and yield, being the second most required nutrient by the tomato plant. The use of *Trichoderma* spp.-based products presents a beneficial effect due to their biostimulant action, making them unique for use in horticulture by enhancing nutrient uptake and utilization. Therefore, the present study aimed to evaluate the agronomic performance of cherry tomatoes under different nitrogen doses combined with the application of *Trichoderma* spp. isolates. The research was conducted at the State University of Goiás (Universidade Estadual de Goiás), Ipameri Campus, GO, Brazil. The experimental design was randomized blocks in a 5 x 3 factorial arrangement. The factors were: i) doses of 0, 5, 10, 15, and 20 g of N per plant; ii) T₁ – conventional, T₂ – *Trichoderma harzianum*, and T₃ – *Trichoderma asperellum*. The evaluated traits were plant height, number of flowers, number of fruits, plant fresh mass, and fruit fresh mass. The results demonstrated a significant difference in the interaction between *Trichoderma* spp. and the different nitrogen doses, indicating that these factors influenced the agronomic development of the cherry tomato plants. It is concluded that the combination of the *Trichoderma harzianum* strain (IBLF 006) at the estimated dose of 15 g of nitrogen per plant was the most effective in promoting the growth and agronomic performance of cherry tomato plants.

Keywords: Cherry tomato; Biofertilizer; Isolate; Urea.

INTRODUÇÃO

O consumo de vegetais é essencial para uma dieta saudável, principalmente devido o valor nutricional que podem fornecer, pois são fontes de vitaminas, elementos minerais e fibras (SILVA et al., 2021). Nos últimos anos, a horticultura tornou-se uma opção promissora, para aumentar a produção de plantas, usadas na alimentação, pois, além de trazer benefícios para o desenvolvimento econômico, melhora a nutrição e a segurança alimentar, ajudando a combater a subnutrição, especialmente, em países em desenvolvimento como o Brasil (DIAS, 2021).

Neste contexto temos o tomate, que é uma planta de origem andina, pertencente à família Solanaceae, o qual sua variedade tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), se destaca pelo uso decorativo em pratos e aperitivos, apresentando grande apreço pelos consumidores e alcançando preços mais atrativos no mercado (ROQUE et al., 2022). O tomate-cereja possui excelente valor nutricional, sabor atrativo e versatilidade na culinária, bem aceito pelos consumidores e produtores, se tornando uma alternativa rentável e de fácil manejo, devido sua rusticidade e resistência (SOLDATELI et al., 2020).

O tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) é amplamente consumido no mundo, pois é um alimento funcional, rico em antioxidantes como fenólicos, carotenoides e pigmentos, no qual ganhou espaço na culinária por sua praticidade e, além disso, desempenha um papel importante na prevenção, especialmente contra doenças, sendo muito utilizado *in natura*, em saladas, molhos e aperitivos (COSTA et al., 2021; VIEIRA e QUALHATO, 2024). Possui tamanho pequeno, sabor delicado e suculento, excelente para a alimentação fresca, que geralmente é feita em saladas (LIU et al., 2018).

Por apresentar excelente produtividade e um ciclo relativamente curto, esta cultura ganhou espaço nos mercados nacionais e internacionais, proporcionando incrementos na economia, tendo em vista os constantes aumentos na demanda, tanto do produto de forma *in natura* como industrializado (ARAÚJO et al., 2017), como destaque, é uma das variedades de maior popularidade no mundo (GUILHERME et al., 2014), no qual, Para se alcançar patamares de produtividade maiores e produtos de qualidade, a nutrição das plantas, tem papel crucial.

Entretanto, culturas hortícolas necessitam de macro e micronutrientes durante seu ciclo de desenvolvimento e o manejo inadequado de fertilizantes pode impactar diretamente sobre a qualidade e produtividade da cultura (FERREIRA et al., 2019; REIS et al., 2024). Entre todos os nutrientes, o nitrogênio (N) é o que mais limita o crescimento e a produtividade das lavouras (CHOWDHURY e DAS, 2015).

Na agricultura, a principal fonte de adubação nitrogenada é a ureia, porém, este fertilizante nitrogenado apresenta elevada perda por volatilização, se tornando um dos principais desafios para aumentar a eficiência no seu uso e absorção pelas plantas (GUELF, 2015).

2017). Contudo, a elevada demanda de N, é necessário buscar tecnologias que aumentem a eficiência da adubação nitrogenada (FRAZÃO et al., 2020).

Uma alternativa promissora é a utilização de *Trichoderma*, que são espécies de fungos amplamente distribuídos no solo, com elevada capacidade competitiva e atuação como decompositores e colonizadores da rizosfera, em que seu potencial no controle biológico está associado à produção de enzimas e a mecanismos como competição, parasitismo e antibiose. Além disso, promovem o crescimento vegetal e a produtividade das culturas por meio da solubilização de nutrientes e da produção de metabólitos com ação semelhante a fitormônios (AL-ANI, 2018; ZILLES et al., 2025).

Também possuem influência em vários aspectos do desenvolvimento da cultura, como o crescimento da planta e a morfologia da raiz, o estado nutricional (aumento na absorção de nutrientes, uso eficiente de N e na solubilização de nutrientes) e, também, desencadeiam resistência sistêmica induzida, biocontrole de patógenos e inativação de compostos tóxicos na zona radicular (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2016).

Entretanto, como existem poucos relatos do efeito bioestimulante ou mesmo promotor do *Trichoderma* spp., no crescimento de hortaliças, principalmente quando relacionado a doses de nutrientes (REIS et al., 2024), assim permanece a necessidade de se estudar os efeitos dessas combinações e seus possíveis efeitos benéficos para as plantas nas mais diversas culturas.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico de tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) sob diferentes doses de nitrogênio, combinado com a aplicação de cepas comerciais de *Trichoderma* spp.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do Experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Goiás - UEG, Unidade Universitária de Ipameri (17°43'04"S 48°08'43"W Alt. 789 m), em casa de vegetação, com dimensões 30 x 7 x 3,5 m, construída em estrutura metálica, coberta com polietileno difusor de luz (150 micra) e com laterais em sombrite 25%.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW - Tropical com estação seca no inverno e verão úmido, apresentando temperaturas médias de 18°C (inverno), 30°C (verão) e média anual de 20°C (ALVARES et al., 2013).

Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 5 (isolados de *Trichoderma* e doses de N), com quatro repetições. Os tratamentos relacionados a aplicação de *Trichoderma* spp. foram: T₁ – convencional, sem aplicação de isolado, T₂ – *Trichoderma harzianum* IBLF006 - Ecotrich® (1,0 x 10¹⁰ UFC/g), T₃ – *Trichoderma asperellum* URM 5911 - Quality WG® (2,0 x 10⁹ UFC/mL). Para os tratamentos em relação as doses de nitrogênio, foi utilizado a ureia na semeadura e de forma incorporada no solo, utilizando as seguintes dosagens: 0, 5 10, 15 e 20 gramas por planta (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de N). Buscando a nutrição mineral adequada em todos os tratamentos, foi utilizado 300 Kg ha⁻¹ de superfosfato simples (54 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ – 24 gramas por planta) e 100 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60 Kg ha⁻¹ de K₂O – 12 gramas por planta), baseado em resultados obtidos por Castro et al. (2016) e Costa et al. (2019).

As unidades amostrais para cada tratamento foram compostas por vasos de oito litros, preenchidos com solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, conforme descrito por Santos et al. (2018), previamente peneirado e misturado com 28 g de calcário por vaso, conforme a análise de solo, sendo reservado por um período de 40 dias. As irrigações ocorreram diariamente até o solo atingir 80% da capacidade de retenção de água.

Foram semeadas por vaso, oito sementes de tomate-cereja (Isla Sementes®) e posteriormente foi realizado o desbaste (15 dias após a semeadura), deixando apenas uma planta por vaso. As aplicações de *Trichoderma* spp. ocorreram no solo (em semeadura), com o uso de pulverizador manual.

As plantas de tomate-cereja foram conduzidas em haste única, mediante a realização de desbrotas manuais periódicas, para a eliminação das gemas axilares (brotos laterais). Esse procedimento visou otimizar o direcionamento de fotoassimilados para a haste principal e inflorescências, além de favorecer o arejamento do dossel vegetativo e a incidência de radiação

solar sobre os frutos. Também foi adotado o sistema de tutoramento para condução da haste principal, evitando tombamento e sombreamento em outras plantas.

Variáveis Avaliadas

No período de 90 dias após a semeadura, foi realizado a avaliação das seguintes variáveis agronômicas: altura da planta (ALT) - medida do solo ao ápice da planta, em centímetros, com uma régua graduada; número de flores (NFLOR) – obtido através da contagem de flores que cada planta de tomate possui, sendo expressa em unidades planta⁻¹; número de frutos (NFRU) – obtido através da contagem de frutos que cada planta de tomate possui, sendo expressa em unidades planta⁻¹; massa fresca da planta (MFP) – obtida através da pesagem de toda a planta (raiz, caule, folhas e frutos), sendo expressa em g planta⁻¹; massa fresca dos frutos (MFF) – obtido através da pesagem dos frutos após serem colhidos, sendo expressa em g planta⁻¹.

Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância. Posteriormente, após atender os pressupostos metodológicos foi realizada a análise de variância e análise de regressão, com auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As interações entre *Trichoderma* spp. (T) e as diferentes doses de nitrogênio (D) foram significativas ($p < 0,01$) para todas as variáveis analisadas, indicando que os tratamentos influenciaram no desenvolvimento das plantas de tomate-cereja (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância (ANOVA) para altura de planta (ALT), número de flores (NFLOR), número de frutos (NFRU), massa fresca dos frutos (MFF) e massa fresca da planta (MFP) no desenvolvimento da cultura do tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L.) em função de diferentes doses de nitrogênio e cepas de *Trichoderma* spp.

F.V.	GL	ALT	NFLOR	NFRU	MFF	MFP
<i>Trichoderma</i> (T)	2	174,20**	24,82**	8,45**	8,21 ^{ns}	222,62*
Dose (D)	4	181,94**	71,39**	2,73**	168,50**	868,23**
T x D	8	349,49**	33,57**	2,47**	202,42**	401,98**
Bloco	3	77,49**	0,35**	0,25**	21,48**	186,10**
Erro	42	25,58**	4,09**	0,21**	7,51**	44,47**
CV (%)		6,22	19,29	14,03	19,22	15,84

** - altamente significativo; * - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; CV (%) – coeficiente de variação.

