

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

PAOLA MARIA GOTZ

USO DE BIOINSUMOS NA NUTRIÇÃO DE TRIGO

ERECHIM

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

PAOLA MARIA GOTZ

USO DE BIOINSUMOS NA NUTRIÇÃO DE TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

Coorientadora: Dra. Lenir Fátima Gotz

ERECHIM

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Gotz, Paola Maria
USO DE BIOINSUMOS NA NUTRIÇÃO DE TRIGO / Paola Maria
Gotz. -- 2026.
27 f.:il.

Orientador: Dr. Alfredo Castamann
Co-orientadora: Dra. Lenir Fátima Gotz
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim, RS, 2026.

I. Castamann, Alfredo, orient. II. Gotz, Lenir
Fátima, co-orient. III. Universidade Federal da
Fronteira Sul. IV. Título.

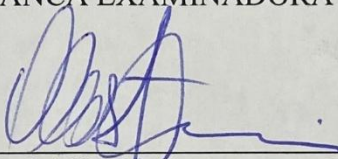
PAOLA MARIA GOTZ

USO DE BIOINSUMOS NA NUTRIÇÃO DE TRIGO

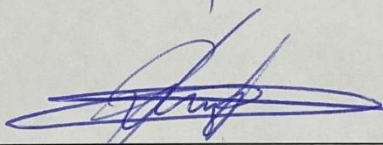
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/06/2026.

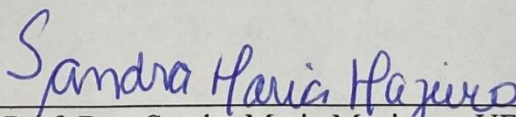
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Alfredo Castamann – UFFS
Orientador



Prof. Dr. Hugo Von Linsingen Piazzetta – UFFS
Avaliador



Prof. Dra. Sandra Maria Maziero – UFFS
Avaliador

Erechim/RS, 2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, à minha mãe, sem a qual eu não estaria aqui, e à minha irmã, que sempre esteve presente em todos os momentos. Ambas são exemplos de pessoas íntegras, de caráter inabalável, que me inspiram diariamente a seguir em frente. Sou profundamente grata pelo apoio, incentivo e amor que sempre me ofereceram, sendo fundamentais em toda a minha trajetória acadêmica e pessoal. Nos momentos mais difíceis, foram elas que me deram força para continuar e acreditar que seria possível chegar até aqui.

RESUMO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura de grande importância socioeconômica mundial. Diante da busca por sistemas mais sustentáveis e da redução do uso de fertilizantes minerais, os bioinsumos se destacam como alternativa para melhorar a eficiência nutricional das culturas. Este trabalho avaliou o efeito da inoculação de sementes de trigo com microrganismos promotores de crescimento e solubilizadores de nutrientes, isolados ou em coinoculação, sobre o desenvolvimento inicial e a absorção de macronutrientes. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, em delineamento de blocos casualizados, com 14 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: T1: *Azospirillum brasilense*; T2: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T3: *Bacillus amyloliquefaciens*; T4: *Trichoderma harzianum*; T5: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T6: *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; T7: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T8: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T9: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T10: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T11: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T12: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T13: sem bioinsumo/com adubação mineral; T14: sem bioinsumo/sem adubação mineral. Todos os tratamentos receberam adubação mineral com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), exceto T14. Foram avaliadas altura de plantas, diâmetro do colmo, número de perfilhos, massa seca da parte aérea e extração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Os resultados demonstraram efeito positivo dos bioinsumos no desenvolvimento inicial do trigo, com destaque para T8 (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*), T9 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*) e T10 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*), que apresentaram melhores desempenhos em altura de plantas, diâmetro do colmo, perfilhamento e absorção de N, P e K. Não houve diferença para massa seca da parte aérea. Conclui-se que a coinoculação de microrganismos favorece o desenvolvimento inicial e a eficiência nutricional do trigo, sendo uma estratégia promissora para o manejo sustentável da cultura.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; coinoculação; microrganismos promotores de crescimento.

