



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – *CAMPUS* ARAGUATINS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

CARLOS ANDRÉ ALMEIDA SILVA
SAMUEL DE OLIVEIRA DE SOUSA

AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE SUPERFOSFATO SIMPLES E
***Trichoderma asperellum* NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ARROZ**
(*Oryza sativa* L.)

ARAGUATINS – TO

2026

CARLOS ANDRÉ ALMEIDA SILVA
SAMUEL DE OLIVEIRA DE SOUSA

AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE SUPERFOSFATO SIMPLES E
***Trichoderma asperellum* NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ARROZ**
(*Oryza sativa* L.)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus* Araguatins, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Dra. Roberta de Freitas Souza Lobo

Coorientadora: Eng. Agrônoma Aritha Eduarda dos Santos Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S586a Silva, Carlos André Almeida
Avaliação da interação entre superfosfato simples e *Trichoderma asperellum* no desenvolvimento de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) / Carlos André Almeida Silva, Samuel de Oliveira de Sousa. – Araguatins, TO, 2026.

41 fol. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO, Araguatins, TO, 2026.

Orientadora: Dra. Roberta de Freitas Souza Lobo.

Coorientadora: Aritha Eduarda Dos Santos Sousa

1. Fertilidade do Solo. 2. Fósforo. 3. *Trichoderma asperellum*. I. Sousa, Samuel de Oliveira de. II. Lobo, Roberta de Freitas Souza. III. Sousa, Aritha Eduarda Dos Santos. IV. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE SUPERFOSFATO SIMPLES E TRICHODERMA ASPERELLUM NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

**AUTORES: Carlos André Almeida Silva
Samuel de Oliveira de Sousa**

ORIENTADORA: Profª. Drª. Roberta de Freitas Souza Lobo

COORIENTADORA: Engenheira Agrônoma Aritha Eduarda dos Santos Sousa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma.

Aprovado em 26 de Junho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Servidora**, em 30/06/2026, às 13:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Decio Dias dos Reis, Servidor**, em 30/06/2026, às 13:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Rogerio Pereira Leite, Servidor**, em 30/06/2026, às 19:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3234269** e o código CRC **6A641E82**.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos queridos pais, Antônio C. R. de Sousa, Raimunda de O. de Sousa, Maria Lázara G. de Almeida e Milton Ribeiro da Silva, pelo amor incondicional, apoio constante, incentivo e confiança depositados em nós ao longo de toda essa trajetória. Vocês foram nossa fonte de força e inspiração nos momentos mais desafiadores, contribuindo de maneira fundamental para a realização deste sonho. Esta conquista também é de vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus por nos conceder saúde, força, sabedoria e perseverança ao longo desta jornada acadêmica. A Ele, nossa gratidão por tornar possível a realização de mais um importante conquista em nossas vidas.

Aos nossos pais, Antônio C. R. de Sousa, Raimunda de O. de Sousa, Maria Lázara G. de Almeida e Milton Ribeiro da Silva, e às nossas irmãs Alêssa de O. de Sousa, Dheysla T. L. de O. Sousa, Rayra A. de O. Sousa, Letícia A. Castro e Lara Cristina A. Pinho, expressamos nossa sincera gratidão pelo amor, carinho, incentivo e presença constante ao longo desta caminhada.

Aos nossos amigos, Emmelly B. de Araújo, Keteenn M. B. de Oliveira, Naikele da S. de Carvalho, Jardel G. S. Ferreira, Julia F. Aguiar, José Wilker, Jarbas S. Ferreira, Márcia G. S. Ferreira, Elias C. T. Milhomem, Georget S. F. Milhomem e os Setes P., agradecemos pela amizade, companheirismo, incentivo e pelos momentos compartilhados ao longo desta trajetória.

À nossa orientadora, Prof.^a Dra. Roberta de Freitas Souza Lobo, carinhosamente chamada de "mãe", e à nossa coorientadora, Aritha Eduarda dos Santos Sousa, expressamos nossa profunda gratidão pela dedicação, orientação, paciência e pelos valiosos ensinamentos compartilhados durante o desenvolvimento deste trabalho e dos projetos realizados ao longo da graduação.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Me. Décio Dias dos Reis e Prof. Me. Márcio Rogério Pereira Leite, agradecemos por aceitarem o convite e pelas valiosas contribuições, sugestões e considerações, que enriqueceram este trabalho e nossa formação acadêmica.

Em especial, um dos autores agradece à sua namorada, Julyana da C. Tavares, pelo amor, carinho, compreensão, incentivo e apoio incondicional. Sua presença foi essencial para superar os desafios e alcançar esta conquista.

De modo igualmente especial, o outro autor manifesta sua gratidão à sua prima, Letícia P. dos Reis, e à sua sobrinha, Ana Vitória P. Aguiar, pelo carinho, incentivo, confiança e constante apoio. O afeto e o encorajamento de vocês foram fundamentais para a realização deste sonho.

Por fim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para nossa formação acadêmica e profissional. Seus ensinamentos, incentivo, confiança e apoio foram fundamentais para a concretização deste trabalho e para o nosso crescimento como futuros profissionais.

“Cada tentativa, cada erro, não importa. Tente de novo, falhe de novo, falhe melhor. O mundo é seu, trate todos com gentileza e ilumine a escuridão. Faça com que o resto da sua vida encontre você. Não busque momentos decisivos, porque eles nunca virão. Os momentos que te definem já aconteceram. E eles já aconteceram novamente”

Peter Dinklage

RESUMO

A baixa disponibilidade de fósforo constitui uma das principais limitações ao desenvolvimento das culturas agrícolas em solos tropicais altamente intemperizados, devido à elevada adsorção desse nutriente pelos minerais do solo, o que reduz sua eficiência agrônômica e aumenta os custos de produção. Nesse contexto, microrganismos promotores de crescimento, como *Trichoderma asperellum*, têm sido estudados por sua capacidade de favorecer o desenvolvimento vegetal e potencializar o aproveitamento de nutrientes pelas plantas. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da interação entre doses de superfosfato simples e *Trichoderma asperellum* sobre o desenvolvimento inicial de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar BRS A705. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Campus Araguatins, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3×3 , constituído por três doses de superfosfato simples (75, 150 e 240 kg ha⁻¹) e três doses de *T. asperellum* (0, 2 e 5 mL), com três repetições. Aos 43 dias após a semeadura foram avaliados o número de perfilhos, a altura das plantas, o comprimento de raízes, a massa fresca da parte aérea, a massa fresca de raízes, a massa seca da parte aérea e a massa seca de raízes. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, à análise de regressão. A adubação fosfatada promoveu incrementos significativos no número de perfilhos, na altura das plantas, na massa fresca da parte aérea e na massa seca da parte aérea, evidenciando sua importância para o crescimento vegetativo inicial da cultura. A inoculação com *T. asperellum* influenciou significativamente apenas a massa fresca da parte aérea, apresentando resposta quadrática e melhor desempenho em dose intermediária. Não foram observadas interações significativas entre os fatores avaliados. Os resultados demonstram que a disponibilidade de fósforo foi o principal fator responsável pelo incremento do crescimento inicial das plantas de arroz, enquanto os efeitos de *T. asperellum* mostraram-se mais restritos às condições experimentais adotadas. Os achados contribuem para o entendimento da utilização conjunta de fertilizantes fosfatados e microrganismos promotores de crescimento em sistemas de produção de arroz cultivados em condições tropicais.

Palavras-chave: Fertilidade do Solo; Fósforo; *Trichoderma asperellum*; Arroz; Crescimento Vegetal.

ABSTRACT

Low phosphorus availability is one of the main constraints to crop development in highly weathered tropical soils due to the strong adsorption of this nutrient by soil minerals, which reduces its agronomic efficiency and increases production costs. In this context, plant growth-promoting microorganisms such as *Trichoderma asperellum* have been investigated for their ability to enhance plant development and improve nutrient utilization. Therefore, this study aimed to evaluate the interaction between single superphosphate rates and *Trichoderma asperellum* on the initial development of rice plants (*Oryza sativa* L.) cultivar BRS A705. The experiment was conducted under greenhouse conditions at the Federal Institute of Tocantins (IFTO), Araguatins Campus, using a randomized complete block design in a 3×3 factorial arrangement, consisting of three single superphosphate rates (75, 150 and 240 kg ha⁻¹) and three *T. asperellum* doses (0, 2 and 5 mL), with three replications. Forty-three days after sowing, the number of tillers, plant height, root length, shoot fresh mass, root fresh mass, shoot dry mass and root dry mass were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and, when significant, regression analysis. Phosphorus fertilization significantly increased the number of tillers, plant height, shoot fresh mass and shoot dry mass, highlighting its importance for the initial vegetative growth of rice plants. *Trichoderma asperellum* significantly affected only shoot fresh mass, showing a quadratic response and better performance at an intermediate dose. No significant interaction was observed between the evaluated factors. The results indicate that phosphorus availability was the main factor responsible for promoting the initial growth of rice plants, whereas the effects of *T. asperellum* were limited under the experimental conditions evaluated. These findings contribute to the understanding of the combined use of phosphate fertilizers and plant growth-promoting microorganisms in rice production systems under tropical conditions.