De modo geral, o tratamento com *Trichoderma harzianum* apresentou melhor desempenho agrônômico, proporcionado as maiores respostas em função das doses de nitrogênio. Para a altura de plantas, a dose ótima estimada foi de 18,8 g planta⁻¹ de N, resultando em valor máximo de aproximadamente 93,3 cm, correspondendo a incrementos de 2,7% e 29,3% em comparação ao tratamento convencional e *Trichoderma asperellum* (90,87 cm e 72,14 cm, respectivamente) (Figura 1A).

Para o número de flores, o máximo foi obtido na dose estimada de 17,0 g planta⁻¹ de N, com média de 14,90 flores por planta com uso de *T. harzianum*, entretanto, o tratamento convencional e *T. asperellum* apresentaram 12,32 e 11,75 flores, respectivamente, na mesma dose. *T. harzianum* demonstrou ganhos de 21,0% e 26,8% em relação aos demais tratamentos (Figura 1B).

Seguindo a mesma tendência, o maior número de frutos (5,04 frutos planta⁻¹) foi obtido na dose estimada de 11,8 g planta⁻¹ de N nas plantas de tomate submetidas ao tratamento com *T. harzianum*, enquanto o manejo convencional e aplicação de *T. asperellum* apresentaram 3,70 e 3,42 frutos, respectivamente, o que representa redução de 26,6% e 32,1% em produtividade (Figura 1C).

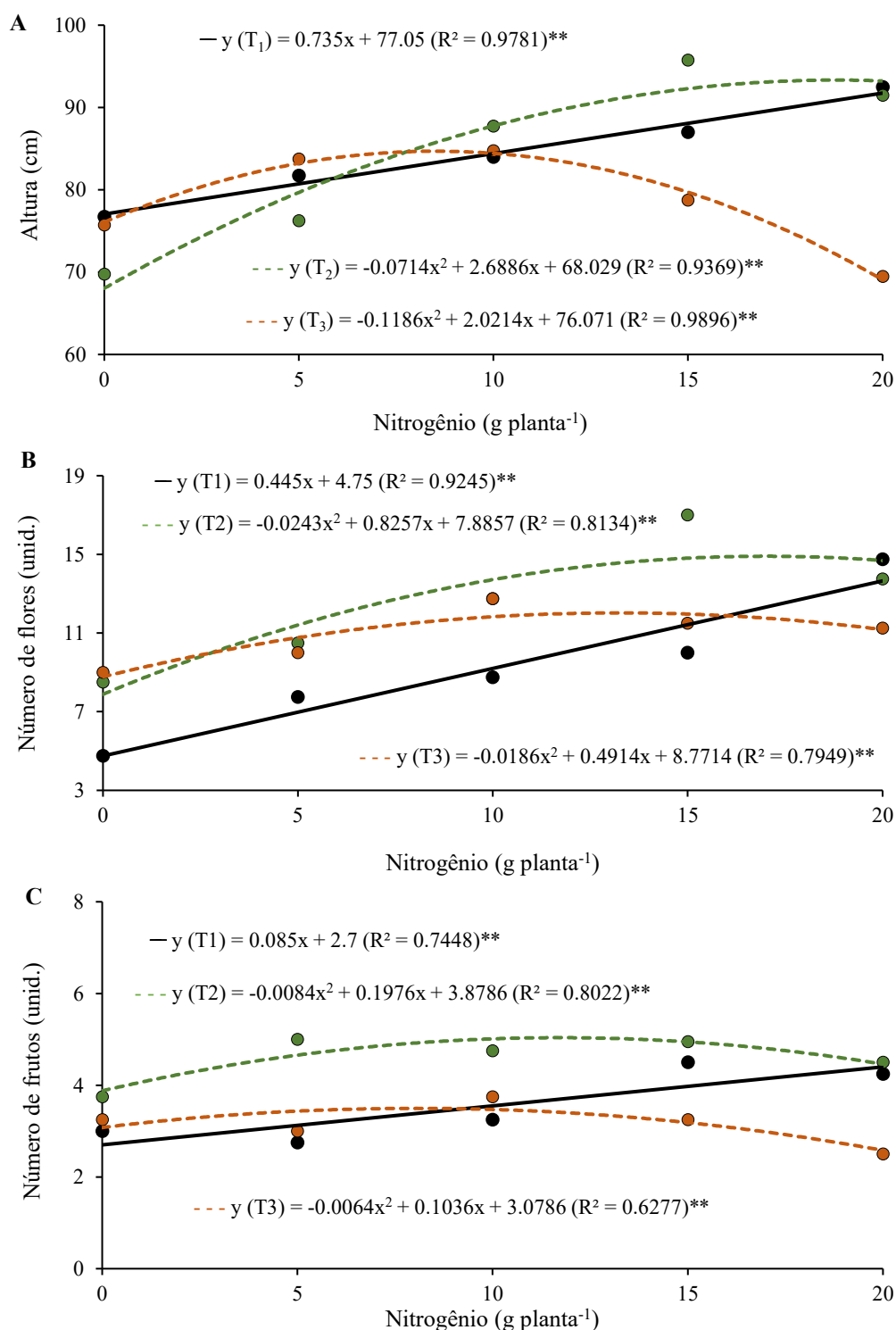


Figura 1. Altura de plantas, número de flores e número de frutos, em função de diferentes doses de nitrogênio, com a aplicação de isolados de *Trichoderma* spp. (T₁ – convencional, sem aplicação de *Trichoderma* spp.; T₂ – *T. harzianum*; T₃ – *T. asperellum*), em plantas de tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme).

Esses resultados evidenciam que a aplicação de *Trichoderma harzianum* apresentou maior eficiência no aproveitamento do nitrogênio, promovendo ganhos consistentes no crescimento vegetativo e reprodutivo, com destaque para doses intermediárias a elevadas de N, em que foram mais adequadas para maximizar o desempenho agrônomo da cultura.

Resultados divergentes foram encontrados por Khan et al. (2017), em que avaliaram o efeito do biofertilizante BioF/composto, contendo isolado de *Trichoderma harzianum*, na cultura do tomate (cv. BARI tomate 15). Os autores constataram que as plantas tratadas com *T. harzianum*, associado a 25% da dose recomendada de nitrogênio (33 Kg ha⁻¹ de N), apresentaram altura 11,36% maior em relação ao tratamento controle, que não recebeu aplicação de nitrogênio e nem de BioF/composto. Venegas-Vera e Pincay-Menéndez (2024) avaliaram a inoculação do bioestimulante Tricoterra, composto por *Trichoderma asperellum* e *Trichoderma harzianum* e observaram incrementos de 81 e 74,5% em bandeja 55,7 e 52% em solo, respectivamente, em comparação ao controle na cultivar Floradade.

Sani et al. (2020) identificaram eficácia no uso de *Trichoderma harzianum* - T22, na produtividade do tomateiro, em que o uso de *Trichoderma* + 50% das doses de NPK proporcionou ganhos significativos no número de cachos com flores, número de frutos, peso individual de fruto e até mesmo no rendimento por planta, que foram maiores que a adubação com 50% NPK, sem a aplicação do fungo.

Para a variável massa fresca dos frutos, o tratamento com *T. harzianum* apresentou os maiores valores na dose de 20 g planta⁻¹ de N, com peso médio de 24,70 g planta⁻¹, enquanto o tratamento convencional e o tratamento com aplicação de *T. asperellum* apresentaram valores 25,00 e 18,34 g planta⁻¹ para massa fresca dos frutos, respectivamente. O uso de *T. harzianum* gerou incremento de 34,7% em relação ao *T. asperellum*, entretanto, apresentou desempenho semelhante ao tratamento convencional (Figura 2A).

Na massa fresca da planta, o maior valor também foi observado nas plantas submetidas ao *T. harzianum*, ao qual apresentaram valor médio de 61,88 g planta⁻¹ na dose de 20 g planta⁻¹ de N, enquanto os demais tratamentos convencional e *T. asperellum* apresentaram valores médios de 55,61 e 39,07 g planta⁻¹, respectivamente. Os resultados demonstram que a aplicação de *T. harzianum* proporcionou incrementos de 11,3% em relação ao tratamento convencional e de 58,4% em relação ao *T. asperellum*, demonstrando maior eficiência no acúmulo de biomassa total sob maiores níveis de nitrogênio (Figura 2B).

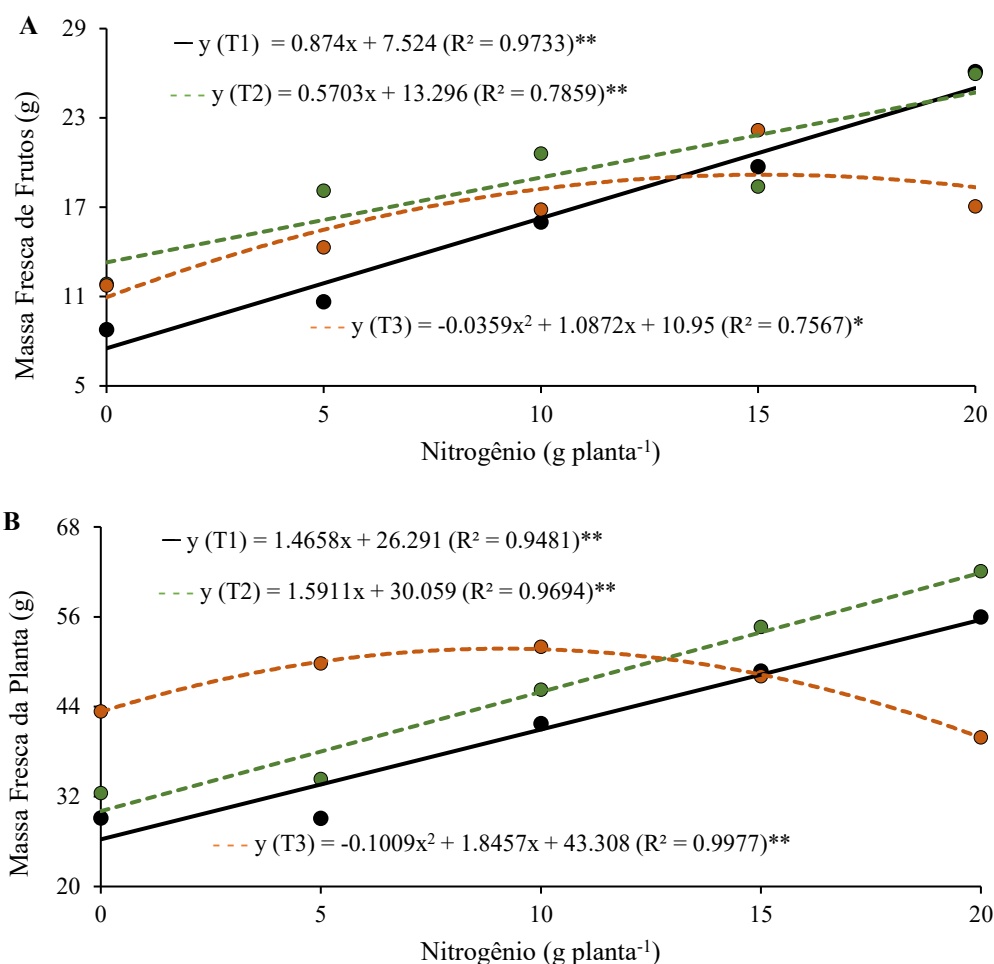


Figura 2. Massa fresca dos frutos (g) e massa fresca da planta (g) em função de diferentes doses de nitrogênio, com a aplicação de cepas de *Trichoderma* spp. (T₁ – convencional, sem aplicação de *Trichoderma* spp.; T₂ – *T. harzianum*; T₃ – *T. asperellum*) em plantas de tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).

