

RELAÇÃO SOLO-PLANTA: INFLUÊNCIA DA FERTILIDADE DO SOLO E DE BIOINOCULANTES NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Fidelino de Jesus dos **Reis**¹, Marco Antonio Camillo de **Carvalho**², Ivone Vieira da **Silva**³,
Oscar Mitsuo **Yamashita**⁴

(1 – Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reyes Maldonado” (UNEMAT), Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro), fidelino@unemat.br, <https://orcid.org/0009-0000-3674-1028>; 2 – Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reyes Maldonado” (UNEMAT), Programa de Pós-graduação em Ambientes e Sistemas de Produção (PPGASP), marcocarvalho@unemat.br, <https://orcid.org/0000-0003-4966-1013>; 3 – Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reyes Maldonado” (UNEMAT), ivonevieira@unemat.br, <https://orcid.org/0000-0003-0281-0608>; 4 – Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reyes Maldonado” (UNEMAT), Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro), yama@unemat.br, <https://orcid.org/0000-0001-6715-626X>)

Resumo: A Amazônia Meridional, apesar de sua relevância socioeconômica e ambiental, apresenta desafios significativos para a agricultura sustentável devido à baixa fertilidade natural dos solos e à sensibilidade ecológica da região. Diante da necessidade de promover práticas agrícolas de menor impacto ambiental, estratégias como o uso de bioinsumos e a racionalização de fertilizantes ganham destaque. Este estudo investigou a interação entre a adubação fosfatada e a inoculação de *Trichoderma atroviride* no crescimento e produtividade do milho (*Zea mays*) cultivado em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. O experimento foi conduzido na Universidade do Estado de Mato Grosso, utilizando delineamento em blocos casualizados, com cinco doses de fósforo (0, 30, 60, 90 e 180 kg de P₂O₅ ha⁻¹) e dois tratamentos (com e sem *T. atroviride*), totalizando 30 parcelas. Foram avaliados parâmetros estruturais da planta aos 45, 85 e 120 dias após a semeadura, incluindo altura, diâmetro do caule, número de folhas, peso das espigas e número de fileiras por espiga. Os resultados indicaram que a aplicação de fósforo

influenciou positivamente a estrutura do caule, enquanto *T. atroviride* contribuiu para o aumento da produtividade, especialmente na formação das espigas e no rendimento de grãos. A pesquisa reforça a importância dos fatores edáficos e microbiológicos no desempenho agrônomo da cultura, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de práticas agrícolas potencialmente mais sustentáveis em regiões tropicais.

Palavras-chave: *Trichoderma atroviride*, bioinsumos, adubação fosfatada, microrganismos benéficos, fósforo no solo

SOIL-PLANT RELATIONSHIP: INFLUENCE OF SOIL FERTILITY AND BIOINOCULANTS ON MAIZE DEVELOPMENT IN THE SOUTHERN AMAZON

Abstract: The Southern Amazon region, despite its socioeconomic and environmental importance, poses considerable challenges for sustainable agriculture due to the naturally low soil fertility and ecological sensitivity. Faced with the need to adopt agricultural practices with lower environmental impact, strategies such as the use of bioinputs and more efficient fertilization management have gained attention. This study investigated the interaction between phosphorus fertilization and *Trichoderma atroviride* inoculation on the growth and productivity of maize (*Zea mays*) cultivated in RED-YELLOW ARGISOL. The experiment was conducted at the State University of Mato Grosso using a randomized block design with five phosphorus doses (0, 30, 60, 90, and 180 kg P₂O₅ ha⁻¹) and two treatments (with and without *T. atroviride*), totaling 30 plots. Structural plant parameters were evaluated at 45, 85, and 120 days after sowing, including height, stem diameter, number of leaves, ear weight, and number of seed rows per ear. The results indicated that phosphorus application had a positive influence on stem structure, while *T. atroviride* contributed to increased productivity, especially in ear formation and grain yield. The study highlights the importance of edaphic and microbiological factors in the agronomic performance of the crop, providing insights that support the development of potentially more sustainable agricultural practices in tropical regions.

Keywords: *Trichoderma atroviride*, bioinputs, phosphate fertilization, beneficial microorganisms, soil phosphorus

RELACIÓN SUELO-PLANTA: INFLUENCIA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y LOS BIOINOCULANTES EN EL DESARROLLO DEL MAÍZ EN LA AMAZONIA MERIDIONAL

Resumen: La región de la Amazonía Meridional, a pesar de su relevancia socioeconómica y ambiental, presenta importantes desafíos para una agricultura sostenible debido a la baja fertilidad natural de los suelos y a su sensibilidad ecológica. Ante la necesidad de promover prácticas agrícolas con menor impacto ambiental, han cobrado protagonismo estrategias como el uso de bioinsumos y una gestión más eficiente de los fertilizantes. Este estudio investigó la interacción entre la fertilización fosfatada y la inoculación con *Trichoderma atroviride* sobre el crecimiento y la productividad del maíz (*Zea mays*) cultivado en un Argisol Rojo–Amarillo. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Estatal de Mato Grosso con un diseño de bloques al azar, cinco dosis de fósforo (0, 30, 60, 90 y 180 kg de P₂O₅ ha⁻¹) y dos tratamientos (con y sin *T. atroviride*), totalizando 30 parcelas. Se evaluaron parámetros estructurales de las plantas a los 45, 85 y 120 días después de la siembra, incluyendo altura, diámetro del tallo, número de hojas, peso de la mazorca y número de hileras de granos por mazorca. Los resultados indicaron que la aplicación de fósforo influyó positivamente en la estructura del tallo, mientras que *T. atroviride* contribuyó al aumento de la productividad, especialmente en la formación de mazorcas y el rendimiento de granos. El estudio resalta la importancia de los factores edáficos y microbiológicos en el desempeño agronómico del cultivo, aportando información que respalda el desarrollo de prácticas agrícolas potencialmente más sostenibles en regiones tropicales.

Palabras clave: *Trichoderma atroviride*, bioinsumos, fertilización fosfatada, microorganismos benéficos, fósforo en el suelo

Introdução

A Amazônia Meridional desponta como uma das principais fronteiras agrícolas do país, concentrando intensa expansão da produção de grãos e outras commodities. No entanto, essa intensificação agrícola, quando não acompanhada de estratégias de manejo sustentáveis, tem gerado preocupações crescentes quanto à degradação do solo, à perda de biodiversidade e ao aumento das emissões de carbono. Nesse cenário, surge a necessidade de adotar práticas que conciliem produtividade com conservação ambiental. Entre os desafios enfrentados, destaca-se

a baixa fertilidade natural dos solos tropicais da região, marcada principalmente pela elevada fixação e baixa disponibilidade de fósforo — um dos nutrientes mais limitantes para o crescimento vegetal (Santini et al., 2019; Bononi et al., 2020). A busca por soluções ambientalmente responsáveis tem impulsionado o interesse por tecnologias de base biológica, como o uso de bioinoculantes, capazes de aumentar a eficiência do uso de nutrientes e reduzir a dependência de fertilizantes químicos convencionais.

Fungos do gênero *Trichoderma*, em especial *T. atroviride*, têm se destacado como bioinoculantes promissores na promoção do crescimento vegetal e na melhoria da eficiência nutricional (Sood et al., 2020). Esses microrganismos atuam de forma multifuncional, influenciando positivamente a estrutura do solo, a ciclagem de nutrientes e a fisiologia das plantas hospedeiras (Jacoby et al., 2017). No milho, a inoculação com *T. atroviride* está associada à modificação do sistema radicular, aumentando a biomassa de raízes e o número de ramificações (Abreu & Pfenning, 2019). Esses efeitos são mediados, em parte, pela produção de fitohormônios como auxinas, que regulam a arquitetura radicular e estimulam a multiplicação celular. Estudos indicam que o uso desse biofertilizante pode elevar a produtividade do milho em até 820 kg/ha (Hermosa et al., 2013; Abdullah et al., 2021; Syamsiyah et al., 2023), além de oferecer benefícios agrônômicos e ecológicos relevantes.