Keywords: Soil Fertility; Phosphorus; *Trichoderma asperellum*; Rice; Plant Growth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Município de Araguatins.....	20
Figura 2. Número de perfilhos em função das doses de superfosfato simples (SSP). O aumento das doses de SSP promoveu resposta linear positiva para o perfilhamento das plantas ($p < 0,05$).	25
Figura 3. Altura de plantas de arroz em função das doses de Superfosfato Simples (SSP). O aumento das doses de SSP promoveu resposta linear positiva para altura das plantas ($p < 0,01$).	27
Figura 4. Comprimento de raiz de plantas de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) submetidas a diferentes doses de Trichoderma asperellum e Superfosfato Simples.	29
Figura 5. Materia fresca da parte aerea da planta de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) submetidas a diferentes doses de Trichoderma asperellum.....	30
Figura 6. Materia fresca da parte aerea da planta de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) submetidas a diferentes Dose de superfosfato simples (kg ha^{-1})	31
Figura 7. Materia seca da parte aerea da planta de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) submetidas a diferentes Dose de superfosfato simples (kg ha^{-1}).	34

ÍNDICES DE TABELAS

Tabela 1. A caracterização química e o teor de argila do solo foram determinados conforme os critérios estabelecidos na 5ª Aproximação.	21
Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para a variável avaliada em função das doses de <i>Trichoderma asperellum</i> e Superfosfato Simples	25
Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável comprimento de raiz de plantas de arroz submetidas a doses de <i>Trichoderma asperellum</i> e Superfosfato Simples.	27
Tabela 4. Análise de variância para a variável matéria fresca para parte aérea (MFPA) de plantas de arroz submetidas a doses de <i>Trichoderma asperellum</i> e Superfosfato Simples.	29
Tabela 5. Análise de variância para a variável matéria fresca para parte aérea (MFPA) de plantas de arroz submetidas a doses de <i>Trichoderma asperellum</i> e Superfosfato Simples.	32
Tabela 6. A análise de variância revelou efeito significativo apenas para as doses de superfosfato simples (SSP) sobre a massa seca da parte aérea ($p = 0,0220$).....	33
Tabela 7. A análise de variância mostrou que não houve efeito significativo das doses de <i>Trichoderma</i> , das doses de SSP e nem da interação entre os fatores sobre a massa seca de raízes.	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Evolução histórica e origem da cultura do arroz	13
2.2 Importância econômica e agronômica da cultura do arroz.....	14
2.3 Cultivar BRS A705.....	14
2.4 O fósforo na nutrição das plantas de arroz	15
2.4.1 Dinâmica do fósforo em solos tropicais	16
2.4.2 Adsorção e fixação de fósforo	16
2.5 Trichoderma asperellum como promotor de crescimento vegetal.....	17
2.5.1 Mecanismos de solubilização de fósforo por Trichoderma.....	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 Caracterização da área e condições do experimento	20
3.2 Clima da região.....	20
3.3 Solo.....	21
3.4 Condução do experimento	21
3.4.1 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos.....	22
3.4.2 Parâmetros analisados	22
3.5 Análise estatística	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Variável analisada: Número de perfilhos	24
4.2 Variável analisada: Altura de plantas (cm).....	25
4.3 Variável analisada: Comprimento de raiz (cm).....	27
4.4 Variável analisada: Matéria fresca da parte aérea (g).....	29
4.5 Variável analisada: massa fresca de raízes (g)	32
4.6 Variável analisada: massa seca da parte aérea (g).....	33
4.6 Variável analisada: massa seca de raízes (g).....	34
5 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) constitui uma das principais culturas agrícolas do mundo, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar global e na economia de diversos países. Estima-se que mais da metade da população mundial tenha esse cereal como base de sua alimentação, tornando-o um dos alimentos de maior relevância socioeconômica (Villas Bôas, *et al.* 2024). No Brasil, a cultura do arroz apresenta expressiva importância para o agronegócio, destacando-se tanto pela geração de renda quanto pela contribuição para o abastecimento do mercado interno (Sidra, 2020).

No contexto da produção nacional, a safra 2020/2021 apresentou produção superior a 11,747 milhões de toneladas de arroz produzidas, em uma área de aproximadamente 1.677 hectares no território nacional (Conab, 2024). Dessa forma, o estado do Tocantins é responsável por contribuir na produção de 692 mil toneladas em uma área de 124,4 mil ha, e com uma área irrigada de 108 mil ha, equivalente a 656 mil toneladas produzidas (Conab, 2024).

Nos últimos anos, o melhoramento genético tem contribuído significativamente para o aumento da produtividade da cultura do arroz por meio do desenvolvimento de cultivares e variedades mais adaptadas às condições de cultivo e às exigências do mercado. Dentre essas cultivar destaca-se a BRS A705, desenvolvida pela Embrapa para o sistema de cultivo irrigado e sequeiro, apresentando ciclo precoce, elevado potencial produtivo e resistência ao acamamento, características que favorecem a estabilidade da produção e a redução de perdas durante a colheita (Breseghello *et al.*, 2022). Dessa forma, a utilização de materiais genéticos com elevado desempenho agrônômico, associada ao manejo adequado da fertilidade do solo e ao uso de tecnologias sustentáveis, constitui uma estratégia importante para maximizar a produtividade e a eficiência dos sistemas de produção de arroz.

Entre os fatores de disponibilidade de nutrientes presentes no solo o fósforo (P) influenciam diretamente na produtividade da cultura, um macronutriente essencial no crescimento e desenvolvimento vegetal. Esse nutriente participa de processos metabólicos fundamentais, como a transferência de energia, a divisão celular, o desenvolvimento radicular e a formação de estruturas reprodutivas. Entretanto, em solos tropicais altamente intemperizados, grande parte do fósforo aplicado torna-se indisponível para plantas devido à adsorção e fixação por óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al^{3+}) (Elser, 2012).

Os solos predominantes no estado do Tocantins são representados principalmente por Latossolos e Argissolos desenvolvidos sob condições de clima tropical, caracterizados por

elevado grau de intemperismo e predominância de minerais de baixa atividade. Essas características conferem aos solos elevada acidez natural, baixa capacidade de retenção de nutrientes e grande capacidade de adsorção de fósforo, tornando o manejo da fertilidade um fator determinante para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas da região (Santos *et al.*, 2018; Sousa; Lobato, 2004).

A forte interação entre os íons fosfato e os óxidos de ferro e alumínio presentes nesses solos reduz significativamente a eficiência dos fertilizantes fosfatados, aumentando os custos de produção e os riscos ambientais associados ao uso excessivo desses insumos. Nesse contexto, estratégias que favoreçam a solubilização e a reciclagem biológica do fósforo têm recebido crescente atenção da comunidade científica (Novais; Smyth; Nunes, 2007; Roy *et al.*, 2016).

Sob essa perspectiva, a utilização dos microrganismos promotores de crescimento vegetal vem despertando interesse crescente, especialmente espécies do gênero *Trichoderma asperellum*. É um fungo amplamente estudado por suas capacidades de controlar fungos fitopatogênicos por meio de diferentes mecanismos de antagonismo. Nesse contexto, observa-se que esses microrganismos têm demonstrado potencial para promover o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Tal promoção ocorre por meio da disponibilidade de nutrientes, da produção de substâncias promotoras de crescimento vegetal, do aumento da capacidade de absorção de nutrientes do solo, da competição de nutrientes com microrganismos prejudiciais e da indução de mecanismos de resistência nas plantas (Silva *et al.* 2024).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre doses de superfosfato simples e *T. Asperellum* no crescimento, desenvolvimento e desempenho produtivo de plantas de arroz. Onde Partiu-se da hipótese de que a inoculação de *T. Asperellum* associada à adubação fosfatada aumenta a eficiência de utilização do fósforo pela cultura do arroz, promovendo maior crescimento vegetativo, desenvolvimento radicular e produtividade em comparação à aplicação isolada do fertilizante fosfatado. Essa associação pode contribuir para a sustentabilidade e dos sistemas de produção agrícola. Diante disso, torna-se importante investigar os efeitos dessa interação sobre o crescimento vegetal, o estado nutricional e o desempenho produtivo de plantas de arroz cultivadas em condições controladas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Evolução histórica e origem da cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa*), originário da Ásia, pertence à família Poaceae, monocotiledônea, destaca-se como um dos cereais com maior importância econômica em escala mundial. Dessa forma, os países asiáticos concentram a maior parte da produção e do consumo desse grão, sendo a China e a Índia responsáveis por aproximadamente 50% da produção e dos consumos globais (Soares, 2015).

O autor ainda destaca que, diante desse cenário, a cultura do arroz tem grande relevância socioeconômica no Brasil, uma vez que integra a alimentação básica da população. Além disso, o país destaca-se como o maior produtor e consumidor de arroz fora do continente asiático. Apesar dessa expressiva participação no cenário nacional, sua representatividade no mercado internacional permanece inferior a 2% da produção mundial (Soares, 2015).

A origem do arroz cultivado é frequentemente associada às regiões de Bengala e Assam, na Índia, bem como a Mianmar, consideradas importantes centros de domesticações da cultura. Evidências indicam que duas espécies silvestres atuaram como precursora das principais espécies cultivadas. A espécie asiática *Oryza rufipogon* é apontada como ancestral de *Oryza barthii* (*Oryza breviligulata*), encontrada na África Ocidental, é reconhecida como a espécie que deu origem a *Oryza glaberrima* (Winch, 2006).

Cerca de 90% da produção mundial de arroz está concentrada no continente asiático, onde o cultivo e o consumo do cereal são predominantes, sendo o sistema de irrigação por inundação o método de produção mais utilizado. No Brasil, aproximadamente 69% da produção é oriunda de áreas de várzea, um ecossistema que apresenta menor dependência das condições climáticas quando comparado aos cultivos realizados em terras altas (Guimarães *et al.*, 1998).

Ademais, devido à sua ampla capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, o arroz é considerado uma das culturas com maior potencial para o incremento da produção agrícola mundial, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar e no combate à fome (Azambuja *et al.*, 2004)

2.2 Importância econômica e agrônômica da cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos cereais mais cultivado e sendo consumido no mundo todo, dessa forma, vem desempenhando um papel crucial na segurança alimentar global, representando a base da dieta de mais da metade da população mundial, especialmente em países da Ásia, África, América Latina. Além de seu valor nutricional, o arroz possui grande importância econômica por ser uma commodity essencial no comércio internacional, influenciando diretamente no Produto Interno Bruto (PIB) agrícola de diversas nações produtoras (FAO, 2024).

No Brasil, o arroz é um dos principais produtos agrícolas, gerando emprego e renda para milhares de agricultores, especialmente nas regiões Sul e Centro-Oeste. A cadeia produtiva do arroz envolve uma ampla rede que vai desde o plantio até o beneficiamento e comercialização, impactando significativamente a economia local e regional. Além disso, o país é autossuficiente na produção de arroz, o que contribui para a estabilidade dos preços internos e para a redução da dependência de importações de alimentos básicos (Conab, 2024).