Corsini et al. (2021) obtiveram resultados divergentes, pois, ao avaliarem a produtividade e a qualidade do tomate-cereja inoculado com *T. asperellum* (GEBio R), notaram que o fungo proporcionou melhor desempenho e feito crescente no peso total dos frutos, ao longo do tempo, o qual foi 30,5% superiores em comparação as plantas de tomate-cereja sem aplicação do fungo.

Já a pesquisa realizada por Uddin et al. (2015), ao estudarem os efeitos de diferentes concentrações de *Trichoderma* spp., aplicadas 15 dias antes do transplante de mudas de tomate (cv. BARI-4), constataram que o peso individual dos frutos das plantas tratadas com a menor concentração de *Trichoderma* spp. (100 g m²) foram 38,6% superiores em comparação ao tratamento controle, que não recebeu a aplicação do microrganismo, apresentando incremento em número de flores (158%), número de frutos (125%), comprimento (13%), diâmetro (19%) e, claro, como consequência aumento na produtividade (114%).

Entretanto, resultados semelhantes foram obtidos por Fiorini et al. (2015) na massa fresca das plantas. Que ao investigarem os mecanismos envolvidos na inoculação de *Trichoderma harzianum* T676 no sistema radicular de mudas do tomateiro anão (*Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom), constataram que peso fresco total das plantas foi 42,8% superior, o que evidencia o efeito positivo do isolado em comparação às plantas não expostas ao microrganismo.

A produtividade do tomate-cereja pode ser influenciada pela fonte e dose do fertilizante utilizado, bem como pela presença de microrganismos promotores de crescimento, pois, melhora a absorção de nutrientes e água, além de favorecer uma liberação mais gradual, contínua e eficiente, aumentando o aproveitamento dos fertilizantes pelas plantas e contribuindo para uma maior produtividade (OLIVEIRA et al. 2024).

O nitrogênio é um nutriente essencial e está entre os principais elementos necessários para o crescimento das plantas. Mehetre e Mukherjee (2015) mencionam que a aplicação de *Trichoderma* spp. pode aumentar significativamente a eficiência do uso de nitrogênio, reduzindo a necessidade de aplicação de 30 até 50%, contribuindo para um manejo mais sustentável desse nutriente.

A colonização da região rizosférica por espécies de *Trichoderma* promove alterações fisiológicas que aumentam a aquisição e a eficiência de uso do nitrogênio pelas plantas. Esse efeito está associado à ativação de vias de sinalização envolvendo nitrato e óxido nítrico (NO), que regulam o crescimento vegetal, além da indução da expressão de transportadores de nitrato de alta afinidade, elevando a absorção desse nutriente. Adicionalmente, há interação com outras moléculas de sinalização como Ca^{2+} e fitormônios, que estimulam o desenvolvimento do sistema radicular, ampliam a exploração do solo e como resultado, ocorre maior assimilação de nitrogênio em compostos orgânicos, refletindo em melhor desempenho das plantas (SINGH et al., 2019).

Portanto, a maior eficiência no aproveitamento do nitrogênio observada pode estar associada à ação de *Trichoderma harzianum* sobre o metabolismo do N nas plantas. Estudos demonstram que esse fungo é capaz de aumentar a disponibilidade de formas assimiláveis de nitrogênio e estimular a atividade de enzimas-chave envolvidas na assimilação, como nitrato redutase e glutamina sintetase, favorecendo a incorporação de N em compostos orgânicos (DOMINGUEZ et al., 2016). Esse processo é mediado por vias de sinalização envolvendo nitrato e óxido nítrico (NO), que atuam como reguladores do desenvolvimento vegetal e interagem com fitormônios, promovendo maior expansão radicular e capacidade de absorção de nutrientes (BROTMAN et al., 2013).

Além disso, a maior eficiência observada em doses intermediárias a elevadas de nitrogênio indica uma interação positiva entre o fornecimento do nutriente e a atividade do fungo. Isso ocorre porque o *Trichoderma* também responde à disponibilidade de N no solo, modulando seu metabolismo e a produção de metabólitos bioativos, o que potencializa sua capacidade de promover crescimento vegetal (VITALE et al., 2025). Nesse contexto, a associação entre *Trichoderma* spp. e doses adequadas de nitrogênio pode resultar em maior acúmulo de biomassa, florescimento e frutificação, como observado neste estudo.

Outro aspecto relevante é que a presença de *Trichoderma* pode contribuir para a redução indireta das perdas de nitrogênio no sistema solo-planta. A rápida colonização da rizosfera favorece a absorção antecipada do nutriente pelas plantas, além de promover sua imobilização temporária na biomassa microbiana, reduzindo a fração sujeita a perdas por volatilização, que é associado ao papel dos microrganismos da rizosfera na ciclagem e na regulação da disponibilidade de nitrogênio no solo (MOREAU et al., 2019). Dessa forma, mesmo em condições de maior disponibilidade de N, o sistema torna-se mais eficiente, refletindo em ganhos consistentes no crescimento vegetativo e reprodutivo.

É oportuno ressaltar que o nitrogênio contribui diretamente para o crescimento e desenvolvimento do tomateiro, no qual, é o segundo nutriente mais requerido, pois é essencial para a formação do protoplasma e das proteínas, que desempenham um papel essencial na divisão celular e na atividade meristemáticas iniciais, além de estimular a formação de flores e frutos. Sua limitação afeta a formação de área foliar e a produção de frutos, enquanto o aumento da adubação nitrogenada eleva a produtividade e a massa dos frutos, porém, a deficiência reduz o rendimento e o excesso gera custos desnecessários, exigindo um manejo equilibrado desse nutriente (MUELLER et al., 2017; SHEWANGIZAW et al., 2024).

Portanto, a aplicação de *Trichoderma* spp. pode reduzir a necessidade de fertilizantes convencionais, contribuindo significativamente para a diminuição dos custos de cultivo do tomate-cereja e para a mitigação dos impactos ambientais associados ao uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, promovendo um sistema de produção mais sustentável (MOLLA et al., 2012; KHAN et al., 2017). Além da maior eficiência no uso de nutrientes, pesquisas confirmam que cepas de *Trichoderma* spp. possuem a capacidade de excretar ácido indolacético (AIA), fitormônio essencial na formação de raízes mais longas e com maior quantidade de pêlos radiculares, contribuindo diretamente para a maior absorção de nutrientes e água (BADER et al., 2020; GUPTA, 2021).

Assim, os resultados obtidos evidenciam que o uso de *Trichoderma* spp., especialmente no tratamento com *Trichoderma harzianum*, associado a doses adequadas de nitrogênio, constitui uma estratégia promissora para otimizar a eficiência nutricional e maximizar o

desempenho agronômico das plantas de tomate-cereja, reforçando seu potencial como biopromotor em sistemas de produção mais sustentáveis.

CONCLUSÃO

A combinação da cepa de *Trichoderma harzianum* IBLF006, na dose estimada de 15 gramas de nitrogênio por planta foi a mais eficaz na promoção do crescimento e no rendimento das plantas de tomate-cereja, apresentando desempenhos satisfatórios nas variáveis avaliadas, refletindo em maior eficiência no uso do nitrogênio e no desenvolvimento agronômico das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-ANI, L.K.T. *Trichoderma*: beneficial role in sustainable agriculture by plant disease management. In: EGAMBERDIEVA, D.; AHMAD, P. (eds) **Plant microbiome: stress response**, v. 5, p. 105-126, 2018.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.D.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, T. S.; ALMEIDA, A. S.; ARAÚJO, F. S.; FERREIRA, A. H. C.; PINTO, T.P. Produção e qualidade de tomates cereja fertirrigados com água residuária da piscicultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 392-396, 2017.
- BADER, A.N.; SALERNO, G.L.; COVACEVICH, F.; CONSOLO, V.F. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of King Saud University-Science**, v. 32, n. 1, p. 867-873, 2020.
- BROTMAN, Y.; LANDAU, U.; CUADROS-INOSTROZA, Á.; TAKAYUKI, T.; FERNIE, A. R.; CZECHOWSKI, T.; VITERBO, A.; WILLMITZER, L. *Trichoderma*-plant root colonization: escaping early plant defense responses and activation of the antioxidant machinery for saline stress tolerance. **PLoS Pathogens**, v. 9, n. 4, p. e1003221, 2013.
- CASTRO, B. F.; SANTOS, L. G.; BRITO, C. F.; FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V. Produção de rabanete em função da adubação potássica e com diferentes fontes de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 341-348, 2016.
- CHOWDHURY, A.; DAS, A. Nitrate accumulation and vegetable quality. **International journal of science and research**, v. 4, n. 12, p. 1668-1672, 2015.
- CONTRERAS-CORNEJO, H.A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; DEL-VAL, E.K.; LARSEN, J. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. **FEMS microbiology ecology**, v. 92, n. 4, p. fiw036, 2016. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw036>
- CORSINI, I.; LABIGALINE, I.; GOMES, T.; FREIRE, M.T.; VERRUMA-BERNARDI, M.; ROSSI, F. Tomate cereja em sistema orgânico inoculado com *Trichoderma asperellum* e consorciado com hortaliças da família fabaceae. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 2, 2021.
- COSTA, F. R. B.; AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G.; GOMES, K. R.; VIANA, T. D. A.; CEITA, E. D. R. Productivity of radish under different depths of irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3467-3476, 2019.
- COSTA, G. L. V. D.; ARAÚJO, A. D. S.; RODRIGUES, M. D. S. A.; MEDEIROS, W. P.; FREITAS, F. B. F. D. Estudo da aplicação de métodos combinados em revestimentos comestíveis a base de soro de leite e extrato de própolis vermelha na conservação de tomate cereja. **Editora & Eventos Científicos**, p. 59-70, 2021.
- DIAS, J.P.T. Tendências na produção e consumo de hortaliças: mundo e Brasil. In: DIAS, João Paulo Tadeu (Ed.). **Perspectivas na Horticultura**. Cidade: Editora, ano. p. 8-25, 2021.