Outro mecanismo de ação de *T. atroviride* envolve a solubilização de fósforo, processo essencial em solos tropicais onde a maior parte do fósforo aplicado como fertilizante torna-se rapidamente indisponível para as plantas (Rezende et al., 2021). Através da secreção de ácidos orgânicos e enzimas fosfatases, o fungo transforma formas insolúveis de fósforo em formas assimiláveis, reduzindo as perdas desse nutriente no ambiente e diminuindo os custos de produção para os agricultores (Nieto-Jacobo et al., 2017). Dessa forma, os bioinoculantes se configuram não apenas como aliados da produtividade, mas também como agentes capazes de mitigar impactos ambientais e econômicos da fertilização convencional — tema central na agenda de sustentabilidade agrícola na Amazônia.

A deficiência de fósforo pode comprometer severamente o desenvolvimento de culturas como o milho, resultando em espigas malformadas e redução do rendimento (Woo et al., 2014). Considerando que a eficiência da adubação fosfatada no solo gira em torno de 10 a 25%, estratégias que aumentem sua disponibilidade se tornam imprescindíveis. A aplicação de *T. atroviride* representa, portanto, uma alternativa inovadora e ecologicamente responsável no

manejo da fertilidade dos solos amazônicos (Guzmán-Guzmán, 2019), com benefícios que extrapolam os ganhos agrônômicos e contribuem para a conservação dos recursos naturais.

Além da solubilização de nutrientes, *T. atroviride* também sintetiza compostos voláteis e hormônios vegetais como ácido indol-3-acético (AIA), citocininas e ácido abscísico, que regulam o crescimento e auxiliam na tolerância ao estresse (Gonçalves et al., 2023). Esses mecanismos ativam respostas de defesa nas raízes e favorecem a absorção de nutrientes (Waghunde et al., 2016), tornando o fungo um importante aliado em sistemas agrícolas mais resilientes e de menor impacto.

Diante da reconhecida importância do fósforo para a produtividade agrícola e da urgência por práticas que conciliem produção e conservação ambiental, torna-se essencial investigar estratégias que maximizem a eficiência desse nutriente no solo, especialmente em ecossistemas tropicais frágeis como os da Amazônia Meridional. Nesse contexto, a aplicação de *T. atroviride* surge como uma alternativa promissora no manejo da fertilidade do solo, contribuindo para a redução das perdas de fósforo e para o uso mais racional de insumos químicos, com menor impacto ambiental e econômico.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação de *T. atroviride* associada à adubação fosfatada no crescimento e na produtividade do milho (*Zea mays*) cultivado na Amazônia Meridional. A pesquisa busca compreender a interação solo-planta em um ambiente de baixa fertilidade natural, gerando evidências para práticas agrícolas mais eficientes, resilientes e alinhadas à conservação dos recursos naturais.

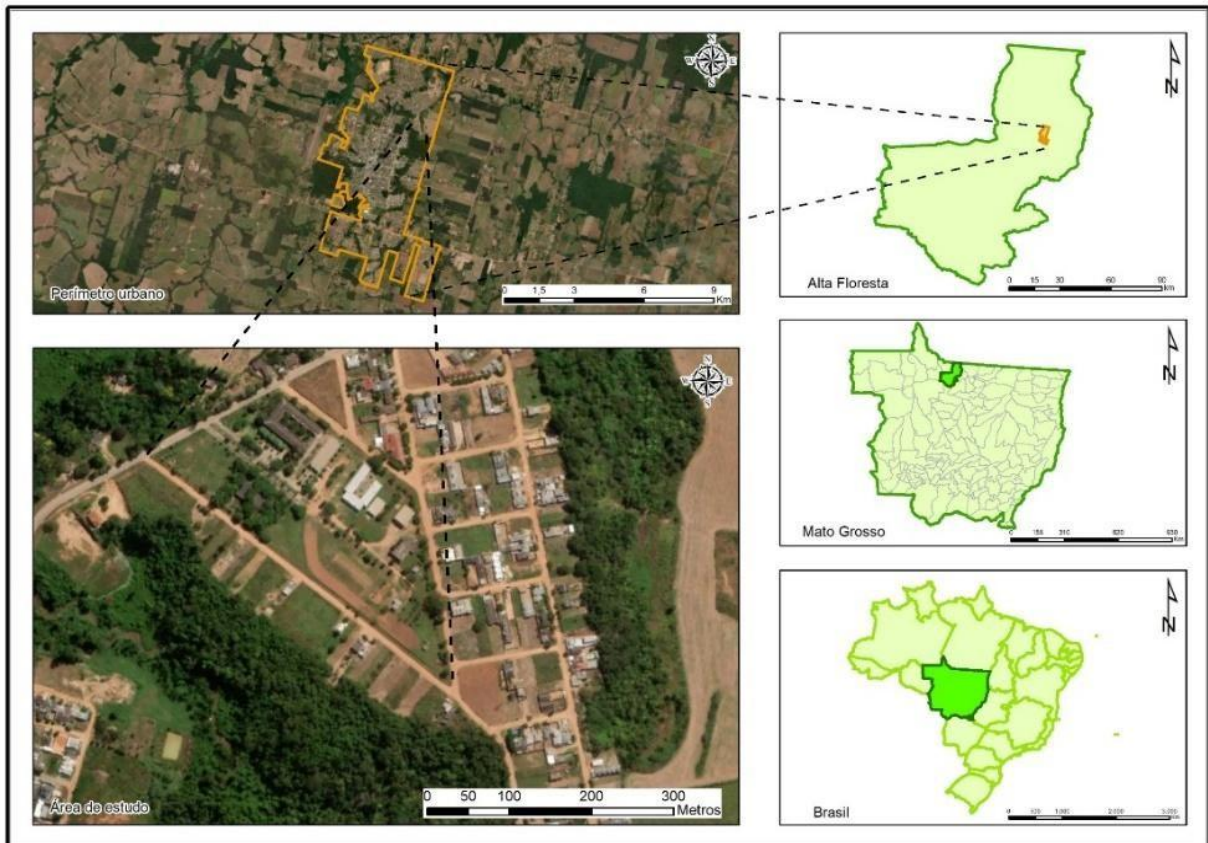
Material e métodos

Local de Estudo

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reyes Maldonado” (UNEMAT), Campus de Alta Floresta - MT, localizada a aproximadamente 840 km da capital do estado, Cuiabá. A área situa-se nas coordenadas geográficas 56°04' de longitude Oeste e 9°51' de latitude Sul (Figura 1). O clima predominante da região, conforme a classificação de Köppen, é o clima tropical úmido (Am), caracterizado por uma estação seca no inverno e uma estação chuvosa no verão (Figura 2). A temperatura média anual é de 26°C, com precipitação anual variando entre 2800 e 3100 mm

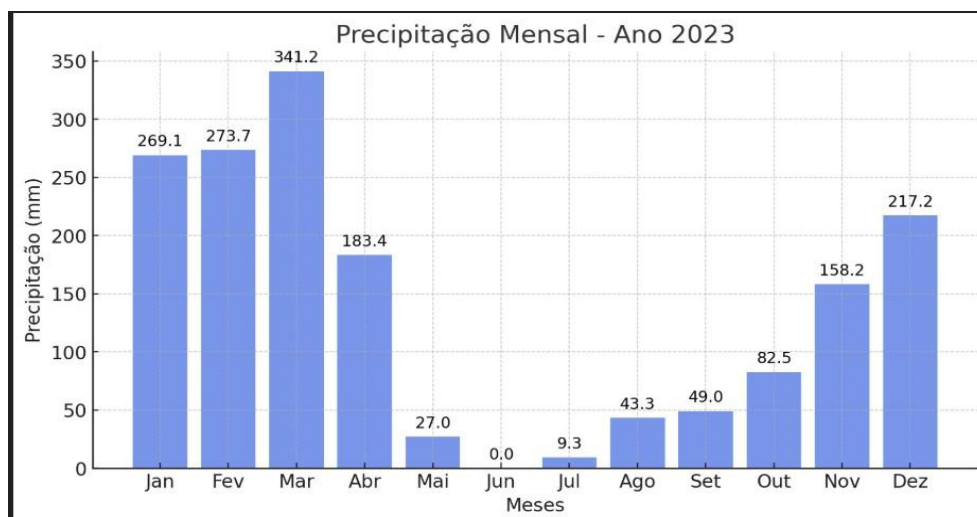
(Alvares et al., 2014). O relevo da região é caracterizado pelo Planalto Apiacás-Sucurundi, com altitudes variando entre 200 e 300 m acima do nível do mar, sendo drenado por afluentes do Rio Teles Pires.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, Alta Floresta, Mato Grosso.