A valorização do arroz como ativo econômico também está relacionada ao avanço tecnológico no setor agrícola, incluindo o uso de sementes melhoradas, mecanização, irrigação e práticas sustentáveis de cultivo. Esses fatores têm impulsionado a produtividade e a competitividade do arroz brasileiro no mercado global. Diante disso, o arroz não é apenas um alimento essencial, mas também um vetor de desenvolvimento socioeconômico, sendo fundamental para a balança comercial e para o fortalecimento do agronegócio nacional (Embrapa, 2024).

2.3 Cultivar BRS A705

O melhoramento genético tem desempenhado papel fundamental no desenvolvimento da cultivar de arroz com elevado potencial produtivo e maior adaptação às condições de cultivo encontradas nas diferentes regiões produtoras do Brasil. Nesse contexto, a Embrapa desenvolveu a cultivar BRS A705, destinada ao sistema de cultivo irrigado e sequeiro, com o objetivo de atender às demandas dos produtores por materiais genéticos que associem elevada produtividade, estabilidade de rendimento e características agrônômicas favoráveis. De acordo com Breseghello *et al.* (2022), a cultivar apresenta ciclo

precoce, característica que possibilita maior flexibilidade no planejamento das atividades agrícolas, além de permitir melhor aproveitamento das condições ambientais durante o ciclo da cultura.

A cultivar BRS A705 destaca-se também pelo elevado potencial produtivo, apresentando desempenho superior quando comparada a materiais tradicionalmente utilizados em sistemas de arroz irrigado e sequeiro. Segundo Breseghello *et al.* (2022), essa cultivar foi desenvolvida visando proporcionar maior eficiência produtiva, mantendo elevados padrões de qualidade dos grãos e ampla adaptação aos principais ambientes de cultivo. Além disso, a precocidade da cultivar pode contribuir para a redução dos custos de produção, uma vez que, ciclos mais curtos geralmente demandam menor tempo de permanência da cultura no campo, favorecendo o planejamento de sucessão de culturas e a otimização do uso dos recursos disponíveis.

Outro aspecto relevante da BRS A705 é sua resistência ao acamamento, característica de grande importância agrônômica para a cultura do arroz. O acamamento consiste no tombamento das plantas, fenômeno que pode comprometer a interceptação de luz, dificultar as operações de colheita e ocasionar perdas significativas de produtividade e qualidade dos grãos. De acordo com Breseghello *et al.* (2022), a resistência ao acamamento observada na cultivar BRS A705 contribui para maior estabilidade produtiva e segurança ao produtor, especialmente em condições de elevado potencial de crescimento vegetativo. Dessa forma, a utilização dessa cultivar representa uma alternativa promissora para sistemas de produção que buscam aliar alta produtividade, qualidade dos grãos e maior eficiência no manejo da cultura.

2.4 O fósforo na nutrição das plantas de arroz

O fósforo (P) é um dos macronutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo fundamental para processos metabólicos como a fotossíntese, a respiração celular, a transferência de energia (ATP/ADP) e a síntese de ácidos nucleicos. Sua presença adequada é indispensável principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento vegetal, pois estimula a formação e o crescimento das raízes, contribuindo para a absorção de água e de outros nutrientes (Novais & Smyth, 2023).

Nas plantas, a absorção do fósforo ocorre predominantemente na forma de íons ortofosfato (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), cuja disponibilidade no solo é influenciada pelo pH, pela textura do solo e pela presença de elementos como ferro e alumínio, que podem formar

compostos insolúveis, limitando o acesso ao nutriente. Em solos tropicais, a disponibilidade de fósforo costuma ser limitada, exigindo o uso de adubação fosfatada para garantir níveis adequados para as culturas agrícolas. A aplicação deve ser feita com base em análises químicas do solo, visando corrigir deficiências e evitar perdas por imobilização (Villas Bôas *et al.* 2024).

2.4.1 Dinâmica do fósforo em solos tropicais

Em regiões tropicais, a dinâmica do fósforo apresenta características distintas quando comparada aos solos de regiões temperadas. Em função do elevado grau de intemperismo, os solos tropicais possuem grande quantidade de minerais secundários, especialmente óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, responsáveis pela elevada capacidade de adsorção de fosfato. Como consequência, mesmo quando fertilizantes fosfatados são aplicados em quantidades adequadas, uma parcela significativa do fósforo pode ser rapidamente transferida da solução do solo para formas menos disponíveis às plantas, reduzindo a eficiência agronômica da adubação fosfatada (Novais; Smyth; Nunes, 2007; Sousa; Lobato, 2004).

Nos solos do Cerrado brasileiro, a disponibilidade natural de fósforo é considerada uma das principais limitações à produtividade agrícola. Esses solos apresentam baixos teores do nutriente em sua forma disponível, além de elevada capacidade tampão, exigindo estratégias de manejo que aumentem a eficiência do uso do fósforo pelas culturas. Dessa forma, a utilização de tecnologias complementares, como bioinsumos microbianos, surge como alternativa promissora para melhorar o aproveitamento do fósforo aplicado ao solo (Sousa; Lobato, 2004; Roy *et al.*, 2016).

2.4.2 Adsorção e fixação de fósforo

A adsorção de fósforo consiste em um processo físico-químico no qual os íons fosfato presentes na solução do solo são retidos na superfície de partículas minerais, especialmente óxidos de ferro e alumínio. Esse fenômeno reduz a concentração do nutriente na solução do solo, diminuindo sua disponibilidade para absorção pelas raízes. Em solos altamente intemperizados, a adsorção pode ocorrer de maneira intensa devido à elevada área superficial específica e à alta reatividade dos minerais presentes na fração argila (Hinsinger, 2001; Fink *et al.*, 2016).

Além da adsorção, ocorre também a fixação do fósforo, caracterizada pela formação de compostos pouco solúveis com ferro, alumínio ou cálcio, dependendo das condições químicas do solo. Esse processo representa uma das principais causas da baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados em ambientes tropicais, uma vez que grande parte do fósforo aplicado torna-se indisponível às plantas logo após sua aplicação (Shen *et al.*, 2011; Elser, 2012).

2.5 *Trichoderma asperellum* como promotor de crescimento vegetal

O fungo do gênero *Trichoderma* é classificado na classe *Sordariomycetes*, pertencente ao filo *Ascomycota*. Nas espécies cuja fase sexuada é conhecida, observa-se a formação de corpos frutíferos do tipo peritécio, que se desenvolvem em estromas com coloração variando entre verde, amarelado, creme ou marrom. Substratos como madeira em decomposição e fungos que produzem corpos frutíferos visíveis, como cogumelos e espigas, são frequentemente colonizados por esse gênero (Abreu, 2020).

A elevada eficiência reprodutiva, o metabolismo versátil e a forte competitividade das linhagens de *Trichoderma* contribuem para sua ampla sobrevivência em diversos ambientes naturais. As espécies desse gênero demonstram comportamento antagônico, principalmente em razão do seu hiperparasitismo. Além disso, algumas delas são capazes de produzir metabólitos bioativos que potencializam sua ação antagonista. Estudos têm se concentrado amplamente no uso das proteases produzidas por *Trichoderma* em processos de biorremediação (Sá, 2013).

A maior parte das espécies do gênero *Trichoderma* demonstra distintas capacidades, especialmente em atividades relacionadas ao controle biológico e à promoção do crescimento das plantas. O êxito na introdução dessas espécies em diferentes ambientes depende de uma combinação de fatores abióticos e bióticos (David, 2023).

Pesquisas têm evidenciado a eficácia dos fungos do gênero *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. A compreensão da sua capacidade de solubilizar fosfato e sintetizar ácido indolacético (IAA), aliada ao seu já reconhecido potencial como agentes de biocontrole de fitopatógenos, pode contribuir significativamente para a seleção de isolados promissores. Esses isolados podem ser utilizados na agricultura para disponibilizar fósforo a partir de fontes com baixa solubilidade (Embrapa, 2016).

Para que ocorra um desenvolvimento adequado das espécies de *Trichoderma*, é essencial a presença de diversos nutrientes, os quais são compostos por elementos químicos como oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), entre outros. Esses elementos são fundamentais para a sustentação dos processos

metabólicos primários e secundários, além de serem responsáveis pela formação de estruturas celulares como organelas, paredes e membranas e pela produção de substâncias importantes, como enzimas, metabólitos secundários e proteínas (Lopes, 2020).

Outro benefício associado à utilização de *Trichoderma asperellum* está relacionado ao controle biológico de doenças. Os mecanismos de ação desse fungo incluem a competição por espaço e nutrientes, a produção de metabólitos com atividade antimicrobiana e o micoparasitismo de fungos fitopatogênicos, contribuindo para a redução da incidência de doenças e para o aumento da sanidade vegetal (Harman *et al.*, 2004; Lorito *et al.*, 2010).

Dessa forma, a utilização de *Trichoderma asperellum* representa uma alternativa sustentável para aumentar a eficiência dos sistemas produtivos, favorecendo a absorção de nutrientes, reduzindo a dependência de fertilizantes e defensivos químicos e contribuindo para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis e biologicamente equilibrados (Duan *et al.*, 2023; Chungopast *et al.*, 2023; Woo; Pepe, 2018).

2.5.1 Mecanismos de solubilização de fósforo por Trichoderma

Diversas espécies do gênero *Trichoderma* apresentam capacidade de aumentar a disponibilidade de fósforo no solo por meio de mecanismos biológicos de solubilização. Entre esses mecanismos destacam-se a produção de ácidos orgânicos, a redução localizada do pH da rizosfera e a secreção de enzimas fosfatases, capazes de transformar formas insolúveis do nutriente em compostos assimiláveis pelas plantas. Esses processos contribuem para aumentar a concentração de fósforo disponível na solução do solo, favorecendo a absorção radicular e o desenvolvimento vegetal (Altomare *et al.*, 1999; Oni *et al.*, 2023).

Estudos recentes demonstraram que a associação entre *Trichoderma* spp. e culturas agrícolas pode aumentar significativamente a eficiência do uso do fósforo, reduzindo a necessidade de fertilizantes minerais. Além disso, a capacidade desses fungos de colonizar a rizosfera permite uma interação contínua com o sistema radicular, promovendo benefícios nutricionais e fisiológicos ao longo do ciclo da cultura (Duan *et al.*, 2023; Chungopast *et al.*, 2023).