DOMINGUEZ, S.; RUBIO, M. B.; CARDOZA, R. E.; GUTIERREZ, S.; NICOLAS, C.; BETTIOL, W.; MONTE, E. Nitrogen metabolism and growth enhancement in tomato plants challenged with *Trichoderma harzianum* expressing the *Aspergillus nidulans* acetamidase amdS gene. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1182, 2016.

FERREIRA, D. F.; SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FERREIRA, A. R.; DE LIMA JÚNIOR, J. A.; DE OLIVEIRA, P. D.; CARRERA DE AVIZ, W. L.; AGUIAR SANTOS, H. C. Desempenho produtivo de couve-flor submetida a diferentes manejos de irrigação e doses de boro em ambiente protegido. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 5, p. 440-451, 2019.

FIORINI, L.; GUGLIELMINETTI, L.; MARIOTTI, L.; CURADI, M.; PICCIARELLI, P.; SCARTAZZA, A.; VANNACCI, G. *Trichoderma harzianum* T6776 modulates a complex metabolic network to stimulate tomato cv. Micro-Tom growth. **Plant and Soil**, v. 400, p. 351-366, 2015.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, A. R.; SALGADO, F. H. M.; FLORES, R. A.; BRASIL, E. P. F. Yield and chlorophyll index in cabbage in function of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers and urea. **Scientific Electronic Archives**, v. 13 (2), p. 6-12, 2020.

GUELFÍ, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **International Plant Nutrition Institute**, n. 151, p. 1- 14, 2017.

GUILHERME, D. D. O.; DE PINHO, L.; CAVALCANTI, T. F. M.; DA COSTA, C. A.; DE ALMEIDA, A. C. Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 181-186, 2014.

GUPTA, N. *Trichoderma* as Biostimulant: Factors Responsible for Plant Growth Promotion. In: MANOHARACHARY, C.; SINGH, H.B.; VARMA, A. (eds) **Trichoderma: Agricultural Applications and Beyond**. Soil Biology, vol 61. Cham: Springer International Publishing, p. 287-309, 2021.

KHAN, M.Y.; HAQUE, M.M.; MOLLA, A.H.; RAHMAN, M.M.; ALAM, M.Z. Antioxidant compounds and minerals in tomatoes by *Trichoderma*-enriched biofertilizer and their relationship with the soil environments. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 3, p. 691-703, 2017.

LIU, H.; MENG, F.; MIAO, H.; CHEN, S.; YIN, T.; HU, S.; SHAO, Z.; LIU, Y.; GAO, L.; ZHU, C.; ZHANG, B.; WANG, Q. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main healthpromoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits. **Food chemistry**, v. 263, p.194-200, 2018.

MAIA, J. T. L. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; VENTRELLA, M. C.; MILAGRES, C. D. C. Growth, nutrient concentration, nutrient accumulation and visual symptoms of nutrient deficiencies in cherry tomato plants. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 585-598, 2019.

MEHETRE, S.T.; MUKHERJEE, P. K. *Trichoderma* improves nutrient use efficiency in crop plants. **Nutrient use efficiency: from basics to advances**, p. 173-180, 2015.

MOLLA, A.H.; HAQUE, M.M.; HAQUE, M.A.; ILIAS, G.N.M. *Trichoderma*-enriched biofertilizer enhances production and nutritional quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and minimizes NPK fertilizer use. **Agricultural Research**, v. 1(3), p. 265-272, 2012.

MOREAU, D.; BARDGETT, R. D.; FINLAY, R. D.; JONES, D. L.; PHILIPPOT, L. A plant perspective on nitrogen cycling in the rhizosphere. **Functional Ecology**, v. 33, n. 4, p. 540-552, 2019.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A. Produtividade de tomate em função de doses de nitrogênio. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 1, p. 87-91, 2017.

OLIVEIRA, L. L.; FRANÇA, A. C.; FERRARO, A. C.; AGUIAR, F. R. de; BARROSO, L. R.; SOUSA, S. S. de. Avaliação da eficiência de adubos de liberação diferenciada e bactérias promotoras de crescimento no cultivo do tomate cereja e seus efeitos residuais para a sucessão com milho. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 13, p. e13637, 2024.

REIS, B.S.S.; DE OLIVEIRA, C.S.; SILVA, M.A.; BERTI, M.P.S.; BENETT, K.S.S.; RESENDE, C.L.P.; RODRIGUES, F. Growth Promotion of *Raphanus Sativus* L. under Doses of Nitrogen with Application of *Trichoderma* Spp. **Journal of Sustainable Development**, v. 17, n. 3, p. 1-39, 2024.

ROQUE, I. A.; DOS ANJOS SOARES, L. A.; DE LIMA, G. S.; LOPES, I. A. P.; DE ANDRADE SILVA, L.; FERNANDES, P. D. Fitomassas, trocas gasosas e produção do tomate cereja cultivado sob águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 686-696, 2022.

SANI, M.N.H.; HASAN, M.; UDDAIN, J.; SUBRAMANIAM, S. Impact of application of *Trichoderma* and biochar on growth, productivity and nutritional quality of tomato under reduced NPK fertilization. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 1, p. 107-115, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B., CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Embrapa. 356p, 2018.

SHEWANGIZAW, B.; KASSIE, K.; ASSEFA, S.; LEMMA, G.; GETE, Y.; GETU, D.; MANAZE, G. Tomato yield, and water use efficiency as affected by nitrogen rate and irrigation regime in the central low lands of Ethiopia. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 13307, 2024.

SILVA, J.F.; MELLO, T.R.C.; SCABBIA, R.J.A. Efeitos na saúde pública do uso intensivo de defensivos agrícolas na produção de hortaliças. **Revista Científica UMC**, v. 6, n. 2, 2021.

SINGH, B. N.; DWIVEDI, P.; SARMA, B. K.; SINGH, G. S.; SINGH, H. B. A novel function of N-signaling in plants with special reference to *Trichoderma* interaction influencing plant growth, nitrogen use efficiency, and cross talk with plant hormones. **3 Biotech**, v. 9, n. 3, p. 109, 2019.

SOLDATELI, F. J.; BATISTA, C. B.; GODOY, F.; MELLO, A. C.; SOARES, F. S.; BERGMANN, M. D.; ETHUR, L. Z. Crescimento e produtividade de cultivares de tomate

cereja cultivadas em substratos orgânicos. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**, v.16, n.1, p.1-10, 2020.

UDDIN, A.F.M.J.; HUSSAIN, M.S.; RAHMAN, S.; AHMAD, H.; RONI, M.Z.K. Effect of *Trichoderma* concentrations on growth and yield of tomato. **Bangladesh Research Publications Journal**, v. 11, n. 3, p. 228-232, 2015.

VENEGAS-VERA, J. J.; PINCAY-MENÉNDEZ, J. D. Efectos del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, *Trichoderma* sp y microorganismo eficiente en crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en semillero. **MQRInvestigar**, v. 8, n. 1, p. 3493-3508, 2024.

VIEIRA, J. C.; QUALHATO, T. F. Vibrações acústicas na germinação e crescimento de plântulas de tomate-cereja. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 20, n. 58, p. 383–406, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.14538626.

VITALE, S.; SALZANO, F.; STAROPOLI, A.; MARRA, R.; TURRÀ, D.; LORITO, M.; VINALE, F. Nitrogen source orchestrates pH modulation and secondary metabolism in *Trichoderma harzianum*. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 12, p. 19, 2025.

ZILLES, F. K. S.; NASCIMENTO, M. M. F.; SANTOS, I. I.; LIMA, M. M.; LAURINDO, V. O. *Trichoderma endophyticum* to promote the growth and productivity of soybean. **Ciência Rural**, v. 55, n. 6, p. e20240171, 2025.

**CAPÍTULO II: EFEITO BIOPROMOTOR DE *Trichoderma* spp. NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE *Eruca sativa* L.**

RESUMO

A rúcula é uma hortaliça amplamente cultivada e valorizada pelo sabor acentuado e propriedades nutricionais. Trata-se de uma espécie com ciclo vegetativo curto, alta taxa de transpiração, rápido índice de expansão foliar e um sistema radicular predominantemente superficial. Portanto, esta espécie vegetal apresenta alta exigência hídrica e nutricional para sustentar o rápido acúmulo de sua biomassa e atingir um crescimento satisfatório. Nesse contexto, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPF) como espécies do gênero *Trichoderma*, destaca-se como alternativa biotecnológica com potencial de aumentar a eficiência nutricional, modular a arquitetura radicular e estimular respostas fisiológicas relacionadas ao crescimento. A pesquisa foi conduzida na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri-GO. Foi utilizado o delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4. Os fatores foram: i) época de aplicação (aplicação em semeadura e aplicação em 30 dias após a semeadura); ii) *Trichoderma* spp. (T₁ – sem aplicação de cepa (controle), T₂ – *Trichoderma harzianum* (IBLF 006), T₃ – *Trichoderma asperellum* (URM 5911) e T₄ – *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma asperellum* (IBLF 006 WP + URM 5911)). As variáveis avaliadas foram altura de planta, comprimento foliar, diâmetro foliar, número de folhas e massa fresca das folhas. Os resultados demonstraram efeito significativo para a aplicação de *Trichoderma* spp. em todas as variáveis avaliadas nas plantas de rúcula. Em contraste, o fator época de aplicação não foi significativo para a maioria das variáveis. A cepa de *Trichoderma asperellum*, promoveu os maiores incrementos significativo nas variáveis agrônomicas avaliadas, demonstrando potencial como bioestimulante no manejo da cultura.

Palavras-Chave: Rúcula; Bioestimulante; Hortaliças folhosas; Microrganismo.