Coordenadas geográficas 56°04' de longitude Oeste e 9°51' de latitude Sul. Fonte: Weslei Butturi (2024).

Figura 2. Volume médio de chuva para o ano de 2023 na área experimental.



Fonte: Edgley Pereira da Silva (2025)

Análise de Solo

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm para a realização de análises químicas e granulométricas. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos, Água e Folhas da UNEMAT (LASAF-UNEMAT). As análises químicas seguiram a metodologia descrita pela Embrapa (2009), sendo avaliados os seguintes atributos: pH em água, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio, soma de bases, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (Tabela 1). A análise granulométrica determinou a porcentagem de argila, silte e areia para classificação textural do solo. O solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO com textura franco-argilo-arenosa (Tabela 2).

Tabela 1. Análise química do solo.

pH	pH	P (Mehl.1)	K ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca+Mg	Al ³⁺	H+Al
(H ₂ O)	(CaCl ₂)	-----mg dm ⁻³ ---							
5,7	5,3	4,0	109	0,28	2,3	1,0	3,3	0,0	2,6

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Adubo e Foliar (2023).

Tabela 2. Análise granulométrica de solo realizada na área experimental em Alta Floresta-MT.

Granulometria		
Areia	Silte	Argila
	g kg ⁻¹	
541	158	301

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Adubo e Foliar (2023).

Tratamento

Foram utilizadas cinco doses de fósforo (0, 30, 60, 90 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅), combinadas com a presença ou ausência de *T. atroviride*, totalizando 10 tratamentos em esquema fatorial 2 × 5. O isolado foi obtido da coleção microbiológica da UNEMAT e cultivado em meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA) por 7 dias a 28 °C para posterior multiplicação. O inóculo foi preparado utilizando sementes de milho como substrato sólido, as quais foram autoclavadas para esterilização, garantindo um ambiente livre de microrganismos

competidores. Após a incubação do fungo no milheto (Figura 3), o material colonizado foi seco à sombra, triturado e utilizado como veículo para a inoculação das sementes de milho.

Figura 3. Placas de Petri contendo meio de cultura para o cultivo de colônias do fungo *T. atroviride*.



Fonte: Samiele Camargo de Oliveira (2023).

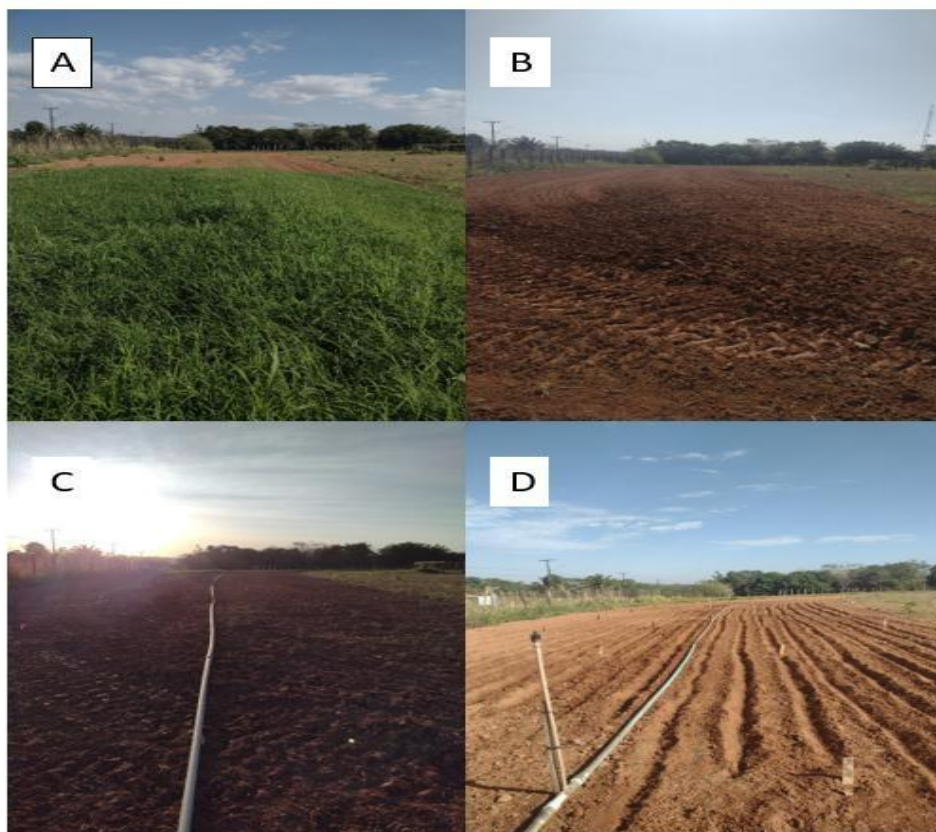
As sementes de milho foram previamente desinfestadas com álcool a 70% por 1 minuto, seguidas de enxágue com água destilada esterilizada. Em seguida, foram misturadas manualmente com o inóculo seco de *T. atroviride* em proporção de aproximadamente 10 g por kg de semente, imediatamente antes da semeadura, garantindo melhor adesão do fungo à superfície das sementes e uma inoculação homogênea.

Preparação da Área Experimental

A área experimental foi preparada mediante aração e gradagem para homogeneização do solo. A calagem foi realizada com base na necessidade de elevar a saturação de bases para 60%, conforme recomendação da análise de solo. O experimento foi conduzido entre os meses de agosto e dezembro de 2023. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com esquema fatorial 2×5 (presença/ausência de *T. atroviride* e cinco doses de fósforo), totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela possuía dimensões de 4 m \times 5 m (20 m²), contendo quatro linhas de plantio espaçadas a 0,9 m, sendo consideradas úteis as duas linhas centrais. A irrigação foi realizada por aspersão convencional, com duas aplicações diárias de 15 min. cada (Figura 4). O híbrido de milho utilizado foi o AG 1051, semeado manualmente

a uma profundidade de 5 cm, com densidade de 5 plantas por metro linear. A adubação de base foi realizada no sulco de plantio, seguindo as recomendações para a cultura. A adubação de cobertura foi realizada no estágio fenológico V5, utilizando ureia como fonte de nitrogênio.

Figura 4. A) Vegetação espontânea antes do preparo do solo. B) Solo já preparado, sem vegetação, em processo de gradeamento. C) Área com irrigação instalada, com tubulação estendida ao longo do terreno. D) Solo gradeado, com preparação dos sulcos para o plantio



Fonte: Fidelino de Jesus dos Reis (2023).