A produção de ácidos orgânicos constitui um dos principais mecanismos envolvidos na solubilização de fosfatos minerais por fungos do gênero *Trichoderma*. Compostos como ácido cítrico, ácido glucônico, ácido oxálico e ácido fumárico promovem a acidificação da rizosfera e a complexação de cátions metálicos associados ao fósforo, favorecendo a liberação do nutriente para a solução do solo. Como resultado, ocorre aumento da disponibilidade de

fósforo para absorção pelas plantas, especialmente em solos tropicais com elevada capacidade de adsorção (Altomare *et al.*, 1999; Villas Bôas *et al.*, 2024).

A disponibilidade de fósforo no ambiente edáfico não depende exclusivamente das características químicas do solo, mas também da intensa atividade microbiológica presente na rizosfera. Fungos e bactérias promotoras de crescimento vegetal atuam diretamente na ciclagem de nutrientes, promovendo a mineralização de compostos orgânicos e a solubilização de formas pouco disponíveis de fósforo. Dessa forma, a interação entre solo, microrganismos e plantas constitui um componente essencial para o aumento da eficiência nutricional dos sistemas agrícolas modernos (Woo; Pepe, 2018; Oni *et al.*, 2023).

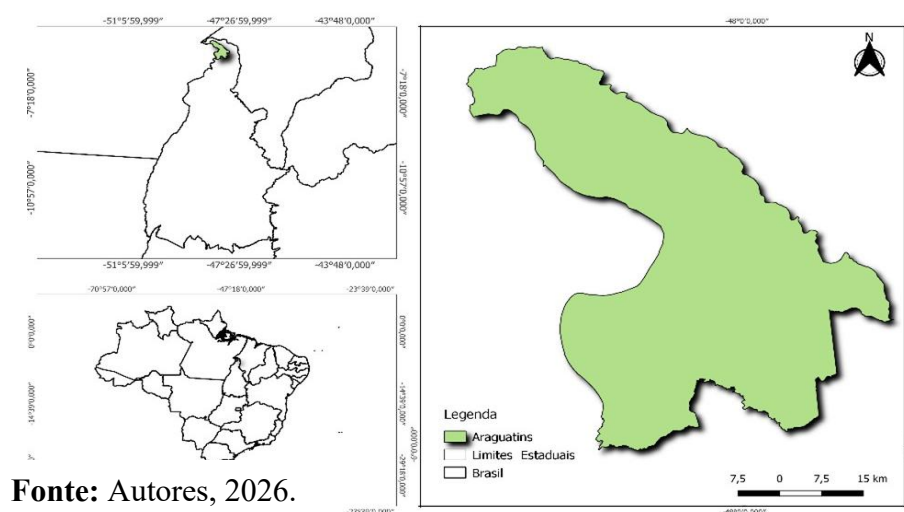
No caso específico de *Trichoderma asperellum*, além dos efeitos relacionados à solubilização de fósforo, diversos estudos relatam benefícios associados ao aumento da área radicular, à produção de fitormônios e à indução de resistência sistêmica nas plantas, potencializando a absorção de nutrientes e o crescimento vegetal (Harman *et al.*, 2004; Lorito *et al.*, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área e condições do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) – Campus Araguatins, localizado no município de Araguatins, região norte do estado do Tocantins (Figura 1). A utilização de ambiente protegido permitiu maior controle das condições de cultivo, reduzindo a influência de fatores ambientais externos e proporcionando maior uniformidade experimental para a avaliação dos efeitos da interação entre o supefosfato simples e a inoculação com *Trichoderma asperellum* sobre o desenvolvimento da cultura do arroz.

Figura 1. Município de Araguatins.



O município de Araguatins está inserido no bioma Cerrado, uma das principais regiões agrícolas do Brasil, caracterizada por apresentar solos altamente intemperizados, baixa fertilidade natural e elevada capacidade de adsorção de fósforo, fatores que frequentemente limitam o desenvolvimento das culturas agrícolas e demandam estratégias específicas de manejo da fertilidade do solo (Santos *et al.*, 2018; Sousa; Lobato, 2004; Novais; *et al.*, 2007).

3.2 Clima da região

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima predominante na região é do tipo Aw, caracterizado como tropical sazonal, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro e março, e uma estação seca, que ocorre entre abril e setembro (Alvares *et al.*, 2013). A região apresenta temperatura média

anual variando entre 25 e 28 °C e precipitação média anual próxima de 1.700 mm, concentrada principalmente durante o período chuvoso, condições favoráveis ao desenvolvimento de diversas culturas agrícolas de importância econômica para o estado do Tocantins (Alvares *et al.*, 2013).

3.3 Solo

Os experimentos foram realizados utilizando amostras de solo obtidas na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade. As principais classes de solos que ocorrem na área são: Latossolos Vermelho-Amarelos, Areias Quartzosas, Podzólicos Vermelho-Amarelos e Cambissolos (Brasil, 1982), de acordo com análise de solo conforme a (Tabela 1). A cultivar de arroz utilizada a BRS A705.

Tabela 1. A caracterização química e o teor de argila do solo foram determinados conforme os critérios estabelecidos na 5ª Aproximação.

pH em H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC	SB	V	Argila
6,5	mg/dm ³		-----Cmolc/dm ⁻³ -----							%
	3,96	126	19,7	9,1	0,0	3,30	32,42	29,12	89,82	46,63

A granulometria do solo foi avaliada em amostras coletadas na profundidade de 0,00 a 0,20 m.

3.4 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 × 3, composto por três doses de superfosfato simples (SSP) (75, 150 e 240 kg ha⁻¹) e três doses de *Trichoderma asperellum* (0, 2 e 5 mL). A combinação dos fatores resultou em nove tratamentos, distribuídos em três blocos, totalizando 27 unidades experimentais.

Como fonte de fósforo, utilizou-se o superfosfato simples, fertilizante com teor de fósforo variando entre 18 e 21% de P₂O₅. As doses do fertilizante foram aplicadas em associação às diferentes doses de *Trichoderma*, visando avaliar os efeitos da interação entre a adubação fosfatada e a inoculação do fungo no desenvolvimento das plantas.

Foram utilizados 27 vasos com capacidade de 12 L, medindo aproximadamente 27 cm de diâmetro, 27,5 cm de altura e 21 cm de profundidade. Os vasos foram preenchidos com solo previamente seco ao ar, destorroado e peneirado para homogeneização do material. Posteriormente, os vasos foram pesados para padronização da quantidade de solo utilizada em

cada unidade experimental

Com base nos resultados da análise química do solo, não foi necessária a realização de calagem, uma vez que não foram observados teores de alumínio trocável (Al^{3+}) que justificassem a correção da acidez. Em seguida, procedeu-se à aplicação das respectivas doses de superfosfato simples, conforme os tratamentos estabelecidos.

A semeadura foi realizada em 21 de Abril, utilizando sementes da cultivar de arroz BRS A705. Foram distribuídas, em média, seis sementes por vaso. Após a semeadura, aplicaram-se as doses de *Trichoderma*. A distribuição dos tratamentos dentro de cada bloco foi realizada por sorteio, assegurando a casualização das unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos pelas combinações entre as doses de superfosfato simples (75, 150 e 240 kg ha⁻¹) e as doses de *Trichoderma* (0, 2 e 5 mL), totalizando nove combinações experimentais.

Durante a condução do experimento, os vasos foram mantidos em casa de vegetação e submetidos à rega manual (com regador), com o objetivo de manter condições adequadas de umidade do solo para o desenvolvimento das plantas. Os demais tratos culturais foram efetuados sempre que necessários, visando garantir o adequado estabelecimento e crescimento da cultura.

3.4.1 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos

Para a aplicação do *Trichoderma asperellum*, o produto foi diluído em 100 mL de água destilada utilizando uma proveta graduada. Em seguida, com o auxílio de uma pipeta, foram retirados volumes correspondentes às doses de 2 e 5 mL, conforme os tratamentos estabelecidos.

A aplicação do superfosfato simples (SSP) foi realizada com base em cálculos prévios para determinação da quantidade necessária por vaso, de acordo com as doses de 75, 150 e 240 kg ha⁻¹. Após os cálculos, as quantidades correspondentes foram pesadas em balança de precisão e aplicadas diretamente em cada unidade experimental.

Dessa forma, garantiu-se a correta padronização das doses dos insumos aplicados, assegurando a uniformidade dos tratamentos ao longo do experimento.

3.4.2 Parâmetros analisados

As avaliações foram realizadas aos 45 dias após a semeadura, utilizando-se três plantas por unidade experimental os seguintes parâmetros foram analisados:

- ❖ Número de perfilhos: determinado pela contagem do número total de perfilhos emitidos

por planta.

- ❖ Altura de plantas (cm): obtida por meio da medição da distância entre a superfície do solo e o ápice da planta.
- ❖ Comprimento de raiz (cm): determinado pela medição do sistema radicular, desde o colo da planta até a extremidade da raiz principal.
- ❖ Matéria fresca da parte aérea (g): obtida pela pesagem da parte aérea das plantas imediatamente após a coleta.
- ❖ Matéria fresca de raiz (g): determinada pela pesagem do sistema radicular logo após a coleta e limpeza das raízes.
- ❖ Matéria seca da parte aérea (g): obtida após a secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante.
- ❖ Matéria seca de raiz (g): determinada após a secagem das raízes em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante.