ABSTRACT

Arugula is a widely cultivated vegetable crop valued for its pronounced flavor and nutritional properties. It is a species with a short vegetative cycle, a high transpiration rate, a rapid leaf expansion index, and a predominantly shallow root system. Therefore, this plant species presents high water and nutritional requirements to sustain its rapid biomass accumulation and achieve satisfactory growth. In this context, the use of plant growth-promoting fungi (PGPF), such as species of the genus *Trichoderma*, stands out as a biotechnological alternative with the potential to increase nutritional efficiency, modulate root architecture, and stimulate physiological responses related to growth. The research was conducted at the State University of Goiás (Universidade Estadual de Goiás), Ipameri Campus, GO, Brazil. The experimental design was randomized blocks in a 2 x 4 factorial arrangement. The factors were: i) application time (application at sowing and application 30 days after sowing); ii) *Trichoderma* spp. (T1 – no strain application (control), T2 – *Trichoderma harzianum* (IBLF 006), T3 – *Trichoderma asperellum* (URM 5911), and T4 – *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma asperellum* (IBLF 006 WP + URM 5911)). The evaluated variables were plant height, leaf length, leaf diameter, number of leaves, and leaf fresh mass. The results demonstrated a significant effect of the *Trichoderma* spp. application on all evaluated variables in the arugula plants. In contrast, the application time factor was not significant for most variables. The *Trichoderma asperellum* strain promoted the greatest significant increases in the evaluated agronomic variables, demonstrating its potential as a biostimulant in crop management.

Keywords: Arugula; Biostimulant; Folite vegetables; Microorganism.

INTRODUÇÃO

O estilo de vida atual mudou muito nos últimos anos, especialmente com a crescente urbanização e a busca por práticas mais saudáveis e sustentáveis, assim, se alimentar bem, toma um foco diferente e com excelentes benefícios a longo prazo para o corpo e mente. Nesse contexto, as hortaliças ganharam destaque não apenas como alimentos essenciais para uma nutrição equilibrada, também por serem ricas em nutrientes como vitaminas, fibras, sais minerais, compostos antioxidantes, carboidratos e proteínas, sendo essenciais e amplamente recomendadas para a prevenção e controle de doenças crônicas, doenças cardiovasculares e diversos tipos de câncer (ANDRIOLO, 2017; REIS et al., 2024)

Dentre as hortaliças, destaca-se a família botânica Brassicaceae, que são um importante grupo de folhosas, consumidas em todas as partes do mundo (WIECZOREK e DRABIŃSKA, 2022). Este grupo está entre os dez vegetais economicamente mais importantes nos mercados agrícolas e alimentares mundiais (POVEDA et al., 2020). Neste contexto temos a rúcula (*Eruca sativa* L.), pertencente à família Brassicaceae, originária da região mediterrânea, sendo cultivada desde a antiguidade e é amplamente apreciada por seu sabor acentuado e por suas propriedades nutricionais (STEIN e MINUZZI, 2025).

A rúcula destaca-se por ser uma excelente fonte de ferro, potássio, ômega-3, cálcio e vitaminas A, K e C, além de apresentar compostos com ação antioxidante, que contribuem para a promoção da saúde (BUENO et al., 2023). A espécie possui porte reduzido e ciclo curto, com colheita geralmente entre 30 e 35 dias após a emergência, apresentando boa adaptação a diferentes condições de temperatura, porém, desenvolve folhas maiores e mais tenras em climas mais amenos, com temperaturas de até 18 °C, enquanto em temperaturas mais elevadas tende a produzir folhas menores, mais rígidas e de sabor mais acentuado (SANTOS et al., 2023; OLIVEIRA et al., 2024).

Por ter ampla aceitação comercial e importância nutricional, logo, exige a utilização de técnicas de cultivo que melhorem sua produção e seu manejo, que são fundamentais para atender a demanda pela qualidade dos alimentos (VIEIRA et al., 2024). Assim como outras hortaliças folhosas, apresenta elevada exigência de nutricional para maximizar o acúmulo de biomassa e o crescimento foliar, entretanto, o uso de microrganismos benéficos surge como uma tecnologia de baixo custo e alto potencial para promover o desenvolvimento vegetal e melhorar a eficiência na absorção de nutrientes, no qual, constitui uma estratégia promissora para reduzir a necessidade de fertilizantes químicos (OLIVEIRA et al., 2022).

Diversas pesquisas mostram a eficácia dos fungos do gênero *Trichoderma* spp. como bioestimulante, uma vez que a sua aplicação no solo, sementes ou superfícies das plantas aumentam a solubilidade dos nutrientes, bem como a capacidade de absorção desses nutrientes

pela raiz e/ou a sua distribuição nas partes das plantas (LÓPES-BUCIO et al., 2015). O *Trichoderma* spp. é um dos agentes biológicos mais estudados e amplamente utilizados no controle de pragas e doenças, sendo também reconhecido por seu potencial como promotor do crescimento vegetal (BANDEIRA et al., 2025). Com diversas espécies geneticamente distintas, esses fungos estão amplamente distribuídos em todo o mundo e são comumente encontrados em praticamente todos os tipos de solo, especialmente na rizosfera, onde interagem diretamente com as raízes das plantas (DOMINGUES et al., 2021).

As plantas da família Brassicaceae, como todas as outras espécies de plantas, podem estabelecer uma ampla variedade de relações com fungos, que vão desde interações negativas com patógenos até associações positivas com fungos benéficos (POVEDA et al., 2022). O uso *Trichoderma* spp. tem se expandido globalmente, tanto como agente promotor de crescimento e protetor geral de plantas, pois, apresenta diversas propriedades, destacando-se a mitigação de estresses abióticos, respostas fisiológicas das plantas a condições adversas, maior absorção de nutrientes e contribuição para a melhoria da eficiência fotossintética (MEHETRE e MUKHERJEE, 2015; WAGHUNDE et al., 2016).

Segundo García-Morales et al. (2021) para a cultura da rúcula, o fungo *Trichoderma* spp. contribui para uma maior eficiência no uso de nutrientes, aumento do teor de ácido ascórbico, maior absorção e aproveitamento do nitrogênio (N), realocação eficiente das reservas internas de fósforo (P), além de favorecer o incremento na absorção de fósforo (P), nitrogênio (N) e potássio (K).

OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência de cepas comerciais de *Trichoderma* spp. no desempenho agronômico de *Eruca sativa* L. em duas épocas de aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do Experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Goiás - UEG, Unidade Universitária de Ipameri (17°43'04"S 48°08'43"W Alt. 789 m), em casa de vegetação, com dimensões 30 x 7 x 3,5 m, construída em estrutura metálica, coberta com polietileno difusor de luz (150 micra) e com laterais em sombrite 25%.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW - Tropical com estação seca no inverno e verão úmido, apresentando temperaturas médias de 18°C (inverno), 30°C (verão) e média anual de 20°C (ALVARES et al., 2013).

Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4, sendo duas épocas de aplicação e quatro cepas de *Trichoderma*, com quatro repetições. A primeira aplicação foi realizada em semeadura e a segunda 30 dias após a semeadura, ambas as aplicações ocorreram via solo. As cepas de *Trichoderma* spp. foram: T₁ – convencional, sem aplicação de cepa, T₂ – *Trichoderma harzianum* - Ecotrich[®] (1,0 x 10¹⁰ UFC/g), T₃ – *Trichoderma asperellum* - Quality[®] (2,0 x 10⁹ UFC/mL), T₄ – *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma asperellum* (Ecotrich[®] + Quality[®]).

As unidades amostrais foram compostas por vasos de oito litros, preenchidos com solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, conforme a classificação descrita por Santos et al. (2018). O solo foi previamente peneirado e misturado com 28 g de calcário por vaso, conforme a interpretação da análise de solo, sendo reservado por um período de 40 dias. As irrigações ocorreram diariamente até o solo atingir 80% da capacidade de retenção de água.

Para a adubação foi utilizado 100 kg ha⁻¹ de ureia (45 kg de N), 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (54 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60 kg ha⁻¹ de K₂O), baseado em resultados obtidos por Costa et al. (2019).

Foram semeadas por vaso, oito sementes de rúcula cultivar Antonella (Isla Sementes[®]) e entre 7 e 15 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste, deixando apenas três planta por vaso. Posteriormente, as cepas de *Trichoderma* spp. foram aplicadas no solo (em semeadura e 30 dias após a semeadura), com o uso de pulverizador manual.

Variáveis Avaliadas

No período de 40 dias após a semeadura, foi realizada a colheita e avaliação das seguintes variáveis agronômicas: altura da planta (ALT) - medida do solo ao ápice da planta, em centímetros, com uma régua graduada, em centímetros; comprimento foliar (COMPF) –

medindo da parte basal da folha até a ponta, em seis folhas na porção central da planta, em centímetros; diâmetro foliar (DIAMF) – medindo da parte mediana da folha, , em seis folhas na porção central da planta, em centímetros; número de folhas (NFOL) – obtido pela contagem de folhas em três plantas da parcela; massa fresca da folha (MFFOL) – obtida através da pesagem das folhas após serem colhidas, sendo expressa em gramas, em três plantas da parcela.

Análises Estatísticas

Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade de variância (Bartlett). Posteriormente, foi realizada a análise de variância e em seguida, realizado o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) para comparação entre as médias, sendo realizadas com o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) do fator *Trichoderma* spp. (T) para todas as variáveis avaliadas. Esses resultados evidenciam que os isolados exerceram influência direta sobre o crescimento e a produção de biomassa vegetal. Em contraste, o fator época de aplicação (E) não foi significativo para a maioria das variáveis, assim como a interação entre fatores (T x E), com exceção de diâmetro foliar (DIAMF) e massa fresca das folhas (MFFOL), reforçando que as respostas observadas são predominantemente atribuídas ao efeito das cepas de *Trichoderma* spp. (Tabela 1).

Considerando a ausência de efeito significativo da época de aplicação para a maioria das variáveis avaliadas, bem como a não significância da interação entre tratamentos e épocas, a discussão dos resultados foi conduzida com base no fator tratamento.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (ANOVA) para altura de plantas (ALTP), comprimento foliar (COMPF), número de folhas (NFOL), diâmetro foliar (DIAMF) e massa fresca das folhas (MFFOL) em rúcula (*Eruca sativa* L.), em função de tratamentos com *Trichoderma* spp. e épocas de aplicação.