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is a crop of great global socioeconomic importance. In the face of the search for more sustainable systems and the reduction in the use of mineral fertilizers, bio-inputs stand out as an alternative to improve the nutritional efficiency of crops. This work evaluated the effect of inoculating wheat seeds with growth-promoting and nutrient-solubilizing microorganisms, isolated or in co-inoculation, on initial development and macronutrient absorption. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of the Southern Frontier, Erechim Campus, in a randomized block design with 14 treatments and four replications. The treatments consisted of T1: *Azospirillum brasilense*; T2: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T3: *Bacillus amyloliquefaciens*; T4: *Trichoderma harzianum*; T5: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T6: *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; T7: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T8: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T9: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T10: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T11: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T12: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T13: without bioinput/with mineral fertilizer; T14: without bio-input/without mineral fertilization. All treatments received mineral fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), except T14. Plant height, stem diameter, number of tillers, shoot dry mass, and extraction of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) were evaluated. The results demonstrated a positive effect of bio-inputs on the initial development of wheat, with T8 (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*), T9 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), and T10 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*) showing the best performance in plant height, stem diameter, tillering, and absorption of N, P, and K. There was no difference in shoot dry mass. It is concluded that the co-inoculation of microorganisms favors the initial development and nutritional efficiency of wheat, being a promising strategy for the sustainable management of the crop.

Keywords: *Triticum aestivum*; co-inoculation; plant growth-promoting microorganisms.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química e do teor de argila do solo coletado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim – RS.....	11
Tabela 2 - Tratamentos utilizados no experimento.....	13
Tabela 3 - Altura de plantas de trigo (cm) aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sob diferentes tratamentos com bioinsumos.....	15
Tabela 4 - Diâmetro de plantas de trigo (cm) aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sob diferentes tratamentos com bioinsumos.....	16
Tabela 5 - Número de perfilhos por planta de trigo aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sob diferentes tratamentos com bioinsumos.....	17
Tabela 6 – Massa seca da parte aérea (MSPA) (g), teores foliares de N, P e K (%) e extração de N, P e K (mg vaso ⁻¹) em plantas de trigo sob diferentes tratamentos com bioinsumos.....	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2.MATERIAL E MÉTODOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 Delineamento experimental e tratamentos.....	11
2.2 Implantação e condução do experimento.....	12
2.3 Avaliações	13
2.4. Análise estatística.....	14
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) destaca-se entre as principais culturas de importância econômica e social em escala mundial, exercendo papel fundamental na alimentação humana e animal (MAPA, 2023). Seus grãos constituem importante fonte de carboidratos, proteínas, fibras e minerais, sendo amplamente utilizados na produção de farinhas, além de integrarem formulações para alimentação animal, consolidando-se como uma matéria-prima estratégica para o agronegócio.

No Brasil, o trigo ocupa importante posição entre as culturas de inverno, especialmente nas regiões Sul e Centro-Sul, onde contribui para a diversificação produtiva e para a rotação de culturas. Segundo o 7º Levantamento da Safra de Grãos 2025/26 da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2026), a produção brasileira de trigo foi estimada em 6.616,2 mil toneladas.

Entretanto, o sistema de produção agrícola brasileiro, caracterizado pela dependência de fertilizantes minerais, tem gerado preocupações relacionadas ao aumento dos custos de produção, à baixa eficiência de aproveitamento de nutrientes e aos impactos ambientais do uso intensivo desses insumos. Nesse contexto, a utilização de bioinsumos surge como alternativa promissora para promover maior sustentabilidade dos sistemas produtivos (MAPA, 2020).

A regulamentação dos bioinsumos no Brasil, por meio da Lei nº 15.070/2024 (BRASIL, 2024), representa um avanço para o setor, podendo favorecer a expansão do uso dessas tecnologias na agricultura. Além disso, tende a incentivar pesquisas relacionadas à eficiência e à segurança de aplicação de microrganismos em diferentes culturas.

Os microrganismos promotores de crescimento de plantas constituem um grupo diversificado de bioinsumos microbianos que atuam no sistema solo-planta, contribuindo para a nutrição e o desenvolvimento vegetal. Esses microrganismos complementam as necessidades nutricionais das plantas, especialmente de nitrogênio (N) e fósforo (P), além de estimular o crescimento por mecanismos diretos, como produção de fitormônios e solubilização de nutrientes, e indiretos, como o biocontrole de fitopatógenos (Gomes et al., 2016).

Dentre os diferentes momentos em que os bioinsumos podem contribuir para o desempenho das culturas, destaca-se a fase inicial de desenvolvimento das plantas, considerada crítica para o estabelecimento adequado da lavoura, por influenciar diretamente o estado de plantas e, consequentemente, a produtividade. Nesse período, a utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal tem recebido crescente atenção, especialmente devido à sua capacidade de estimular o crescimento radicular, favorecendo a absorção de água e nutrientes. Entre os principais microrganismos utilizados destacam-se *Azospirillum brasilense* (Andrade;

Reis Júnior; Chagas, 2022), espécies do gênero *Bacillus*, como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* (Oliveira-Paiva et al., 2020) e *Bacillus amyloliquefaciens* (Araújo et al., 2025), além de *Trichoderma harzianum* (Vey et al., 2023).