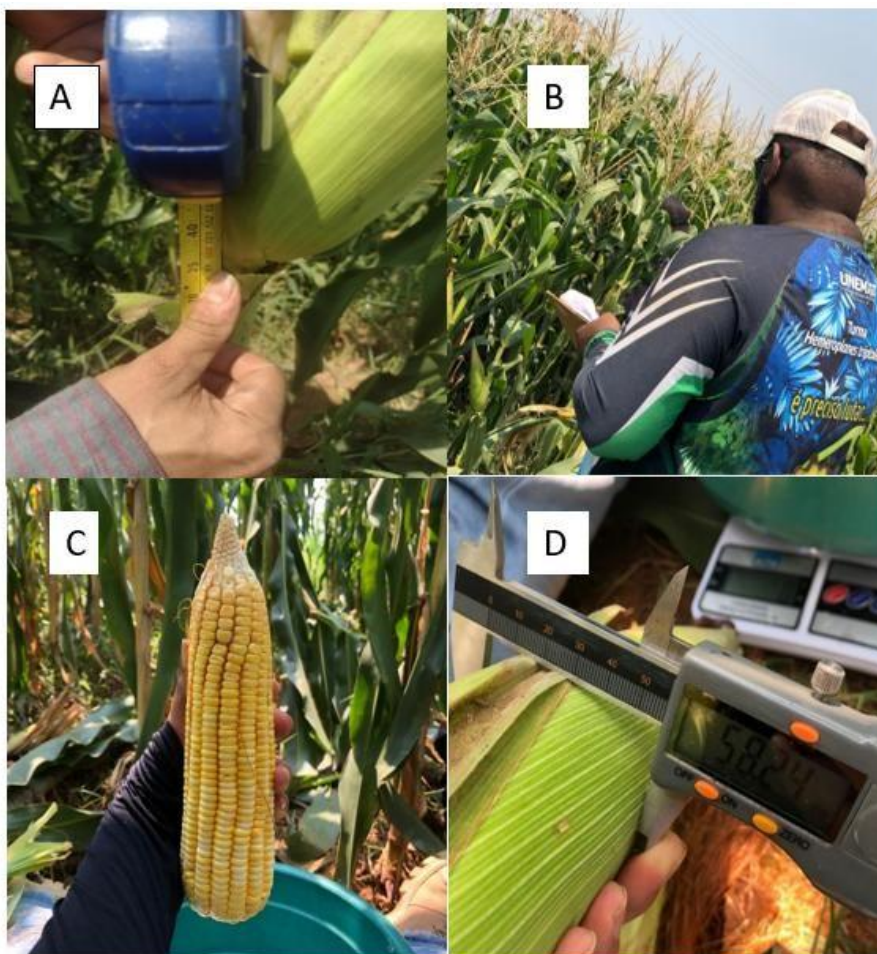
Avaliações ao Longo do Ciclo

Foram realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento da cultura em três momentos distintos (Figuras 5 e 6):

- 45 dias após a semeadura (DAS): Avaliação da altura das plantas, diâmetro do colmo e número de folhas por planta.
- 85 DAS: Medição da altura da planta e da espiga, além da contagem do número de folhas e do diâmetro do colmo.

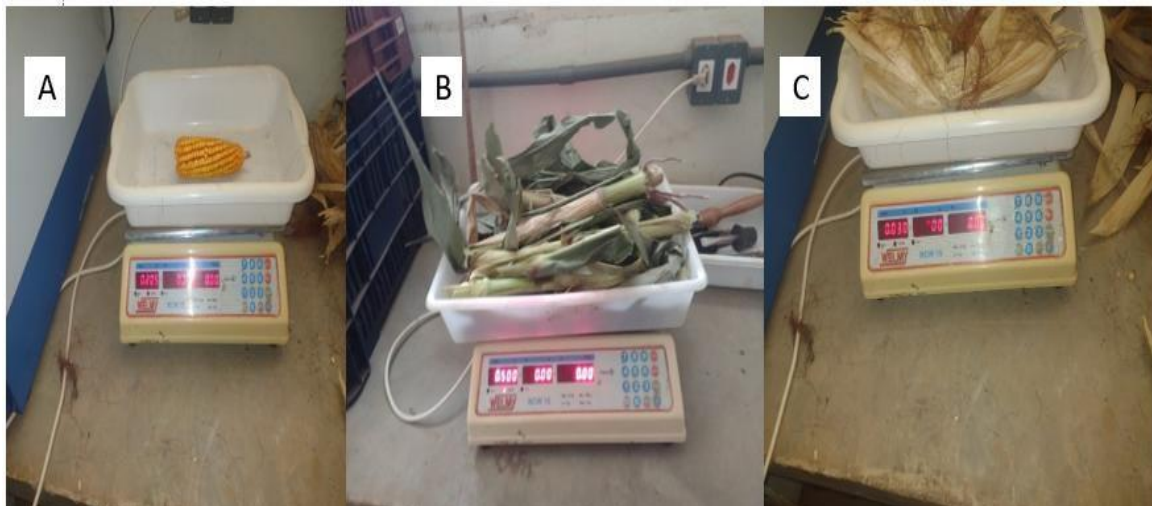
- 120 DAS (colheita): Foram analisados o peso médio das espigas, o diâmetro da espiga, o comprimento da espiga, o número de fileiras de grãos por espiga e o peso de 1000 grãos. Esses parâmetros permitiram estimar o rendimento e a qualidade da produção em resposta aos diferentes tratamentos.

Figura 5. A) Altura da interseção da planta: Medição da altura da espiga na planta utilizando uma fita métrica. B) Avaliando a área experimental: Contagem variável de 10 plantas dentro da área analisada. C) Representação da espiga de milho: o desenvolvimento dos grãos D) Uso de paquímetro do diâmetro da espiga



Fonte: Fidelino de Jesus dos Reis (2023).

Figura 6. A) Peso da espiga de milho; B) Fragmentos do pé de milho: Inclui colmos e folhas colocados na balança para medição, avaliando a biomassa desses componentes; C) Pesagem da palha.



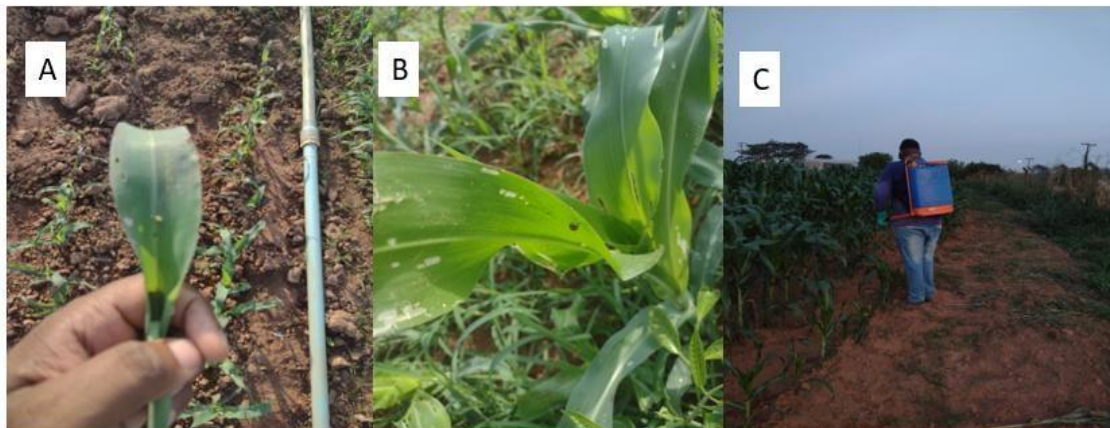
Fonte: Fidelino de Jesus dos Reis (2023).

O experimento foi conduzido sob condições de manejo convencional, sem alterações no sistema agrícola adotado. A inoculação com o bioinoculante *T. atroviride* foi incorporada aos tratamentos sem substituir práticas tradicionais de cultivo ou estratégias estabelecidas de controle fitossanitário. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais em quatro momentos ao longo do ciclo da cultura.