F.V.	GL	ALTP	COMPF	NFOL	DIAMF	MFFOL
<i>Trichoderma</i> (T)	3	192,68**	80,73**	884,00**	39,02**	6271,44**
Época (E)	1	1,4 ^{n.s.}	1,23 ^{n.s.}	18,19 ^{n.s.}	0,03 ^{n.s.}	333,11**
T x E	3	1,42 ^{n.s.}	0,52 ^{n.s.}	19,81 ^{n.s.}	1,51**	286,70**
Bloco	7	0,92	1,92	4,63	0,21	41,08
Erro	49	1,06	0,66	9,20	0,13	28,63
CV (%)		5,43	5,67	5,70	13,30	15,68

** - altamente significativo; * - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{n.s.} - não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

A altura de plantas foi significativamente influenciada pelas cepas utilizadas, com maiores valores em *Trichoderma asperellum* (22,08 cm) e *T. harzianum* + *T. asperellum* (21,69 cm), enquanto *Trichoderma harzianum* (15,44 cm) e o manejo convencional (16,40 cm) apresentaram menor desempenho. Em termos relativos, *T. asperellum* elevou a altura em 43,0% em relação a *T. harzianum* e 34,6% ao manejo convencional, mantendo vantagem discreta (1,8%) mesmo sobre o tratamento combinado (Tabela 2).

Para o comprimento foliar, o padrão foi consistente, com *T. asperellum* alcançando 16,96 cm, seguido por *T. harzianum* + *T. asperellum* (15,44 cm), manejo convencional (12,73 cm) e *T. harzianum* (12,22 cm). A superioridade de *T. asperellum* correspondeu a ganhos de 38,8% e 33,2% frente a *T. harzianum* e ao manejo convencional, respectivamente, além de acréscimo de 9,8% sobre o consórcio das cepas comerciais (Tabela 2).

O diâmetro do caule respondeu de forma ainda mais acentuada, atingindo 8,53 mm com *T. asperellum*, valor substancialmente superior ao observado em *T. harzianum* + *T. asperellum* (6,41 mm), manejo convencional (5,89 mm) e *T. harzianum* (4,81 mm). Essa diferença representa ganhos de 77,4% e 44,7% em relação a cepa *T. harzianum* e ao manejo convencional, respectivamente, além de 33,1% em comparação ao tratamento combinado.

No número de folhas, *T. asperellum* apresentou o maior desempenho (33,00 frutos planta⁻¹), seguido por *T. harzianum* + *T. asperellum* (23,69 frutos), enquanto *T. harzianum* (17,13 frutos) e o manejo convencional (17,44 frutos) permaneceram no grupo inferior. Nesse caso, a adoção de *T. asperellum* praticamente dobrou a formação de folhas em relação a *T. harzianum* (+92,7%) e ao manejo convencional (+89,2%), além de ampliar em 39,3% o número de folhas diante do uso combinado das cepas de *Trichoderma*.

A massa fresca das folhas evidenciou resposta expressiva, com *T. asperellum* atingindo 57,27 g planta⁻¹, superando amplamente *T. harzianum* + *T. asperellum* (43,90 g), manejo convencional (18,74 g) e *T. harzianum* (16,58 g). Esse desempenho correspondeu a valores mais que triplicados em relação a *T. harzianum* (+245,3%) e superiores em mais de duas vezes ao manejo convencional (+205,7%), além de um acréscimo de 30,5% frente ao manejo em consórcio das cepas.

Por fim, a massa fresca da planta seguiu a mesma tendência, com maior valor em *T. asperellum* (73,22 g planta⁻¹), seguida por *T. harzianum* + *T. asperellum* (50,56 g), manejo convencional (20,72 g) e *T. harzianum* (18,72 g). Comparativamente, o uso de *T. asperellum* resultou em acúmulo de biomassa aproximadamente três vezes superior ao de *T. harzianum* (+291,2%) e ao manejo convencional (+253,3%), além de incremento de 44,8% quando comparado as cepas combinadas.

Tabela 2. Médias de altura de planta (ALTP), comprimento foliar (COMPF), diâmetro foliar (DIAMF), número de folhas (NF), massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da planta (MFPL) de rúcula (*Eruca sativa* L.) em função da aplicação de diferentes cepas de *Trichoderma* spp.

<i>Trichoderma</i> spp.	ALTP (cm)	COMPF (cm)	DIAMF (mm)	NF (nº planta ⁻¹)	MFF (g planta ⁻¹)	MFPL (g planta ⁻¹)
Convencional	16.40 c	12.73 c	5.89 c	17.44 c	18.74 c	20.72 c
<i>Trichoderma asperellum</i>	22.08 a	16.96 a	8.53 a	33.00 a	57.27 a	73.22 a
<i>Trichoderma harzianum</i>	15.44 c	12.22 c	4.81 d	17.13 c	16.58 c	18.72 c
<i>T. harzianum</i> + <i>T. asperellum</i>	21.69 b	15.44 b	6.41 b	23.69 b	43.90 b	50.56 b

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

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a aplicação de *Trichoderma* spp., especialmente *Trichoderma asperellum*, promoveu incrementos expressivos nas variáveis de desenvolvimento vegetativo. Esses achados estão em discordância com Ji et al. (2020), que, ao avaliarem mudas de couve-chinesa (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis*) tratadas com um biofertilizante contendo a mistura de *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. hamatum* e *T. atroviride*, observaram incremento médio de 26% na altura das plantas em comparação ao controle. Nesse estudo, os autores atribuíram esse efeito ao aumento da atividade enzimática do solo, incluindo urease (25,1%), fosfatase (13,1%) e catalase (14,0%), favorecendo a disponibilização de nitrogênio e fósforo, além de contribuir para a redução de estresses ambientais.

Os incrementos observados para comprimento foliar no presente trabalho também encontram respaldo na literatura, uma vez que essa variável está diretamente associada à área foliar, considerada um dos principais indicadores de crescimento vegetal e de interesse comercial. Nesse sentido, Azevedo et al. (2017) destacam que a estimativa da área foliar por meio de parâmetros como o comprimento e largura do limbo, é amplamente utilizada por sua relação direta com o desempenho produtivo e a qualidade comercial das plantas. De forma complementar, Gutiérrez-Chávez et al. (2025), ao avaliarem a inoculação de *T. asperellum* e *T. harzianum* em plantas de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Starfighter RZ) cultivadas em sistema hidropônico, observaram incrementos de 32% e 35% na área foliar, respectivamente, em comparação ao tratamento controle, evidenciando a eficiência desses isolados na promoção do crescimento foliar.

Resultados ainda mais expressivos foram relatados por Vij et al. (2022), que, ao investigarem o efeito de *Trichoderma viride* na qualidade morfológica e no desempenho em campo de mudas de repolho (*Brassica oleracea* L.), constataram incremento de até 89% na área foliar quando o inóculo foi aplicado no momento da semeadura. Os autores também destacaram a existência de correlação positiva entre área foliar, altura de plantas, diâmetro do caule e massa fresca, embora sem associação com o número de folhas, padrão parcialmente observado no presente estudo, no qual o número de folhas também respondeu positivamente à inoculação.

No que se refere especificamente ao número de folhas, os resultados obtidos divergem de Hernández-Huerta et al. (2025), que, ao avaliarem plantas de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) cultivadas em sistema hidropônico e inoculadas com *T. asperellum* e *T. harzianum*, observaram incremento de 18% nessa variável em comparação ao controle. Nesse estudo, os autores associaram os ganhos ao aumento da absorção de macronutrientes, especialmente

fósforo e cálcio, além do incremento na biomassa total e no comprimento radicular, sem comprometer a qualidade visual das plantas.

Na massa fresca das folhas, Oliveira et al. (2022) encontraram resultados diferentes, em que, ao avaliarem mudas de rúcula cultivadas em sistema hidropônico e inoculadas com *T. harzianum*, verificaram incremento de 24,4% na massa fresca da parte aérea, além de aumento nos teores foliares de fósforo, enxofre, zinco e ferro, evidenciando melhoria no estado nutricional das plantas. Resultados ainda mais expressivos foram relatados por Casali et al. (2020), que, ao utilizarem isolados nativos em rúcula, observaram incrementos de até 75% na biomassa fresca da parte aérea em condições de viveiro com *T. harzianum* R2, enquanto em campo os isolados *T. asperellum* LMR2 e *T. harzianum* R2 promoveram aumentos de 69% e 63%, respectivamente, em relação ao controle.

Em outras hortaliças, como o rabanete (*Raphanus sativus* L.), Reis et al. (2024) verificaram que a cepa de *T. harzianum*, associada a diferentes doses de ureia, aumentaram a produção foliar em todas as doses avaliadas, ainda que sem incremento na taxa fotossintética, indicando que os ganhos podem estar mais relacionados à eficiência de uso de nutrientes do que à atividade fotossintética direta.

De forma complementar, Velasco et al. (2021) observaram que a inoculação radicular com *Trichoderma hamatum* em brássicas folhosas, realizada 28 dias após a semeadura, resultou em aumentos de 55% na biomassa fresca de couve, 36% em repolho e 46% em folhas de nabo, reforçando que a biomassa foliar está diretamente relacionada à produtividade e à rentabilidade dessas culturas. Assim, a consistência entre os estudos evidencia que o uso de *Trichoderma spp.* constitui uma estratégia eficiente para maximizar o crescimento e a produção de biomassa em hortaliças folhosas, destacando a importância da escolha adequada dos isolados e do manejo para potencializar os benefícios agronômicos (SANTOS et al., 2025).

Os incrementos observados nas variáveis foliares no presente estudo são agronomicamente relevantes, uma vez que características como número de folhas e biomassa foliar estão diretamente associadas à aceitação comercial de hortaliças, influenciando o aspecto visual e o potencial de comercialização *in natura* (BRZEZINSKI et al., 2017; MENDES et al., 2020; LUZ e MATOS, 2023). De forma geral, a concordância entre as literaturas reforça que os efeitos de *Trichoderma spp.* sobre o crescimento vegetal estão associados à melhoria do estado nutricional e à intensificação dos processos fisiológicos, resultando em ganhos agronômicos expressivos.

A utilização de *Trichoderma spp.* como biopromotor, aplicado no solo ou em sementes ou, até mesmo, nas superfícies das plantas, visa aumentar a solubilidade e a absorção de nutrientes, otimizando sua distribuição dentro da planta, devido a ação de seus micélios

fúngicos, secretando compostos que promovem a ramificação do sistema radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes (LÓPEZ-BUCIO et al., 2015).