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliação dos efeitos dos tratamentos, considerando o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial. Quando observada significância estatística, as médias foram comparadas e/ou submetidas à análise de regressão para as doses dos fatores quantitativos.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional SISVAR. Para todas as variáveis analisadas, foram considerados os níveis de significância apropriados para interpretação dos resultados, com o objetivo de avaliar os efeitos da interação entre as doses de superfosfato simples e *T. Asperellum*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variável analisada: Número de perfilhos

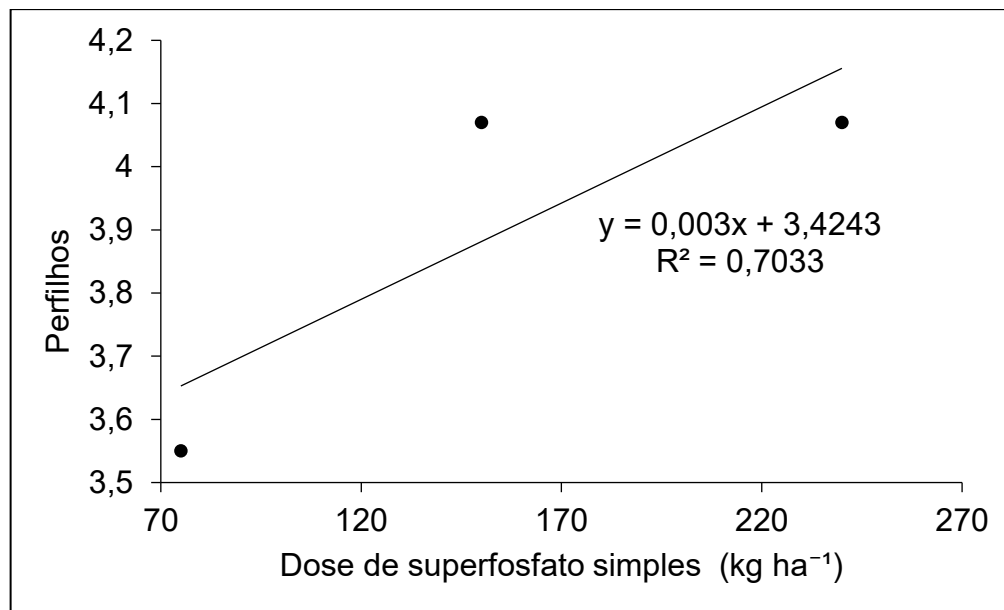
A análise de regressão para o perfilhamento mostrou que as doses de *Trichoderma asperellum* não influenciaram significativamente essa variável. Os modelos linear e quadrático ajustados não apresentaram coeficientes significativos ($p > 0,05$), indicando que o aumento das doses do microrganismo não promoveu alterações no número de perfilhos. As médias observadas permaneceram relativamente estáveis entre as doses avaliadas, variando de 3,78 a 4,04 perfilhos por planta, o que reforça a ausência de resposta ao tratamento com *Trichoderma asperellum*.

Em contrapartida, as doses de SSP exerceram efeito significativo sobre o perfilhamento. O ajuste linear apresentou coeficiente angular positivo e significativo ($p = 0,0192$), demonstrando que o aumento das doses de fósforo proporcionou incremento no número de perfilhos. O modelo explicou 70,5% da variação observada ($R^2 = 70,50\%$), evidenciando uma relação consistente entre a adubação fosfatada e o perfilhamento das plantas.

As médias observadas indicaram aumento do perfilhamento com a elevação das doses de SSP, passando de 3,55 perfilhos na dose de 75 kg ha^{-1} para aproximadamente 4,04 perfilhos nas doses de 150 e 240 kg ha^{-1} . Esse resultado sugere que a disponibilidade de fósforo favoreceu a emissão de perfilhos, possivelmente devido ao papel desse nutriente no crescimento radicular, na produção de energia metabólica e no estabelecimento inicial das plantas (Figura 2).

O perfilhamento respondeu positivamente ao aumento das doses de SSP, evidenciando a importância do fósforo para a emissão e desenvolvimento de novos perfilhos. Entretanto, as doses de *Trichoderma* não influenciaram significativamente essa variável, não sendo observada interação significativa entre os fatores. Esses resultados indicam que o incremento no perfilhamento esteve associado principalmente à maior disponibilidade de fósforo no solo, sem evidências de efeito complementar ou sinérgico da inoculação com *Trichoderma asperellum* nas condições avaliadas.

Figura 2. Número de perfilhos em função das doses de superfosfato simples (SSP). O aumento das doses de SSP promoveu resposta linear positiva para o perfilhamento das plantas ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.2 Variável analisada: Altura de plantas (cm)

A altura das plantas de arroz foi influenciada significativamente pelas doses de superfosfato simples (SSP) ($p < 0,01$), enquanto as doses de Trichoderma e a interação entre os fatores não apresentaram efeito significativo (Tabela 2). O coeficiente de variação obtido foi de 7,61%, indicando elevada precisão experimental segundo os critérios propostos por Pimentel-Gomes (2009).

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para a variável avaliada em função das doses de Trichoderma asperellum e Superfosfato Simples.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
T. asperellum	14.885356	7.442678	0.610	0.5556 ns
Superfosfato simples	334.192022	167.096011	13.689	0.0003 **
<i>T.asperellum</i> *Superfosfato simples	29.123089	7.280772	0.596	0.6704 ns

CV: 7.61%

ns = não significativo ($p > 0,05$); ** = significativo a 0,1% de probabilidade ($p \leq 0,001$).

A análise de regressão revelou ajuste significativo ao modelo linear para as doses de SSP, descrito pela equação $\hat{Y} = 38,37 + 0,0486X$, com coeficiente de determinação (R^2) de 86,77% (Figura 3). Observou-se incremento contínuo da altura das plantas com o aumento das

doses de fósforo (figura 3), alcançando valores médios de 43,00; 43,85 e 50,85 cm nas doses de 75, 150 e 240 kg ha⁻¹ de SSP, respectivamente.

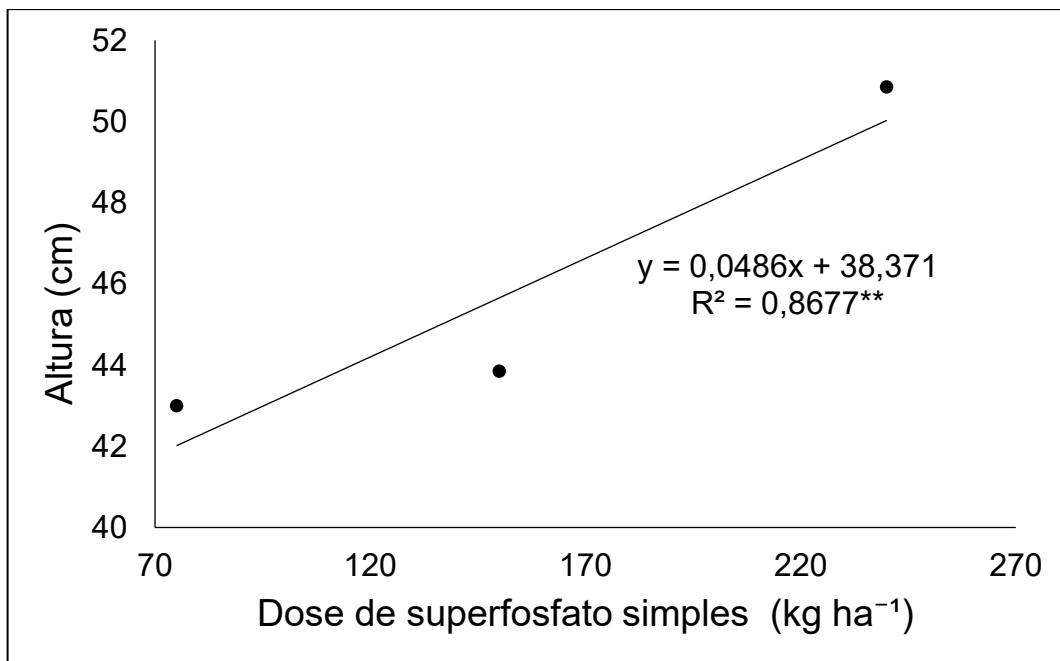
O aumento da altura das plantas em resposta à adubação fosfatada pode ser atribuído à participação do fósforo em processos fisiológicos fundamentais, como transferência de energia, síntese de ATP, divisão celular e desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Fageria (2008), o fósforo é um dos nutrientes mais importantes para o estabelecimento inicial da cultura do arroz, promovendo maior crescimento vegetativo e maior eficiência na absorção de água e nutrientes.

Resultados semelhantes foram relatados por Fageria, Baligar & Jones (2011), que observaram incremento do crescimento vegetativo e da altura de plantas de arroz com o aumento da disponibilidade de fósforo no solo. Da mesma forma, Crusciol *et al.* (2016) verificaram que a adubação fosfatada favorece o desenvolvimento inicial do arroz, especialmente em condições de baixa disponibilidade natural do nutriente.

A ausência de efeito significativo do *T.asperellum* sobre a altura das plantas pode estar relacionada às condições experimentais em vasos, nas quais o suprimento de nutrientes é mais homogêneo e o volume de exploração radicular é limitado. Nessas condições, os benefícios associados à solubilização de fósforo e à promoção de crescimento por *T.asperellum* podem ser reduzidos. Harman *et al.* (2004) destacam que os efeitos desse fungo são dependentes das condições ambientais, da espécie utilizada e da interação com a microbiota do solo.

Estudos conduzidos por Shores, Harman & Mastouri (2010) demonstram que os efeitos promotores de crescimento de *T.asperellum* podem variar em função do ambiente de cultivo, da fertilidade do solo e do genótipo da planta hospedeira. Dessa forma, embora o microrganismo não tenha promovido incrementos significativos na altura das plantas neste estudo, seu potencial agrônomo não deve ser descartado, uma vez que outros parâmetros fisiológicos e produtivos podem responder de maneira distinta.

Figura 3. Altura de plantas de arroz em função das doses de Superfosfato Simples (SSP). O aumento das doses de SSP promoveu resposta linear positiva para altura das plantas ($p < 0,01$).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.3 Variável analisada: Comprimento de raiz (cm)

Para a variável comprimento de raiz, não foi observado efeito significativo das doses de Superfosfato Simples ($p = 0,9347$), nem da interação entre *Trichoderma asperellum* e Superfosfato Simples ($p = 0,1187$). Entretanto, as doses de *T. asperellum* apresentaram efeito próximo ao nível de significância adotado ($p = 0,0790$), indicando tendência de resposta do sistema radicular à inoculação do microrganismo (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável comprimento de raiz de plantas de arroz submetidas a doses de *Trichoderma asperellum* e Superfosfato Simples.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
<i>T. asperellum</i>	134.666452	67.333226	2.988	0.0790 ns
Superfosfato simples	3.058274	1.529137	0.068	0.9347 ns
<i>T.asperellum</i> *Superfosfato simples	195.819059	48.954765	2.172	0.1187 ns

CV: 12.50 %

ns = não significativo ($p > 0,05$).