Manejo de Pragas e Plantas Daninhas

O controle de pragas seguiu o manejo químico convencional, com aplicação preventiva de inseticida Premio® (Clorantraniliprole) aos 25 dias após a semeadura (DAS), visando o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). A aplicação seguiu as recomendações do fabricante, respeitando a dose indicada e o período de carência. Apesar da ação preventiva, foi registrada a presença do inseto em estágio larval em algumas parcelas — com danos visíveis em folhas — conforme ilustrado na Figura 7A e 7B. Esses sintomas se mantiveram dentro dos níveis toleráveis de dano, não sendo necessária nova aplicação. A pulverização foi realizada com equipamento costal, conforme mostra a Figura 7C, integrando-se às práticas de manejo convencional de pragas adotadas no ensaio.

Figura 7. A) Presença de *Spodoptera frugiperda*: lagarta-do-cartucho em folha de milho (*Zea mays* L.). B) Sintomas de danos foliares: Registro dos danos causados pela alimentação de lepidópteros-praga. C) Aplicação de inseticida por meio de pulverização costal, medida de controle fitossanitário no manejo integrados de pragas (MIP)



Fonte: Fidelino de Jesus dos Reis (2023).

Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação da significância dos efeitos dos tratamentos. Quando significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$), os fatores qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e os fatores quantitativos foram analisados por regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2014).

Resultados e discussão

Desenvolvimento do milho verde aos 45 dias

A análise dos dados fitotécnicos coletados aos 45 dias após a semeadura do milho AG 1051 revelou que o tratamento das sementes com *T. atroviride* não exerceu efeito significativo sobre a altura das plantas nem sobre o número de folhas, conforme indicado pela análise de variância (Tabela 3). Os valores de quadrado médio para essas variáveis foram bastante reduzidos (0,005 para altura e 0,108 para número de folhas), próximos aos respectivos erros experimentais (0,035 e 0,451), reforçando a ausência de resposta estatística relevante. De maneira semelhante, a interação entre *T. atroviride* e as doses de fósforo também não apresentou efeito significativo.

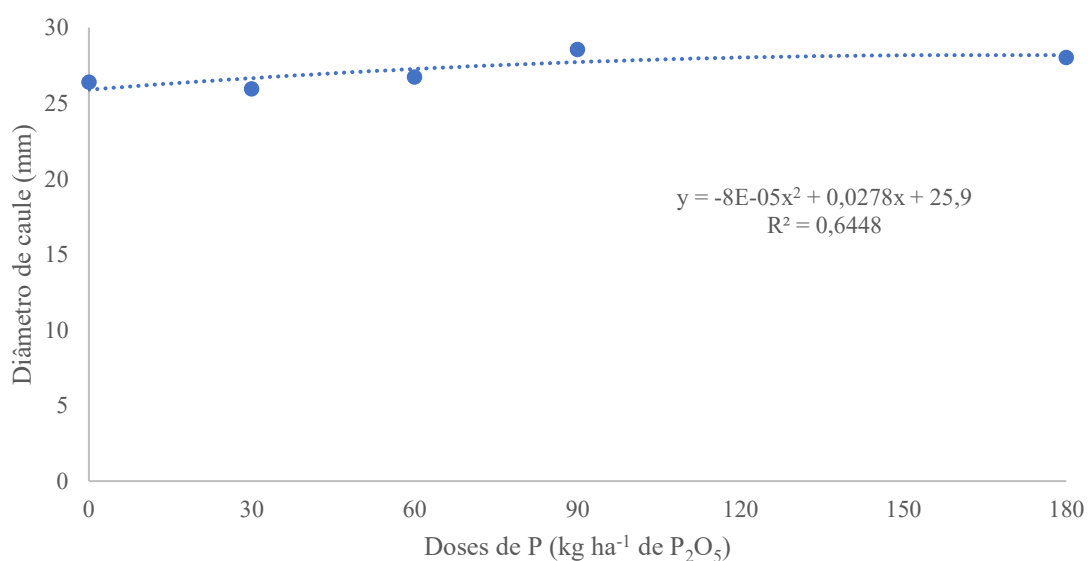
Tabela 3. Análise de variância (valores de quadrado médio) para altura de plantas, número de folhas e diâmetro do colmo em milho (AG 1051) aos 45 dias após a semeadura, sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride* e doses de fósforo.

Fonte de variação	ALTURA	FOLHAS	DIAMETRO
<i>Trichoderma atroviride</i> (T)	0,005ns	0,108ns	3,262ns
Fósforo (P)	0,054ns	0,670ns	7,395*
T * P	0,0244ns	0,378ns	2,921ns
Erro	0,035	0,451	2,048
C.V. (%)	13,78	6,67	5,27

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. ns não significativo.

Por outro lado, a variável diâmetro do colmo apresentou resposta estatisticamente significativa ao fator fósforo (quadrado médio = 7,395), superando o erro experimental (2,048). A Figura 8 ilustra a tendência de crescimento do diâmetro com o aumento das doses de P_2O_5 , com incrementos expressivos até aproximadamente 90 kg ha^{-1} . A partir dessa dose, os ganhos em espessamento do caule tornam-se menos acentuados, indicando um possível ponto de saturação fisiológica ou resposta economicamente limitante para a variável em questão. A dose de maior efeito observado foi $173,75 \text{ kg ha}^{-1}$, porém os benefícios adicionais em relação à faixa intermediária foram modestos — dado relevante para o dimensionamento econômico da adubação.

Figura 8. Diâmetro de caule de plantas jovens de milho (AG 1051) com 45 dias de idade, sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride* e doses crescentes de fósforo.



Esses resultados reforçam a importância do fósforo para o fortalecimento estrutural das plantas na fase inicial de desenvolvimento, especialmente pelo estímulo ao espessamento do

colmo, que está associado à maior resistência a estresses abióticos e à ancoragem radicular (Taiz et al., 2017). Além disso, a absorção de fósforo atinge picos em diferentes estágios do ciclo do milho, sendo especialmente crítica nos primeiros 50 dias após o plantio e entre 80 e 100 dias após a emergência (Cardoso, 2022). A disponibilidade adequada desse nutriente durante esses períodos é essencial para garantir o desenvolvimento saudável e o potencial produtivo da cultura.

A ausência de efeitos significativos do *T. atroviride* nas variáveis morfológicas avaliadas aos 45 dias sugere que o intervalo de tempo pode ter sido insuficiente para o pleno estabelecimento da simbiose e a manifestação de seus benefícios agrônômicos (Malinich et al., 2019). A literatura indica que a colonização radicular por *Trichoderma* ocorre em estágios progressivos, com picos de atividade transcricional e metabólica entre 24 e 72 horas após a inoculação, mas os efeitos fisiológicos podem levar mais tempo para se refletirem em características morfológicas mensuráveis (Taylor et al., 2021).

Além disso, fatores como o genótipo vegetal, as condições edafoclimáticas e o método de aplicação do inóculo influenciam diretamente a eficácia da colonização (Gonçalves et al., 2023). Outro aspecto relevante é o uso de defensivos agrícolas no manejo convencional adotado no experimento. A aplicação preventiva de inseticidas, ainda que necessária para o controle de pragas, pode ter interferido negativamente na viabilidade ou na atividade simbiótica do fungo, especialmente se realizada em estágios iniciais da colonização.

Estudos indicam que inseticidas como metomil, imidaclopride e cypermethrine e podem afetar significativamente a microbiota do solo, comprometendo a interação entre microrganismos benéficos e raízes hospedeiras (Waghunde et al., 2016; Astaykina et al., 2023; Borowik et al., 2023).

Análise do milho verde aos 85 dias

Aos 85 dias após a semeadura, os resultados da análise de variância (Tabela 4) indicaram que nem o tratamento com *T. atroviride*, nem as doses crescentes de fósforo, nem sua interação afetaram significativamente as variáveis analisadas: altura de plantas (ALTp), peso total da planta (Pp), altura de inserção da espiga (AIEs), peso da palha da espiga (PPEs) e comprimento

total da espiga com palha (CTEs). Os valores de quadrado médio variaram de forma modesta entre os tratamentos (por exemplo, 0,049621 para altura e 1287,075 para peso da planta no efeito isolado de *T. atroviride*), não superando o erro experimental, o que reforça a ausência de efeito estatisticamente relevante. A magnitude dos coeficientes de variação (CV), especialmente para Pp (19,25%) e PPEs (18,86%), indica certa variabilidade nos dados, o que pode ter contribuído para a não detecção de diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 4. Tabela de análise de variância com valores de quadrado médio das variáveis altura de plantas (ALTp), peso total da planta (Pp), altura de inserção de espiga (AIEs), peso da palha da espiga (PPEs), comprimento total da espiga com palha (CTEs) sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride* e doses de fósforo.