Espécies de *Trichoderma* atuam como promotores do crescimento vegetal por meio de múltiplos mecanismos fisiológicos que envolvem a modulação hormonal, metabólica e nutricional das plantas. Esses fungos produzem compostos bioativos, como o ácido indolacético (AIA) e o harzianolídeo, que estimulam o desenvolvimento da raiz e favorecem a arquitetura do sistema radicular, ampliando a capacidade de absorção de água e nutrientes (LOMBARDI et al., 2020). A síntese e secreção de fitormônios, especialmente o AIA, ocorre por vias metabólicas dependentes de triptofano, como as rotas do ácido indol-3-pirúvico e da indol-3-acetamida, sendo esses compostos liberados na rizosfera e percebidos pelas plantas por meio de vias de sinalização específicas, o que resulta na ativação de genes relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2016; POVEDA, 2022; GUZMÁN-GUZMÁN et al., 2019).

Além disso, *Trichoderma* estimula a síntese e a sinalização de outros fitormônios, como giberelinas, ácido abscísico, etileno e citocininas, modulando a expressão gênica e intensificando processos fisiológicos associados ao crescimento (KARUPPIAH et al., 2019; WANG et al., 2021; DEGANI et al., 2021; AGBESSENOU et al., 2022; RAWAL et al., 2022). Paralelamente, esses fungos influenciam o metabolismo energético das plantas, regulando vias como o ciclo do ácido tricarboxílico e a via das pentoses-fosfato, o que aumenta a atividade enzimática e a disponibilidade de energia para o desenvolvimento vegetal (MANGANIELLO et al., 2018).

Adicionalmente, contribuem para a melhoria da fertilidade do solo por meio da decomposição da matéria orgânica, produção de enzimas como fitases e outras moléculas que favorecem a solubilização e absorção de nutrientes, como fósforo e ferro, refletindo em maior eficiência fotossintética e desempenho agrônômico (LOMBARDI et al., 2020).

A produção de sideróforos por *Trichoderma*, é um dos principais mecanismos envolvidos na aquisição de ferro pelas plantas. Em condições de deficiência de Fe^{3+} , o fungo ativa vias metabólicas específicas que levam à síntese de sideróforos, predominantemente do tipo hidroxamato, e após sua biossíntese, essas moléculas são secretadas na rizosfera, onde quelam o ferro férrico insolúvel, formando complexos estáveis que podem ser posteriormente assimilados pelo fungo ou disponibilizados às plantas (CHOI et al., 2024; Schalk, 2025). Esse processo aumenta a biodisponibilidade de ferro no solo, favorecendo funções fisiológicas essenciais, como fotossíntese e respiração.

Como resultado integrado desses processos, observa-se intensificação da divisão celular, alongamento radicular e formação de raízes laterais, culminando em maior crescimento

e eficiência no uso de recursos pelas plantas. Deste modo, a inoculação de microrganismos benéficos em hortaliças constitui uma estratégia sustentável capaz de reduzir a necessidade de fertilizantes, ao mesmo tempo em que estimula a atividade enzimática, aumenta a eficiência na absorção de nutrientes e favorece a produção de fitormônios (OLIVEIRA et al., 2022).

Portanto, os resultados obtidos evidenciam que o uso de *Trichoderma* spp., especialmente *Trichoderma asperellum*, se estabelece como um biopromotor notável para maximizar o desempenho agrônômico em plantas de rúcula, reforçando seu potencial em sistemas de produção mais sustentáveis.

CONCLUSÃO

A cepa comercial de *Trichoderma asperellum* - URM 5911, promoveu incremento nas diferentes variáveis agronômicas da rúcula, demonstrando potencial como biopromotor no manejo da cultura, independente da época de aplicação (semeadura ou após 30 dias).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBESSENOU, A.; AKUTSE, K. S.; YUSUF, A. A.; KHAMIS, F. M. The endophyte *Trichoderma asperellum* M2RT4 induces the systemic release of methyl salicylate and (Z)-jasmone in tomato plant affecting host location and herbivory of *Tuta absoluta*. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 860309, 2022.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.D.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRIOLO, J.L. **Olericultura Geral**. Santa Maria: 3 ed.da UFSM, 2017.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, V. C.; SOUSA, A. S.; SANTOS, A. A.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, S. L.; OLIVEIRA, A. J. Eficiência da estimação da área foliar de couve por meio de redes neurais artificiais. **Horticultura brasileira**, v. 35, p. 14-19, 2017.
- BANDEIRA, V. M.; PEREIRA, L. T.; SOUSA, P. F. C.; ALVES, A. F.; SOUSA, T. P.; SILVA, C. M.; ARAÚJO, R. A. Incremento da produção de feijão comum durante interação selênio orgânico e *Trichoderma* spp. **ARACÊ**, v. 7, n. 3, p. 13259-13270, 2025.
- BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.64, n. 1, p. 83-89, 2017.
- BUENO, A. E. P.; ARRUDA, E. M.; BRITO, S. G.; NETO, D. C. O. R. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura da rúcula em solo de textura argilosa. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 7, 2023.
- CASALI, M. G.; SANDOVAL, M. C.; ESPINOZA, M. P.; CUROTTO, I.; POODTS, J.; IANNELLI, D.; BERGOTTINI, V. M. *Trichoderma*-based inoculants an eco-friendly option to enhance *Eruca sativa* and *Lactuca sativa* productivity and sanity. **INNOVA UNTREF. Revista Argentina de Ciencia y Tecnología**, 2020.
- CHOI, SOHYEONG; KRONSTAD, JAMES W.; JUNG, WON HEE. Siderophore biosynthesis and transport systems in model and pathogenic fungi. **Journal of microbiology and biotechnology**, v. 34, n. 8, p. 1551, 2024.
- CONTRERAS-CORNEJO, H.A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; DEL-VAL, E.K.; LARSEN, J. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. **FEMS microbiology ecology**, v. 92, n. 4, p. fiw036, 2016.
- COSTA, F. R. B.; AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G.; GOMES, K. R.; VIANA, T. D. A.; CEITA, E. D. R. Productivity of radish under different depths of irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3467-3476, 2019.
- DEGANI, O.; KHATIB, S.; BECHER, P.; GORDANI, A.; HARRIS, R. *Trichoderma asperellum* secreted 6-pentyl- α -pyrone to control *Magnaportheiopsis maydis*, the maize late wilt disease agent. **Biology**, v. 10, n. 9, p. 897, 2021.
- DOMINGUES, S. C. O.; CARVALHO, M. A. C.; RABELO, H. O.; MOREIRA, E. S.; SCATOLA, L. F.; DAVID, G. Q. Microrganismos promotores de crescimento em alface. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 100-105, 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

GARCÍA-MORALES, S.; GARCÍA-GAYTÁN, V.; LEÓN-MORALES, J. M. Panorama actual de los bioestimulantes agrícolas. In: NAVA, José Juvencio Castañeda et al. **Tópicos de herramientas biotecnológicas para el desarrollo agrícola**. v. 14, p. 14-21, 2021.

GUTIÉRREZ-CHÁVEZ, A.; ROBLES-HERNÁNDEZ, L.; GUERRERO, B. I.; GONZÁLEZ-FRANCO, A. C.; MEDINA-PÉREZ, G.; ACEVEDO-BARRERA, A. A.; HERNÁNDEZ-HUERTA, J. Potential of *Trichoderma asperellum* as a Growth Promoter in Hydroponic Lettuce Cultivated in a Floating-Root System. **Plants**, v. 14, n. 3, p. 382, 2025.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; PORRAS-TRONCOSO, M. D.; OLMEDO-MONFIL, V.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. **Phytopathology**, v. 109, n. 1, p. 6-16, 2019.

HERNÁNDEZ-HUERTA, J.; GUERRERO, B. I.; ACEVEDO-BARRERA, A. A.; BALANDRÁN-VALLADARES, M. I.; YAÑEZ-MUÑOZ, R. M.; DE DIOS-AVILA, N.; GUTIÉRREZ-CHÁVEZ, A. Biostimulant Effects of *Trichoderma asperellum* in Hydroponic Spinach Production. **Life**, v. 15, n. 3, p. 428, 2025.

Jl, S.; LIU, Z.; LIU, B.; WANG, Y.; WANG, J. The effect of *Trichoderma* biofertilizer on the quality of flowering Chinese cabbage and the soil environment. **Scientia Horticulturae**, v. 262, p. 109069, 2020.

KARUPPIAH, V.; VALLIKKANNU, M.; LI, T.; CHEN, J. Simultaneous and sequential based co-fermentations of *Trichoderma asperellum* GDFS1009 and *Bacillus amyloliquefaciens* 1841: a strategy to enhance the gene expression and metabolites to improve the bio-control and plant growth promoting activity. **Microbial Cell Factories**, v. 18, n. 1, p. 185, 2019.

LOMBARDI, N.; SALZANO, A. M.; TROISE, A. D.; SCALONI, A.; VITAGLIONE, P.; VINALE, F.; WOO, S. L. Effect of *Trichoderma* bioactive metabolite treatments on the production, quality, and protein profile of strawberry fruits. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 68, n. 27, p. 7246-7258, 2020.

LÓPEZ-BUCIO, J.; PELAGIO-FLORES, R.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. **Scientia horticulturae**, v. 196, p. 109-123, 2015.

LUZ, L. G. O.; DE MATOS, C. C. Doses de molibdênio no crescimento de rúcula. **Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 4, n. 3, p. 60-75, 2022.

MANGANIELLO, G.; SACCO, A.; ERCOLANO, M. R.; VINALE, F.; LANZUISE, S.; PASCALE, A.; WOO, S. L. Modulation of tomato response to *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum* and its secondary metabolite harzianic acid. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 1966, 2018.

MEHETRE, S.T.; MUKHERJEE, P. K. *Trichoderma* improves nutrient use efficiency in crop plants. **Nutrient use efficiency: from basics to advances**, p. 173-180, 2015.

MENDES, F. C.; TAVARES, A. T.; ROSA, P. H. L.; REYES, I.; LOPES, D. A. P. S.; NASCIMENTO, I. R. Desenvolvimento de cultivares de alface sob casa de vegetação em condição climática tropical semiúmido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 2, p. 86-95, 2020.

OLIVEIRA, C.E.S.; JALAL, A.; OLIVEIRA, J.R.; TAMBURI, K.V.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Leaf inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, p. e72755, 2022.