A análise de variância para o comprimento de raiz não evidenciou efeito significativo das doses de *Trichoderma asperellum* ($p = 0,0790$), das doses de Superfosfato Simples ($p = 0,9347$) e da interação entre os fatores ($p = 0,1187$). Dessa forma (Figura 4), os tratamentos

avaliados não promoveram alterações estatisticamente significativas no desenvolvimento radicular das plantas nas condições experimentais estudadas.

A ausência de significância para o Superfosfato Simples indica que, possivelmente, o fósforo não foi um fator limitante ao crescimento radicular no sistema avaliado, o que pode ter reduzido a possibilidade de resposta diferenciada entre os tratamentos. De maneira semelhante, a interação entre os fatores não foi significativa, indicando que a combinação entre *Trichoderma asperellum* e fósforo não resultou em efeito sinérgico ou antagônico detectável para a variável estudada.

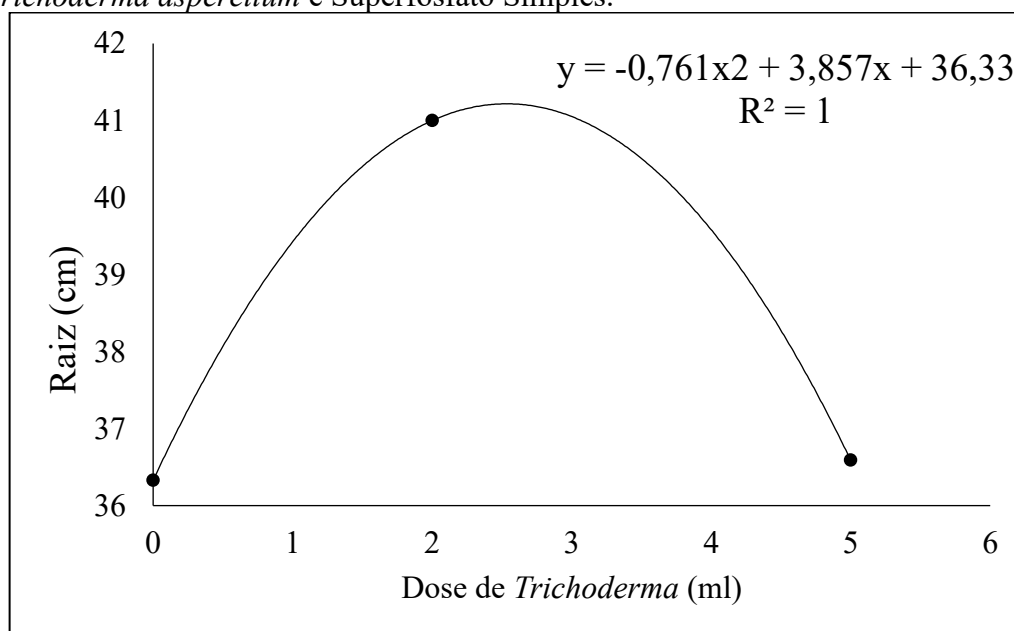
Embora o efeito das doses de *T. asperellum* não tenha atingido significância ao nível de 5% de probabilidade, o valor de p obtido ($p = 0,0790$) sugere uma tendência de resposta biológica do sistema radicular. Esse comportamento indica que o microrganismo pode ter influenciado o crescimento das raízes de forma não linear, o que foi confirmado pela análise de regressão, que ajustou modelo quadrático significativo para a variável.

Esse tipo de resposta é amplamente relatado na literatura para microrganismos promotores de crescimento vegetal. Segundo Harman *et al.* (2004), espécies de *Trichoderma* podem apresentar efeitos variáveis sobre o desenvolvimento radicular, dependendo do isolado utilizado, da planta hospedeira, das condições ambientais e da disponibilidade de nutrientes no solo. Em alguns casos, a ausência de significância estatística ocorre mesmo na presença de respostas biológicas sutis, especialmente quando as plantas se encontram em condições favoráveis de crescimento.

Shoresh, Harman & Mastouri (2010) destacam que os efeitos de *Trichoderma asperellum* tendem a ser mais expressivos sob condições de estresse nutricional ou ambiental, enquanto em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes, como possivelmente observado neste estudo, os efeitos sobre o sistema radicular podem ser mascarados. Assim, a ausência de diferença significativa pode estar relacionada à baixa limitação nutricional do substrato ou à alta variabilidade experimental.

De forma geral, os resultados indicam que, nas condições avaliadas, o crescimento radicular não foi significativamente alterado pelos tratamentos, embora a tendência observada para *T. asperellum* sugira possível resposta biológica dependente de dose. Estudos futuros com maior número de repetições, diferentes isolados e condições de estresse controlado podem contribuir para melhor compreensão do comportamento desse microrganismo no desenvolvimento radicular do arroz

Figura 4. Comprimento de raiz de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a diferentes doses de *Trichoderma asperellum* e Superfosfato Simples.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.4 Variável analisada: Matéria fresca da parte aérea (g)

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi influenciada significativamente pelas doses de *Trichoderma* ($p = 0,0486$) e de superfosfato simples (SSP) ($p = 0,0112$), não sendo observada interação significativa entre os fatores ($p = 0,6154$) (Tabela 4). A média geral observada foi de $101,79 \text{ g planta}^{-1}$ e o coeficiente de variação foi de 28,89%.

Tabela 4. Análise de variância para a variável matéria fresca para parte aérea (MFPA) de plantas de arroz submetidas a doses de *Trichoderma asperellum* e Superfosfato Simples.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
T. asperellum	6354.456689	3177.228344	3.674	0.0486*
Superfosfato simples	10432.476600	5216.238300	6.032	0.0112*
<i>T.asperellum</i> *Superfosfato simples	2354.674978	588.668744	0.681	0.6154 ns

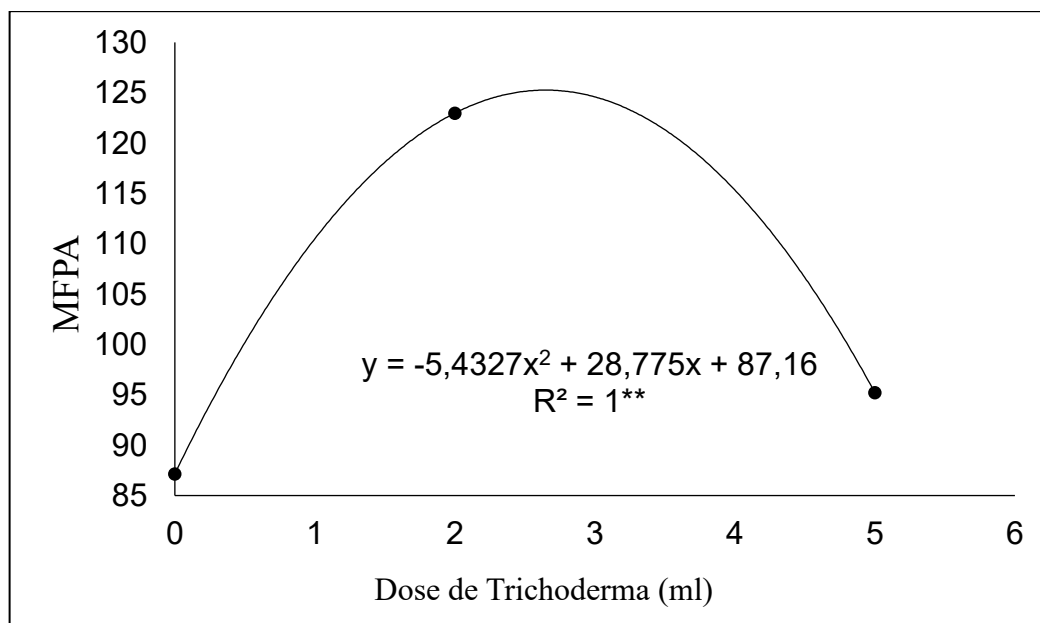
CV: 28.89 %

ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 0,5 % de probabilidade ($p \leq 0,001$).

Para as doses de *Trichoderma*, verificou-se ajuste significativo ao modelo quadrático,

descrito pela equação $\hat{Y} = 87,16 + 28,77X - 5,43X^2$. A maior produção de massa fresca foi observada na dose intermediária, com valor médio de 122,98 g planta⁻¹, enquanto as doses 0 e 5 apresentaram médias de 87,16 e 95,23 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 5). A dose de máxima eficiência técnica foi estimada em 2 unidades da dose aplicada.

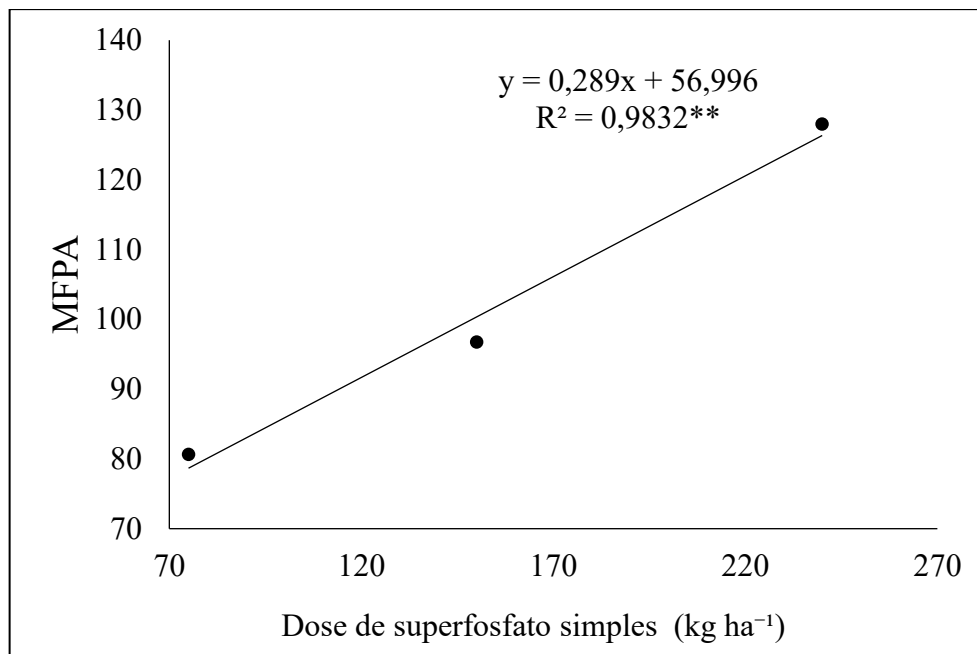
Figura 5. Materia fresca da parte aérea da planta de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a diferentes doses de *Trichoderma asperellum*.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Para as doses de SSP, observou-se ajuste linear significativo, descrito pela equação $\hat{Y} = 57,00 + 0,289X$, com coeficiente de determinação de 98,32%. As médias aumentaram de 80,64 g planta⁻¹ na dose de 75 kg ha⁻¹ para 127,99 g planta⁻¹ na dose de 240 kg ha⁻¹, representando incremento aproximado de 58,7% (Figura 6).