Fonte de variação	ALTp	Pp	AIEs	PPEs	CTEs
<i>Trichoderma atroviride</i> (T)	0,049ns	1287,075ns	0,033ns	81,016ns	1,452ns
Fósforo (P)	0,054ns	4458,737ns	0,001ns	120,215ns	1,667ns
T * P	0,051ns	1055,470ns	0,005ns	64,864ns	3,083ns
Bloco	0,020	23046,433	0,035	154,300	4,297
C.v. (%)	9,17	19,25	10,98	18,86	4,06

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. ^{ns} Não significativo

Apesar da ausência de efeitos globais sobre os parâmetros de crescimento e estrutura das plantas, a Tabela 5 destaca uma resposta estatisticamente significativa na variável número de fileiras de sementes por espiga (FSEs), resultante da interação entre *T. atroviride* e as doses de fósforo (valor de quadrado médio = 8,864). Esse achado sugere um efeito específico do bioinoculante sobre componentes reprodutivos da cultura, mesmo que variáveis como diâmetro da espiga (DIEs), peso total da espiga (PTEs), peso sem palha (PEs) e comprimento da espiga (CEs) não tenham apresentado significância estatística, muitas vezes com valores inferiores ao do bloco, o que reforça a especificidade da resposta observada. Esses resultados se alinham à literatura que reconhece o potencial de microrganismos do gênero *Trichoderma* em promover o crescimento vegetal por meio de mecanismos como a solubilização de fosfatos (Rawat & Tewari, 2011), a produção de fitohormônios e a indução de respostas antioxidantes associadas à tolerância ao estresse abiótico (Mastouri et al., 2012), ainda que tais efeitos nem sempre se reflitam de forma imediata nas variáveis morfoestruturais.

Tabela 5. Tabela de análise de variância com valores de quadrado médio das variáveis diâmetro de espigas (DIEs), peso total da espiga (PTEs), peso da espiga sem palha (PEs), fileira de sementes por espiga (FSEs), comprimento da espiga sem palha (CEs) de plantas de milho (AG 1051), sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride* e doses de fósforo.

Fonte variação	DIEs	PTEs	Pes	FSEs	Ces
<i>Trichoderma atroviride</i> (T)	5,636ns	1690,501ns	909,701ns	5,896ns	0,936ns
Fósforo (P)	28,476ns	680,639ns	88,796ns	3,576ns	1,360ns
T * P	8,233ns	5481,089ns	203,708ns	8,864**	0,535ns
Bloco	4,137	5918,402	958,014	3,220	8,049
C.v. (%)	7,02	21,41	10,59	4,96	6,63

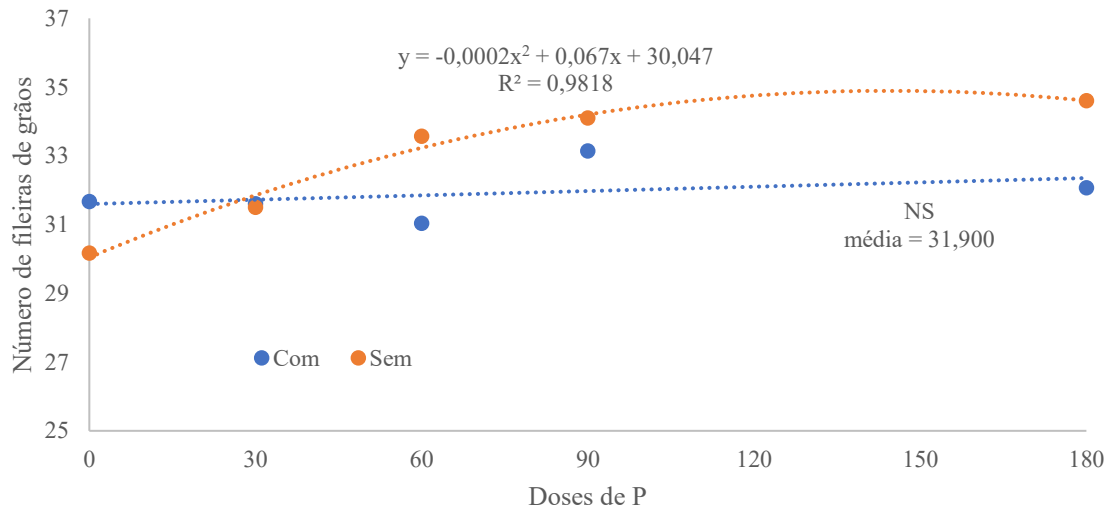
*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. ns Não significativo.

Com base na Tabela 6, confirma-se que a interação entre *T. atroviride* e as doses de fósforo não apresentou efeito estatisticamente significativo sobre o peso total da espiga (PTEs), uma vez que o valor de quadrado médio (5481,089) não superou o erro experimental (5918,402) e não foi acompanhado de indicação de significância. Portanto, embora numericamente elevado, esse valor não representa uma diferença estatística confiável dentro do delineamento adotado.

No entanto, a interação foi significativa para o número de fileiras de sementes por espiga (FSEs), o que sugere um efeito específico do bioinoculante sobre componentes reprodutivos da cultura. Esse resultado é visualmente representado na Figura 8, que ilustra a variação no número de fileiras em função dos tratamentos.

A resposta diferenciada do milho ao *T. atroviride* pode estar relacionada à composição da microbiota do solo e à presença de microrganismos nativos que competem ou interagem sinergicamente com o fungo (Gonçalves et al., 2023). Além disso, a eficácia do bioinoculante tende a ser maior em solos com baixa fertilidade natural, como os da Amazônia Meridional, justamente por favorecerem o estabelecimento de simbioses funcionais. No entanto, o uso de agrotóxicos no manejo convencional, como o inseticida aplicado aos 25 DAS, pode ter interferido negativamente na colonização radicular e na atividade metabólica do *T. atroviride*, reduzindo sua eficácia agronômica.

Figura 8. Efeito do tratamento das sementes da cultivar de milho (AG 1051) com *Trichoderma atroviride* e doses crescentes de fósforo, para a variável fileira de sementes por espiga



A análise detalhada da interação entre *T. atroviride* e as doses de fósforo revelou uma tendência agronomicamente relevante nas doses de 60 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, nas quais os tratamentos com inoculação apresentaram maior número de fileiras de grãos por espiga em comparação aos respectivos controles sem o bioinoculante (Figura 12). Embora essa diferença não tenha sido significativa para todas as variáveis de rendimento, os dados sugerem uma resposta modulada pela dose de fósforo, o que pode refletir maior eficiência do fungo sob níveis intermediários e elevados de disponibilidade do nutriente. Esses resultados apontam para um possível efeito sinérgico localizado, com repercussões práticas sobre a definição de doses ideais em sistemas que integram bioinoculantes ao manejo da fertilidade do solo.

Análise dos parâmetros fitotécnicos aos 120 dias

Aos 120 dias após a semeadura, os resultados indicaram efeitos significativos do tratamento com *T. atroviride* sobre três variáveis: peso total da espiga (PT-ESP), peso de 1000 grãos (P-1000G) e comprimento da espiga sem palha (CESP-P), conforme demonstrado na Tabela 6. No entanto, a Tabela 7 mostra que, para essas variáveis, os tratamentos sem o fungo apresentaram médias superiores aos tratamentos com *T. atroviride*: 0,204 g contra 0,186 g (PT-

ESP), 0,155 g contra 0,138 g (P-1000G) e 17,33 cm contra 16,69 cm (CESP-P), respectivamente. Essas diferenças foram estatisticamente significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, indicando que, sob as condições ambientais e operacionais do experimento, o bioinoculante não contribuiu positivamente para o desempenho reprodutivo da cultura.