O *Azospirillum brasilense* apresenta capacidade de fixação biológica de N e de produção de fitormônios, promovendo maior desenvolvimento radicular e maior eficiência na absorção de água e nutrientes pelas plantas (Andrade; Reis Júnior; Chagas, 2022). Em estudos conduzidos com trigo, Pereira et al. (2017) verificaram aumento no perfilhamento, na produção de massa seca e em componentes de rendimento em plantas inoculadas com *Azospirillum brasilense*, evidenciando efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento da cultura.

Espécies do gênero *Bacillus*, como *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, apresentam elevada capacidade de solubilização de P e atuação como rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (Oliveira-Paiva et al., 2020). Além disso, *Bacillus amyloliquefaciens* pode contribuir para o desenvolvimento vegetal por meio da produção de metabólitos promotores de crescimento e do biocontrole de fitopatógenos (Araújo et al., 2025; Ferreira, 2025). O *Trichoderma harzianum*, por sua vez, atua na promoção do crescimento vegetal e na proteção das plantas contra patógenos de solo, favorecendo melhores condições para o desenvolvimento das culturas agrícolas (Vey et al., 2023).

No entanto, apesar dos avanços no uso de bioinsumos na agricultura, ainda são escassos os estudos que avaliam os efeitos da combinação de diferentes microrganismos no desenvolvimento inicial da cultura do trigo. A compreensão dessas interações é fundamental para ampliar o conhecimento sobre o potencial agrônomo dessas associações e sua influência no crescimento e na eficiência nutricional das plantas (EMBRAPA, 2021).

Dessa forma, parte-se da hipótese de que a inoculação de sementes de trigo com microrganismos promotores de crescimento e solubilizadores de nutrientes, aplicados de forma isolada ou combinada, favorece o estabelecimento inicial da cultura, promovendo maior absorção de nutrientes e melhor desenvolvimento vegetativo.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes microrganismos, de forma isolada ou em coinoculação, sobre o crescimento inicial e a absorção de macronutrientes pela cultura do trigo. Especificamente, buscou-se quantificar a biomassa seca da parte aérea, determinar os teores e extração de macronutrientes [N, P e K], comparar a eficiência dos diferentes inoculantes e gerar informações que contribuam para o manejo nutricional sustentável da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim (RS), no período de julho a setembro de 2025. O solo utilizado foi coletado na área experimental da mesma instituição (27° 43' 31" S; 52° 17' 40" W; altitude aproximada de 650 m) e caracterizado quanto aos atributos químicos e ao teor de argila (Tabela 1). De acordo com Streck et al. (2018), o solo é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico.

Tabela 1. Resultados da análise química e do teor de argila do solo coletado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim – RS

pH (água)	Al -----	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg -----	CTC	K (mg dm ⁻³)	P	MO	Argila -----	V (%)	m -----
4,4	1,7	3,2	1,6	14,3	119	3,8	2,4	59	35,5	25,7

Fonte: Laboratório de Análises de Solos, Fertilizantes, Plantas e Corretivos S/S Ltda.

Nota: pH (água): potencial hidrogeniônico; Al: alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; CTC: capacidade de troca de cátions; K: potássio; P: fósforo; MO: matéria orgânica; Argila: teor de argila; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Após a coleta, o material foi peneirado, transportado até a casa de vegetação e acondicionado em vasos dispostos sobre bancadas. Cada unidade experimental foi composta por vasos preenchidos com uma mistura de 4 kg de solo e 4 kg de areia. No fundo dos recipientes foi adicionada uma camada de brita, recoberta por material filtrante, com a finalidade de melhorar a drenagem e evitar a perda de substrato.

2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi composto por 14 tratamentos (Tabela 2) e quatro repetições, totalizando 56 unidades experimentais. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), visando minimizar possíveis variações de temperatura e luminosidade no interior da casa de vegetação.

Os tratamentos consistiram na inoculação das sementes da cultivar de trigo ORS FERROZ com diferentes bioinsumos, aplicados isoladamente ou em combinação, incluindo um tratamento com adubação mineral sem bioinsumo e um controle absoluto, sem adubação e sem inoculação. Destaca-se que todos os tratamentos receberam adubação mineral com N, P e K, exceto o tratamento T14. A descrição dos tratamentos está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Microrganismo	Adubação NPK
1	<i>Azospirillum brasilense</i> (Bioma Mais)	Sim
2	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i> (Bioma phos)	Sim
3	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (FX protection)	Sim
4	<i>Trichoderma harzianum</i> (Trich protection)	Sim
5	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Sim
6	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	Sim
7	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Sim
8	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	Sim
9	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i>	Sim
10	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Sim
11	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	Sim
12	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus megaterium</i> + <i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Sim
13	Sem bioinsumo	Sim
14	Sem bioinsumo	Não

Fonte: A autora (2026).