Figura 6. Materia fresca da parte aérea da planta de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a diferentes Dose de superfosfato simples (kg ha^{-1}).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O aumento da massa fresca da parte aérea em resposta às doses de fósforo demonstra a importância desse nutriente para o crescimento vegetativo do arroz. O fósforo participa de processos metabólicos fundamentais, incluindo transferência de energia, síntese de ATP, fotossíntese e desenvolvimento radicular, favorecendo maior produção de biomassa. Resultados semelhantes foram relatados por Fageria & Oliveira (2014), que observaram incrementos significativos na produção de matéria seca e no crescimento de plantas de arroz de terras altas submetidas à adubação fosfatada.

Da mesma forma, Crusciol *et al.* (2013) verificaram aumento do desenvolvimento da parte aérea e maior eficiência de absorção de nutrientes em cultivares de arroz cultivadas sob diferentes níveis de fósforo, evidenciando a elevada demanda da cultura por esse nutriente.

O efeito quadrático observado para as doses de *Trichoderma asperellum* sugere que a inoculação promoveu aumento da produção de biomassa até uma dose ótima, estimada em 2,65 unidades da dose aplicada. Esse comportamento tem sido frequentemente associado à capacidade de espécies de *Trichoderma asperellum* em estimular o crescimento vegetal por meio da produção de fitormônios, aumento da absorção de nutrientes e melhoria do desenvolvimento radicular.

Harman *et al.* (2004) destacam que espécies de *Trichoderma asperellum* podem atuar como simbioses oportunistas das plantas, promovendo maior crescimento e vigor vegetativo.

De forma semelhante, Contreras-Cornejo *et al.* (2009) observaram aumento significativo da biomassa vegetal em plantas inoculadas com *Trichoderma virens*, atribuindo esse efeito à modulação de mecanismos hormonais relacionados ao crescimento.

Os resultados obtidos demonstram que tanto o fornecimento adequado de fósforo quanto a inoculação com doses moderadas de *Trichoderma asperellum* contribuíram para o aumento da biomassa da parte aérea das plantas de arroz, evidenciando o potencial dessas práticas para promover o crescimento vegetativo da cultura.

4.5 Variável analisada: massa fresca de raízes (g)

Para a variável massa fresca de raízes (MFR), não foram observados efeitos significativos das doses de *Trichoderma asperellum* ($p = 0,4296$), das doses de superfosfato simples ($p = 0,2185$) ou da interação entre os fatores ($p = 0,7712$) (Tabela 5). Apenas o efeito de blocos foi significativo ($p = 0,0369$), indicando a existência de variação ambiental entre as unidades experimentais.

A média geral observada foi de 49,66 g planta⁻¹ e o coeficiente de variação foi de 65,48%, evidenciando elevada variabilidade experimental para a característica avaliada. A ausência de resposta significativa da massa fresca de raízes às doses de *Trichoderma* e de superfosfato simples sugere que, nas condições experimentais avaliadas, os tratamentos não promoveram alterações detectáveis no acúmulo de biomassa radicular das plantas de arroz.

Tabela 5. Análise de variância para a variável matéria fresca para parte aérea (MFPA) de plantas de arroz submetidas a doses de *Trichoderma asperellum* e Superfosfato Simples.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
T. asperellum	1884.605356	942.302678	0.891	0.4296 ns
Superfosfato simples	3543.149956	1771.574978	1.675	0.2185 ns
T.asperellum*Superfosfato simples	1902.433156	475.608289	0.450	0.7712 ns

CV: 65.48%

ns = não significativo ($p > 0,05$).

Entretanto, o elevado coeficiente de variação observado (65,48%) indica grande variabilidade experimental, o que pode ter reduzido a capacidade de detecção de diferenças entre tratamentos. De acordo com Pimentel-Gomes (2009), coeficientes de variação elevados refletem menor precisão experimental e podem dificultar a identificação de efeitos dos

tratamentos.

Em avaliações envolvendo sistema radicular, elevadas variações são frequentemente observadas devido à dificuldade de recuperação completa das raízes durante a colheita, bem como à perda de raízes finas durante os procedimentos de lavagem e separação. Além disso, diferenças individuais no crescimento radicular podem contribuir para o aumento da variabilidade dos dados.

4.6 Variável analisada: massa seca da parte aérea (g)

massa seca da parte aérea (MSPA) foi influenciada significativamente pelas doses de superfosfato simples (SSP) ($p = 0,0220$), enquanto as doses de *Trichoderma* ($p = 0,2113$) e a interação entre os fatores ($p = 0,6695$) não apresentaram efeito significativo (Tabela 6).

A média geral observada foi de 24,15 g planta⁻¹ e o coeficiente de variação foi de 24,77%, indicando precisão experimental satisfatória para a variável avaliada. Para as doses de *Trichoderma*, foram observadas médias de 22,14; 27,11 e 23,22 g planta⁻¹ para as doses 0, 2 e 5, respectivamente. Embora tenha sido observada tendência de maior produção de matéria seca na dose intermediária, as diferenças não foram estatisticamente significativas.

Tabela 6. A análise de variância revelou efeito significativo apenas para as doses de superfosfato simples (SSP) sobre a massa seca da parte aérea ($p = 0,0220$).

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
T. asperellum	122.836985	61.418493	1.716	0.2113 ns
Superfosfato simples	350.162941	175.081470	4.892	0.0220*
<i>T.asperellum</i> *Superfosfato simples	85.590637	21.397659	0.598	0.6695 ns

CV: 24.77% ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 0,5 % de probabilidade ($p \leq 0,001$).

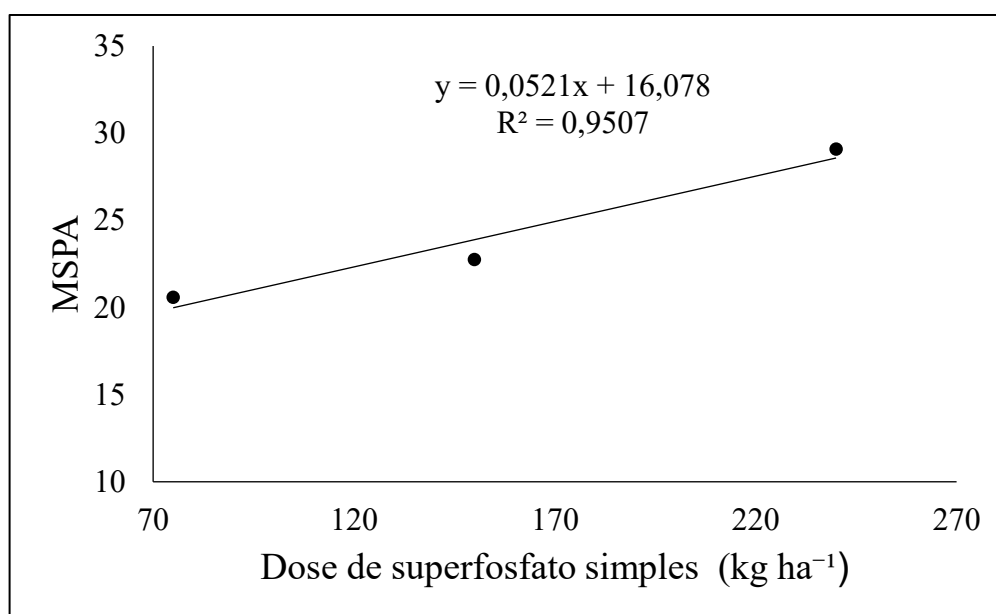
O efeito significativo das doses de superfosfato simples sobre a massa seca da parte aérea demonstra a importância do fósforo para o crescimento e acúmulo de biomassa em plantas de arroz (Figura 7). Esse nutriente participa diretamente de processos fisiológicos relacionados à transferência de energia, síntese de ATP, fotossíntese e metabolismo de carboidratos, refletindo no aumento da produção de matéria seca.

Resultados semelhantes foram observados por Fageria & Oliveira (2014), que

verificaram incremento da biomassa da parte aérea de plantas de arroz de terras altas em função do aumento da disponibilidade de fósforo. Da mesma forma, Crusciol *et al.* (2013) relataram maior crescimento vegetativo e maior eficiência de absorção de nutrientes em cultivares de arroz submetidas à adubação fosfatada.

Embora não tenha sido observado efeito significativo do *Trichoderma* sobre a massa seca da parte aérea, verificou-se tendência de maior produção de biomassa na dose intermediária. A ausência de significância estatística pode estar relacionada à variabilidade experimental observada e às condições de cultivo em vasos, que podem limitar a expressão dos efeitos promotores de crescimento desse microrganismo.

Figura 7. Materia seca da parte aeria da planta de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a diferentes Dose de superfosfato simples (kg ha^{-1}).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.6 Variável analisada: massa seca de raízes (g)

Para a variável massa seca de raízes (MSR), não foram observados efeitos significativos das doses de *Trichoderma* ($p = 0,1785$), das doses de superfosfato simples ($p = 0,3553$) ou da interação entre os fatores ($p = 0,0948$) (Tabela 7). Também não foi constatado efeito significativo dos blocos ($p = 0,6784$).