Tabela 6. Tabela de análise de variância com valores de quadrado médio de diâmetro de espiga (DIAM), peso total da espiga (PT-ESP), peso da palha da espiga (P-PALHA), peso apenas da espiga (P-ESP), fileiras de sementes por espiga (FILEIRAS), peso do sabugo (SABUG), peso de 1000 grãos (P-1000G), comprimento de espiga com palha (CESP+P) e comprimento sem palha (CESP-P), sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride*, e doses crescentes de fósforos em coleta realizada aos 120 dias da semeadura.

Fonte de variação	DIAM	PT-ESP	P-PALHA	P-ESP	FILEIRAS	SABUGO	P-1000G	CESP+P	CESP-P
<i>Trichoderma atroviride</i> (T)	55,138ns	0,0022*	7,50x10 ⁻⁸ ns	0,0003ns	0,065ns	4,0x10 ⁻⁶ ns	0,002*	0,947ns	3,136**
Fósforo (P)	85,074ns	0,00051ns	2,00x10 ⁻⁵ ns	0,0026ns	8,254ns	6,1x10 ⁻⁵ ns	0,0004ns	0,333ns	0,1861ns
T * P	84,898ns	0,00039ns	6,00x10 ⁻⁶ ns	0,001ns	13,324ns	8,0x10 ⁻⁶ ns	0,0002ns	1,7058ns	0,517ns
Bloco	97,376	0,00037	1,20x10 ⁻⁵	0,001	87,0002	4,6x10 ⁻⁵	0,0003	2,049	0,340
C.v. (%)	19,82	5,44	22,50	23,09	16,34	25,75	13,20	2,85	3,39

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. ^{ns} Não significativo

Tabela 7. Análise de variância com valores de quadrado médio das variáveis peso total da espiga (PT-ESP), peso de 1000 grãos (P-1000G) e comprimento de espiga sem palha (CESP-P) sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride* e doses crescente de fósforo em coleta realizadas aos 120 dias de semeadura

Tratamento de <i>Trichoderma atroviride</i>	PT-ESP	P-1000G	CESP-P
COM	0,1865 b	0,138 b	16,686 b
SEM	0,204 a	0,155 a	17,332 a
DMS	0,014	0,0149	0,442

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa.

Os valores médios das plantas inoculadas foram de 0,186 g (PT-ESP), 0,138 g (P-1000G) e 16,69 cm (CESP-P), enquanto os valores do grupo controle alcançaram 0,204 g, 0,155 g e 17,33 cm, respectivamente. Todos os parâmetros apresentaram diferenças estatísticas pelo

teste de Tukey ($p < 0,05$). Considerando que o peso de 1000 grãos é um indicador direto da produtividade, os dados apontam que o uso de *T. atroviride* não favoreceu o enchimento dos grãos, podendo ter sido afetado por fatores ambientais e operacionais, como o uso de inseticidas que prejudicam a colonização radicular e a atividade simbiótica do fungo.

A Tabela 8, por sua vez, mostra que o peso de 100 grãos (P100G) não foi influenciado significativamente por nenhum dos fatores avaliados. O quadrado médio para todos os efeitos foi inferior ao erro experimental, e o coeficiente de variação (8,17%) indicou alta precisão dos dados. A ausência de resposta pode estar associada a condições edafoclimáticas desfavoráveis, como a elevação das temperaturas médias em Alta Floresta (30–36 °C), que ultrapassaram a faixa ideal para o desempenho do fungo (24–30 °C) (Meyer et al., 2019). Além disso, é possível que fatores como a composição da microbiota nativa, a disponibilidade de nutrientes secundários e o curto tempo de interação simbiótica tenham exercido maior influência sobre a formação e o enchimento dos grãos.

Tabela 8. Tabela de análise de variância com valores de quadrado médio de peso de 100 grãos de milho (AG 1051), sob influência de tratamento das sementes com *Trichoderma atroviride* e doses crescentes de fósforo

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	P100grãos
<i>Trichoderma atroviride</i> (T)	1	4,112	4,1116 ns
Fósforo (P)	4	24,132	6,033 ns
T * P	4	44,973	11,243 ns
Erro	20	185,165	9,258
Total corrigido	29	258,381	
C.v. (%)			8,17

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. ns Não significativo.

Por fim, destaca-se que a resposta da cultura ao *T. atroviride* tende a ocorrer de forma gradual, à medida que se estabelecem as interações simbióticas entre o fungo e as raízes das plantas (Almeida et al, 2019). Essa resposta pode ser modulada por fatores como condições edafoclimáticas, tempo de resposta da cultura e compatibilidade com as práticas de manejo utilizadas (Khan et al., 2007). Para avaliar melhor a estabilidade e eficácia do bioinoculante, é recomendável a realização de experimentos em ciclos de cultivo sucessivos e o monitoramento da colonização ao longo do tempo (Woo et al., 2014).

Além disso, variáveis fisiológicas e microbiológicas — como teor de clorofila, taxa fotossintética e composição da microbiota da rizosfera — devem ser incluídas em estudos

futuros, a fim de elucidar os mecanismos de ação e a interação funcional entre *T. atroviride* e as plantas em solos tropicais de baixa fertilidade (Hassan et al., 2013). A inclusão desses parâmetros pode contribuir para uma compreensão mais ampla dos efeitos agrônômicos do bioinoculante, especialmente em cenários em que respostas morfológicas não são suficientemente evidentes.

Dessa forma, reforça-se a necessidade de estudos complementares que explorem ciclos de cultivo sucessivos, monitoramento da colonização do fungo ao longo do tempo, e a inclusão de variáveis fisiológicas e microbiológicas — como teor de clorofila, taxa fotossintética e diversidade da rizosfera — com o objetivo de compreender melhor os mecanismos de ação de *T. atroviride* em ambientes tropicais de baixa fertilidade. Tais estratégias permitirão avaliar com mais precisão o potencial agrônômico do bioinoculante e sua interação com diferentes condições de manejo agrícola.

Conclusão

- Este estudo investigou a interação entre *T. atroviride* e diferentes doses de fósforo no cultivo de milho verde AG1051 na Amazônia Meridional. Os resultados indicam que a adubação fosfatada influencia positivamente o diâmetro do caule, especialmente aos 45 dias após a semeadura. Por outro lado, a aplicação de *T. atroviride* não apresenta efeitos significativos na altura das plantas ou no número de folhas. No entanto, a interação entre o fungo e o fósforo impacta positivamente o número de fileiras de sementes por espiga, evidenciando que o uso do bioinoculante potencializa a produtividade em determinadas condições, ainda que sem refletir, neste experimento, em aumento direto de produtividade medida pelo peso dos grãos.
- Embora a proposta da pesquisa envolva o uso de um bioinoculante, não houve substituição das práticas de manejo fitossanitário ou nutricional já estabelecidas. Ainda assim, os dados obtidos sugerem que, caso a simbiose se estabeleça de maneira plena — o que pode depender de fatores como tempo de resposta da cultura, temperatura, microbiota do solo e ausência de agrotóxicos antagonistas —, há potencial para reduzir as doses de fósforo aplicadas, especialmente em solos de baixa fertilidade.

- Dessa forma, reforça-se a importância de pesquisas complementares que explorem diferentes ciclos de cultivo, variações de manejo e análises fisiológicas e microbiológicas mais detalhadas. A adoção de biotecnologias como *T. atroviride* deve ser vista como parte de uma estratégia integrada, capaz de contribuir para sistemas agrícolas mais resilientes, sustentáveis e menos dependentes de insumos sintéticos — desde que inserida em contextos favoráveis à sua eficácia, promovendo um manejo mais eficiente da fertilidade do solo e o aumento da produtividade agrícola na região amazônica.