OLIVEIRA, W. M. S.; SILVA, A. G. C.; FERNANDES, G. K. F.; BENTO, J. E. A., SILVA, M. D. S.; LIMA, J. S. S. Desempenho agroeconômico da rúcula adubada com cama de frango. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 19, n. 3, p. 136-140, 2024.

POVEDA, J.; ZABALGOGEAZCOA, I.; SOENGAS, P.; RODRÍGUEZ, V. M.; CARTEA, M. E.; ABILLEIRA, R.; VELASCO, P. *Brassica oleracea* var. *acephala* (kale) improvement by biological activity of root endophytic fungi. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 20224, 2020.

POVEDA, J.; DÍAZ-GONZÁLEZ, S.; DÍAZ-URBANO, M.; VELASCO, P.; SACRISTÁN, S. Fungal endophytes of Brassicaceae: Molecular interactions and crop benefits. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 932288, 2022.

RAWAL, R.; SCHEERENS, J. C.; FENSTEMAKER, S. M.; FRANCIS, D. M.; MILLER, S. A.; BENITEZ, M. S. Novel *Trichoderma* isolates alleviate water deficit stress in susceptible tomato genotypes. **Frontiers in plant science**, v. 13, p. 869090, 2022.

REIS, B.S.S.; DE OLIVEIRA, C.S.; SILVA, M.A.; BERTI, M.P.S.; BENETT, K.S.S.; RESENDE, C.L.P.; RODRIGUES, F. Growth Promotion of *Raphanus Sativus* L. under Doses of Nitrogen with Application of *Trichoderma* Spp. **Journal of Sustainable Development**, v. 17, n. 3, p. 1-39, 2024.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B., CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Embrapa. 356p., 2018.

SANTOS, M. D. F. A.; LINHARES, P. C. F.; ALVES, L. S.; CARLOS, K. G. S; SILVA, U. L.; CARDOSO, E. A.; ASSIS, J. P. Produtividade do consórcio de rúcula com coentro fertilizado com a mistura de palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) mais esterco bovino. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 1727-1743, 2023.

SANTOS, G.T.; ALVES JÚNIOR, M.; SILVA, S.A.S.; SILVA, R.M.; ARAÚJO, A. Utilização de bioinsumos e adubos orgânicos na produção de alface cv. Vanda. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 2, pág. e77252, 2025.

SCHALK, I. J. Bacterial siderophores: diversity, uptake pathways and applications. **Nature Reviews Microbiology**, v. 23, n. 1, p. 24-40, 2025.

SHARMA, A.; SALWAN, R.; KAUR, R.; SHARMA, R.; SHARMA, V. Characterization and evaluation of bioformulation from antagonistic and flower inducing *Trichoderma asperellum* isolate UCRD5. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 43, p. 102437, 2022.

STEIN, É. A.; MINUZZI, R. B. Desempenho agrônômico da rúcula em função da umidade do solo. **Studies in Environmental and Animal Sciences**, v. 6, n. 1, p. e14436-e14436, 2025.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; MALDANER, J.; DE MORAIS, R. M.; HANDTE, V. G.; DE FREITAS DE MORAIS, A.; QUEVEDO, A. C. Increasing productivity of cabbage by two species of *Trichoderma* fungi. **International Journal of Environmental Studies**, v. 78, n. 5, p. 797-803, 2021.

VELASCO, P.; RODRÍGUEZ, V. M.; SOENGAS, P.; POVEDA, J. *Trichoderma hamatum* increases productivity, glucosinolate content and antioxidant potential of different leafy brassica vegetables. **Plants**, v. 10, n. 11, p. 2449, 2021.

VIEIRA, C. S.; DAL PAI, T.; SCHIAVO, J.; LUCCHESI, O. A. Cultivo de rúcula em diferentes coberturas de solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024.

VIJ, S.; SHARMA, N.; SHARMA, M.; MOHANTA, T. K.; KAUSHIK, P. Application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* to cabbage (*Brassica oleracea* L.) improves both its seedling quality and field performance. **Sustainability**, v. 14, n. 13, p. 7583, 2022.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKI, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. **African journal of agricultural research**, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, 2016.

WANG, H.; ZHANG, R.; DUAN, Y.; JIANG, W.; CHEN, X.; SHEN, X.; MAO, Z. The endophytic strain *Trichoderma asperellum* 6S-2: An efficient biocontrol agent against apple replant disease in China and a potential plant-growth-promoting fungus. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 12, p. 1050, 2021.

WIECZOREK, M.N.; DRABIŃSKA, N. Flavour generation during lactic acid fermentation of brassica vegetables—literature review. **Applied Sciences**, v. 12, n. 11, p. 5598, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação com *Trichoderma* spp. demonstrou ser um biopromotor eficaz, melhorando significativamente o desempenho agronômico das culturas avaliadas. No tomate-cereja, a aplicação da cepa *Trichoderma harzianum* associada à dose estimada de 15 gramas de nitrogênio por planta é a estratégia mais eficiente para maximizar o rendimento. Na cultura da rúcula, independentemente da época de aplicação, a inoculação com *Trichoderma asperellum* promoveu os maiores incrementos nas variáveis agronômicas.

Conclui-se que a utilização destes microrganismos otimiza o manejo nutricional, melhorando a eficiência na aquisição e uso dos nutrientes em espécies hortícolas, com reflexo na produtividade. Essas descobertas contribuem significativamente para a otimização dos sistemas de cultivos convencionais das culturas avaliadas, abordando práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARSHAD, A., CÎMPEANU, S. M., JERCA, I. O., SOVORN, C., ALI, B., BADULESCU, L. A., & DRĂGHICI, E. M. Assessing the growth, yield, and biochemical composition of greenhouse cherry tomatoes with special emphasis on the progressive growth report. **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 1002, 2024.
- BUENO, A. E. P.; ARRUDA, E. M.; BRITO, S. G.; NETO, D. C. O. R. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura da rúcula em solo de textura argilosa. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 7, 2023.
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; DI MATTIA, E.; EL-NAKHEL, C.; CARDARELLI, M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 3, p. 1706-1715, 2015.
- COSTA, G. L. V. D.; ARAÚJO, A. D. S.; RODRIGUES, M. D. S. A.; MEDEIROS, W. P.; FREITAS, F. B. F. D. Estudo da aplicação de métodos combinados em revestimentos comestíveis a base de soro de leite e extrato de própolis vermelha na conservação de tomate cereja. In: ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, M. S. A.; MEDEIROS, W. P. **Própolis: Usos Biotecnológicos**. Boa Vista: Editora & Eventos Científicos, p. 59-70, 2021.
- GONÇALVES, D. C.; FERNANDES, C. H. S.; TEJO, D. P.; VIDAL, T. C. M. Cultivo do Tomate Cereja sob Sistema Hidropônico: Influência do Turno de Rega. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 1, p. 20–23, 2018.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Em janeiro, IBGE prevê safra de 342,7 milhões de toneladas para 2026. **Agência de Notícias do IBGE**, 12 fev. 2026. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/45868-em-janeiro-ibge-preve-safra-de-342-7-milhoes-de-toneladas-para-2026>. Acesso em: 02 abr. 2026.
- KHAN, M. R.; MOHIDDIN, F. A. Trichoderma: its multifarious utility in crop improvement. **Crop Improvement Through Microbial Biotechnology**, v.13, n.1, p. 263-291, 2018.
- LIRA, T. P. S.; BARBOSA, J. P. F.; SANTOS, M. I. G.; ALENCAR, V. E. M.; SILVA, J. E.; SILVA, R. N. A prática da horticultura orgânica no município de Arapiraca/AL, Brasil. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1588–1600, 2020.
- NASCIMENTO, M. W. **Por que devemos consumir mais hortaliças?**. Embrapa, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56533086/artigo---por-que-devemos-consumir-mais-hortalicas>>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- PEREIRA, A. G. C.; VIANA, J. A. S.; OLIVEIRA, M. V. S.; DAVID, É. C.; CAMPINAS, D. D. S. N.; DUARTE, L. S.; HUNGRIA, L. C. Respostas de cultivares de rúcula à adubação nitrogenada mineral e orgânica aplicada via cobertura / Cultivares de rúcula respostas à adubação nitrogenada mineral e orgânica aplicada via cobertura. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 8, pág. 61008–61016, 2020.
- RIBEIRO, A. R. A.; BORGES, A. R. Relationship between potentially toxic metals and vegetable consumption in Brazil: a systematic review. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 50445-50457, 2022.

SILVA, D. B.; SIQUEIRA, C. E. A. F.; SANTOS, J. S. A importância da segurança e qualidade microbiológica e parasitológica em hortaliças. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 14, pág. e109101421589, 2021.

SILVA, V. N.; DE MARCO, A.; SOUZA, G. O. Produção de tomate cereja em substrato com e sem aplicação foliar de cálcio. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 13, n. 3, 2025.

SINGH, V.; UPADHYAY, R. S.; SARMA, B. K.; SINGH, H. B. *Trichoderma asperellum* spore dose depended modulation of plant growth in vegetable crops. **Microbiological Research**, v. 193, p. 74-86, 2016.

SORDI, A.; KLEIN, C.; CERICATO, A.; SALVATTI, F.; MARX, E. H. D. Agrol. Desempenho de variedades de tomate cereja submetidas a fertilizante organomineral. **Revista UNICREA**, v. 2, n. 2, p. 92–99, 2024.

SOUZA, T.; QUEIROZ, R. L. Desenvolvimento de rúcula submetida a diferentes coberturas de solo. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 7, n. 1, p. 84–101, 2025.

STEILMANN, P.; MAZON, S.; VARGAS, T. O. Uso do *Trichoderma* em hortaliças. In: Meyer, M. C.; Mazaro, S. M.; Silva, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, p. 455-469, 2019.

TEIXEIRA, A. F.; SOUZA, J.; DOPHINE, D. D.; SOUZA FILHO, J. D.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A. Chemical analysis of *Eruca sativa* ethanolic extract and its effects on hyperuricaemia. **Molecules**, v. 27, n. 5, p. 1506, 2022.

VENEGAS JAQUE, P.; MESTRE, M. C. Hacia una fertilización sustentable: Los microorganismos del suelo son esenciales en los ecosistemas naturales. En- tonces vale preguntarse, ¿cómo aprovecharlos en la agricultura para abrir camino hacia producciones afines con el entorno socioambiental?. **Desde la patagonia. Difundiendo saberes**, v. 18, n. 32, p. 2–9, 2022.