Tabela 7. A análise de variância mostrou que não houve efeito significativo das doses de *Trichoderma*, das doses de SSP e nem da interação entre os fatores sobre a massa seca de raízes.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
T. asperellum	23.713985	11.856993	1.923	0.1785 ns
Superfosfato simples	13.622363	6.811181	1.105	0.3553 ns
<i>T.asperellum</i> *Superfosfato simples	58.786993	14.696748	2.383	0.0948 ns

CV: 25.64% ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 0,5 % de probabilidade ($p \leq 0,001$).

A massa seca de raízes não foi influenciada significativamente pelas doses de *Trichoderma* e de superfosfato simples, indicando que os tratamentos avaliados não promoveram alterações detectáveis no acúmulo de biomassa radicular das plantas de arroz nas condições experimentais adotadas.

Embora a interação entre os fatores não tenha atingido significância estatística ao nível de 5% de probabilidade, foi observada tendência de interação ($p = 0,0948$), sugerindo possível influência conjunta entre a inoculação com *Trichoderma* e a disponibilidade de fósforo sobre o desenvolvimento radicular. Entretanto, essa tendência deve ser interpretada com cautela, uma vez que não foi suficiente para caracterizar efeito estatisticamente significativo.

A ausência de resposta da massa seca radicular pode estar relacionada ao fato de que o fósforo disponível não foi limitante ao crescimento das raízes durante o período experimental. Além disso, características radiculares normalmente apresentam elevada variabilidade, o que pode dificultar a detecção de diferenças entre tratamentos.

5 CONCLUSÃO

A aplicação de Superfosfato Simples promoveu efeitos positivos no desenvolvimento inicial das plantas de arroz, influenciando significativamente o número de perfilhos, a altura de plantas, a matéria fresca da parte aérea e a matéria seca da parte aérea. Os resultados demonstram a importância da adubação fosfatada para o crescimento vegetativo da cultura, evidenciando o papel fundamental do fósforo nos processos fisiológicos relacionados à produção de biomassa e ao desenvolvimento das plantas.

A inoculação com *Trichoderma asperellum* apresentou efeito significativo apenas sobre a matéria fresca da parte aérea, com resposta quadrática e maior eficiência em doses intermediárias. Para as demais variáveis avaliadas, não foram observadas diferenças estatísticas significativas, embora tenha sido identificada tendência de resposta para o comprimento de raiz, indicando possível influência do microrganismo sobre o desenvolvimento radicular.

Não foi observada interação significativa entre *Trichoderma asperellum* e Superfosfato Simples para as variáveis analisadas, indicando que, nas condições experimentais adotadas, os efeitos da inoculação e da adubação fosfatada ocorreram de forma independente.

De maneira geral, o Superfosfato Simples mostrou-se mais eficiente que a inoculação com *Trichoderma asperellum* na promoção do crescimento inicial das plantas de arroz. Entretanto, os resultados sugerem potencial de utilização do microrganismo como promotor de crescimento vegetal, especialmente em doses intermediárias e em associação com condições de cultivo que favoreçam sua atuação.

Recomenda-se a realização de novos estudos utilizando diferentes doses e isolados de *Trichoderma asperellum*, bem como avaliações em condições de campo e em ambientes com maior limitação nutricional, visando ampliar o conhecimento sobre a interação entre o microrganismo, a disponibilidade de fósforo e o desenvolvimento da cultura do arroz.

REFERÊNCIAS

- ABREU SILVA DE, Adriana *et al.* **Utilização de fungos benéficos na formação de mudas de goiabeira em solos infestados com nematoides.** *Nativa*, v. 8, n. 2, p. 178-184, 2020.
- ALTOMARE, C. *et al.* **Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*.** *Applied and Environmental Microbiology*, 1999.
- ALVARES, C. A. *et al.* **Köppen's climate classification map for Brazil.** *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BRASIL. Ministério do Interior. **PRODIAT (Projeto de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Araguaia – Tocantins).** Diagnóstico da Bacia do Araguaia -Tocantins. Brasília, 1982. v.1. 223p
- BRESEGHELLO, Flávio *et al.* **BRS A705: nova cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce, elevada produtividade e resistente ao acamamento.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2022. 8 p. (Comunicado Técnico, 384).
- CHUNGOPAST, S. *et al.* **Solubilization by nematode-controlling *Trichoderma* of nutrients to promote rice growth, yield and phosphorus content.** *Agriculture and Natural Resources*, v. 57, n. 4, p. 667–673, 2023. Disponível em: <<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/260455>>. Acesso em: 16 de ago. 2026.
- CHUNGOPAST, S.; INTANOO, W.; KHUN-IN, A. **Solubilization by nematode-controlling *Trichoderma* of nutrients to promote rice growth, yield and phosphorus content.** *Agriculture and Natural Resources*, v. 57, n. 4, p. 667–673, 2023.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: arroz, safra 2023/2024. Brasília, DF: CONAB, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 16 ago. 2026.
- CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. ***Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*.** *Plant Physiology*, Rockville, v. 149, n. 3, p. 1579–1592, 2009. DOI: 10.1104/pp.108.130369.
- CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; MAUAD, M.; SILVA, A. C. L. **Root and shoot development, nutrition and uptake efficiency of macronutrients and zinc by upland rice cultivars as affected by phosphorus fertilization.** *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2061–2076, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n5p2061.
- DUAN, X.; ZOU, C.; JIANG, Y.; YU, X.; YE, X. **Effects of reduced phosphate fertilizer and increased *Trichoderma* application on the growth, yield, and quality of pepper.** *Plants*, v. 12, n. 16, p. 2998, 2023.
- DAVID, Grace Queiroz. **Mecanismos de biocontrole e promoção de crescimento de cepas de *Trichoderma* na cultura da soja.** 2023.

DUAN, X.; ZOU, C.; JIANG, Y.; YU, X.; YE, X. Effects of reduced phosphate fertilizer and increased *Trichoderma* application on the growth, yield, and quality of pepper. *Plants*, v. 12, n. 16, p. 2998, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.3390/plants12162998>>.

DUAN, X. et al. **Effects of reduced phosphate fertilizer and increased *Trichoderma* application on the growth, yield, and quality of pepper.** *Plants*, v. 12, n. 16, p. 2998, 2023.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de Produção de Arroz Irrigado.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 16 ago. 2026.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Arroz Irrigado.** Brasília, DF: Embrapa, 2024.

ELSER, J. J. **Phosphorus:** a limiting nutrient for humanity? *Current Opinion in Biotechnology*, v. 23, n. 6, p. 833–838, dez. 2012.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Rice Market Monitor. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <<https://www.fao.org/economic/RMM>>. Acesso em: 16 ago.2026.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 560 p.

FAGERIA, NK (2008) **O uso de nutrientes em plantas cultivadas.** CRC Press, Boca Raton. <<http://dx.doi.org/10.1201/9781420075113.ch1>>

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, J. P. **Nitrogen, phosphorus and potassium interactions in upland rice.** *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 37, n. 10, p. 1586–1600, 2014. DOI: 10.1080/01904167.2014.920362.

FAGERIA, N. K. **The Use of Nutrients in Crop Plants.** Boca Raton: CRC Press, 2008.

FINK, J. R.; INDA, A. V.; BAVARESCO, J. **Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2016.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. ***Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts.** *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, p. 43–56, 2023.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. ***Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts.** *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, n. 1, p. 43–56, 2004.

HINSINGER, P. **Bioavailability of soil inorganic phosphorus in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review.** *Plant and Soil*, 2001.

HARMAN, G. E. et al. ***Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts.** *Nature Reviews Microbiology*, 2004.

LOPES, Allyson Rodrigo de Oliveira et al. **Preparação, caracterização e viabilidade celular de *Trichoderma asperellum* encapsulado em esferas de alginato.** *Revista de Microencapsulação*, v. 37, n. 3, pág. 270-282, 2020.

LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, G. E.; MONTE, E. *Translational research on Trichoderma: from 'omics to the field*. Annual Review of Phytopathology, v. 48, p. 395–417, 2010.

MALAVOLTA, E. *Nutrição Mineral e Adubação do Arroz*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2023.

MELO, I. S.; FAULLER, E. *Produção e aplicação de bioinoculantes fúngicos: métodos e perspectivas*. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Org.). Microbiologia ambiental. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. p. 379–404.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV, 2023.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV, 2007.

ONI, F. et al. **Evaluating the underlying physiological and molecular mechanisms in the system of rice intensification performance with *Trichoderma*-rice plant symbiosis as a model system.** *Frontiers in Plant Science*, v. 14, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1214213>>.

ONI, F. E. et al. **Evaluating the underlying physiological and molecular mechanisms in the system of rice intensification performance with *Trichoderma*-rice plant symbiosis as a model system.** *Frontiers in Plant Science*, 2023.

Pereira, Hamilton Seron. *"Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados."* Revista visão agrícola 9 (2009). In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAPÁ, 2., 2016, Macapá. Resumos... Macapá: Embrapa Amapá, 2016.

PIMENTEL-GOMES, Frederico. *Curso de estatística experimental*. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

ROY, E. D. et al. **The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics.** *Nature Plants*, 2016.

SÁ, Jefferson Oliveira de. *Controle biológico da podridão vermelha do Sisal (*Agave sisalana* Perrine) com *Trichoderma* spp. e *Actinobactérias**. 2013.

SILVA, K. R.; MELO, I. S.; RIBEIRO, R. A. et al. *Interação de *Trichoderma asperellum* com adubação fosfatada na cultura do arroz*. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 19, n. 2, p. 85–92, 2024.

Soares, Charle da Cunha. *Avaliação de doses de Nitrogênio e Fósforo no arroz (*Oryza sativa* L.) na região de Humaitá - AM* / Charle da Cunha Soares. 2015 74 f.: il.; 31 cm

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Adubação do arroz: princípios e práticas*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2023.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa,

2018.

SHEN, J. et al. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiology**, 2011.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, F. **Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents**. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 48, p. 21–43, 2010. DOI: 10.1146/annurev-phyto-073009-114450.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. **Solubilização de fósforo no solo por microrganismos**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 48, p. e0230034, 2024.

WOO, S. L.; PEPE, O. **Microbial consortia: promising probiotics as plant biostimulants for sustainable agriculture**. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 1801, 2018.