Referências

- Abdullah, M., Majeed, A., Nazli, F., & Javaid, A. (2021). Growth and yield enhancement of maize by combined application of *Trichoderma harzianum* and rock phosphate. *Journal of Plant Nutrition*, 44(10), 1424–1435. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1882764>
- Abreu, L. M., & Pfenning, L. H. (2019). O gênero *Trichoderma atroviride*. In M. C. Meyer, S. M. Mazaro, & J. C. Silva (Eds.), *Trichoderma: uso na agricultura* (1ª ed., pp. 163-179). Embrapa. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1117296/trichoderma-uso-na-agricultura>
- Almeida, T., Pocojeski, E., Nesi, C. N., Oliveira, J. P. M., & Silva, L. S. (2019). Eficiência de fertilizante fosfatado protegido na cultura do milho. *Scientia Agraria*, 17(1), 29-35. <https://doi.org/10.5380/rsa.v17i1.46173>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Astaykina, A., Streletskii, R., Maslov, M., Krasnov, G., & Gorbatov, V. (2022). Effects of three pesticides on the earthworm *Lumbricus terrestris* gut microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 13, 853535. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.853535>
- Bononi, L., Chiaramonte, J. B., Ansa, C. C., Moitinho, M. A., & Melo, I. S. (2020). Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, 10(1), 2858. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59793-8>

- Borowik, A., Wyszowska, J., Zaborowska, M., & Kucharski, J. (2023). The impact of permethrin and cypermethrin on plants, soil enzyme activity, and microbial communities. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2892. <https://doi.org/10.3390/ijms24032892>
- Cardoso, T. M. (2022). *Dinâmica de fósforo e nitrogênio no consórcio de milho com adubos verdes no sistema orgânico* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos].
- Embrapa. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* (2ª ed.). Embrapa Informação Tecnológica. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>
- Ferreira, D. F. (2014). *Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons*. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Gonçalves, G. C., Ferbonink, G. F., Hemkemeier, C., Caione, G., Yamashita, O. M., Luiz, S. A. R., & Carvalho, M. A. C. (2023) Vegetative and productive characteristics of soybean under doses of boron and inoculation of *Trichoderma atroviride*. *Chilean Journal of Agricultural Research* 83(2), 159-167. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392023000200159>
- Guzmán-Guzmán, A. (2019). *Trichoderma* species: Versatile plant symbionts. *Phytopathology*, 109(1), 6-16. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>
- Hassan, M. M., Daffalla, H. M., Modwi, H. I., Osman, M. G., Ahmed, I. I., Gani, M. E. A., & Babiker, A. G. E. (2013). Effects of fungal strains on seeds germination of millet and *Striga hermonthica*. *Universal Journal of Agricultural Research*, 2(3), 83–88. <https://doi.org/10.13189/ujar.2014.020208>
- Hermosa, R., Rubio, M.B., Cardoza, R.E., Nicolás, C., Monte, E., & Gutiérrez, S. (2013). The contribution of *Trichoderma atroviride* to balancing the costs of plant growth and defense. *International Microbiology* 16(1).69-80. <https://doi.org/10.2436/20.1501.01.181>
- Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions. *Frontiers in Plant Science* 8(1), 16-17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617>

- Khan, M. S., Zaidi, A., & Wani, P. A. (2007). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture – A review. *Agronomy Sustainability*, 27(1), 29-43. <https://doi.org/10.1051/agro:2006011>
- Malinich, E. A., Wang, K., Mukherjee, P. K., Kolomiets, M., & Kenerley, C. M. (2019). Differential expression analysis of *Trichoderma virens* RNA reveals a dynamic transcriptome during colonization of *Zea mays* roots. *BMC Genomics*, 20, 280. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5651-z>
- Mastouri, F., Björkman, T., & Harman, G. E. (2012). *Trichoderma harzianum* aumenta a defesa antioxidante de mudas de tomate e a resistência ao déficit hídrico. *Interações Moleculares Planta-Micróbio*, 25(9), 1264–1271. <https://doi.org/10.1094/MPMI-09-11-0240>.
- Meyer, M. C., Mazaro, S. M., & Silva, J. C. (2019). *Trichoderma*: uso na agricultura (536 p.). Embrapa. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1117296/trichoderma-uso-na-agricultura>
- Nieto-Jacobo, M.F., Steyaert, J.M., Salazar-Badillo, F.B., Nguyen, D.V., Rostás, M., & Braithwaite, M. (2017). Environmental growth conditions of *Trichoderma* spp. affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. *Frontiers in Plant Science* 8, 10-21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00102>
- Rawat, R., & Tewari, L. (2011). Effect of abiotic stress on phosphate solubilization by biocontrol fungus *Trichoderma* sp. *Current Microbiology*, 62(5), 1521–1526. <https://doi.org/10.1007/s00284-011-9888-2>
- Rezende, C.C., Frasca, L.L de M., Silva, M.A., Pires, R.A.C., Lanna, A.C., & de Filippi, M.C.C. (2021). Physiological and agronomic characteristics of the common bean as affected by multifunctional microorganisms. *Semina: Ciências Agrárias* 42(2), 599-618. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n2p599>
- Santini, J. M. K., Buzetti, S., Perin, A., De Souza Castro, C. F., Furquim, L. C., Nunez, D. N. C., & Cabral, A. C. (2019). Dinâmica do fósforo em solos de alta fertilidade: fontes e doses fosfatadas em cultivo da cultura de soja no Cerrado. *Científica Multidisciplinary Journal*, 6(2), 14-23. <https://doi.org/10.29247/2358-260X.2019v6i2.p14-23>

Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The "secrets" of multitalented biocontrol agent. *Plants*, 1-25. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>

Syamsiyah, J., Waluyo, W., & Herlambang, T. (2023). Biofertilizer formulation of *Trichoderma spp.* improves soil health and maize productivity. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 24(2), 135–144. <https://doi.org/10.21082/ijas.v24n2.2023.p135-144>

Taylor, J. T., Wang, K.-D., Horwitz, B., Kolomiets, M., & Kenerley, C. M. (2021). Early transcriptome response of *Trichoderma virens* to colonization of maize roots. *Frontiers in Fungal Biology*, 2, 718557. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.718557>

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6ª ed.). Artmed Editora. <https://archive.org/details/taiz-zeiger-fisiologia-vegetal-6a-ed>

Waghunde, R.R., Shelake, R.M., & Sabalpara, A.N. (2016). *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. *African Journal of Agricultural Research* 11(22), 1952-1965. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10584>

Woo, S.L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, M., & Lombardi, N. (2014). *Trichoderma* -based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal* 8, 71-126. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>

Publisher: Universidade Federal de Jataí. Instituto de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFJ. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Contribuições dos autores: Fidelino de Jesus dos Reis: elaboração, incluindo a concepção do estudo, a coleta e análise de dados organização dos dados e tabelas, e a redação inicial do manuscrito e discussão; Marco Antonio Camillo de Carvalho: análise crítica dos dados, auxílio na análise estatística e sugestões para o aprimoramento do texto; Ivone Vieira da Silva: revisão técnica e validação do trabalho; Oscar Mitsuo Yamashita: orientação, concepção até a finalização do trabalho, acompanhamento de todas as etapas da pesquisa, organização e revisão final do artigo. Declaramos ainda ciência das Diretrizes Gerais da Geoambiente On-line.

Financiamento: Bolsa de pós-graduação nível Mestrado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) ao primeiro autor. À Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reyes Maldonado” (UNEMAT), através do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro), pelo apoio para o desenvolvimento da pesquisa.

Conflito de interesse: Os autores declaram que não possuem interesses financeiros ou não financeiros relevantes relacionados a este trabalho.