2.2 Implantação e condução do experimento

A adubação mineral foi realizada com a formulação 05-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) na dose de 2 g por vaso, misturado ao solo em todos os tratamentos, exceto no tratamento controle absoluto. O tratamento controle absoluto não recebeu inoculação nem adubação mineral com NPK.

A semeadura foi realizada com oito sementes de trigo por vaso. As sementes foram previamente inoculadas utilizando-se os produtos microbiológicos líquidos aplicados diretamente sobre as sementes. Para os tratamentos contendo *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum*, utilizou-se a dose equivalente a 1 mL kg⁻¹ de sementes. Para *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, a dose utilizada foi equivalente a 2 mL kg⁻¹ de sementes, enquanto para *Azospirillum brasilense* a dose foi equivalente a 4 mL kg⁻¹ de sementes. Nos tratamentos com associação de microrganismos, os inoculantes foram aplicados

simultaneamente, respeitando as doses individuais de cada produto. Após a aplicação, as sementes foram homogeneizadas manualmente para promover a distribuição uniforme dos inoculantes sobre sua superfície, permanecendo em repouso por alguns minutos para secagem antes da semeadura.

Após a emergência das plântulas, foram mantidas entre sete e oito plantas por vaso, as quais constituíram a parcela útil para as avaliações. Com o objetivo de minimizar possíveis efeitos de bordadura, os vasos foram reposicionados a cada três dias, respeitando-se o delineamento experimental.

O controle de plantas espontâneas foi realizado manualmente, sem utilização de herbicidas. A irrigação foi realizada por meio de sistema de microaspersão, com o objetivo de manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo durante todo o período experimental. Para isso, foram realizadas quatro irrigações diárias, com duração de 5 minutos cada, buscando fornecer água suficiente para atingir e manter a capacidade de campo do solo.

2.3 Avaliações

As avaliações biométricas foram realizadas aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sendo determinadas as seguintes variáveis:

- Altura de plantas: medida em centímetros, do nível do solo até o ápice da folha mais alta, utilizando régua;
- Diâmetro do colmo: medido na base do colmo, em milímetros, com auxílio de paquímetro digital;
- Número de perfilhos: determinado pela contagem do número total de perfilhos por vaso.

Além disso, aos 60 dias, todas as plantas foram coletadas e submetidas às seguintes análises:

- Massa seca da parte aérea: as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, sendo posteriormente pesadas;
- Teores e extração de macronutrientes na parte aérea: o material seco foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 1 mm, sendo posteriormente analisado quanto aos teores de N, P e K, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A extração de nutrientes foi obtida por meio da multiplicação dos teores de nutrientes pela massa seca da parte aérea das plantas, sendo os resultados expressos em mg vaso⁻¹.

2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F, utilizando o software Sisvar. Quando verificado efeito significativo dos tratamentos ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, visando identificar diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação de sementes de trigo com microrganismos promotores de crescimento e/ou solubilizadores de nutrientes, aplicados de forma isolada ou combinada não alteraram a altura de plantas (Tabela 3) e o diâmetro do colmo (Tabela 4) aos 30 e aos 45 dias após a emergência. Por outro lado, aos 60 dias verificou-se diferença entre os tratamentos para essas duas variáveis.

A altura de plantas aos 60 dias após a emergência foi maior nos tratamentos com a associação de *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum* (T6), *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*, (T8) e *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens* (T10). Da mesma forma, o tratamento T10 apresentou o maior valor de diâmetro de colmo aos 60 dias após a emergência. Entretanto, os tratamentos inoculados diferiram apenas do tratamento sem aplicação de bioinsumos, ou seja, não foram observadas diferenças em relação ao tratamento com adubação mineral (NPK) sem inoculação.

O melhor desempenho desses tratamentos pode estar relacionado à atuação complementar dos microrganismos presentes nas associações. O *Azospirillum brasilense* atua na fixação biológica de N e na produção de fitormônios, especialmente auxinas, promovendo maior desenvolvimento radicular e absorção de nutrientes (MUMBACH et al., 2017). Essa atuação é relevante para a cultura do trigo, uma vez que o N é o nutriente mais demandado pela cultura (28 kg t^{-1}), sendo necessário em maiores quantidades quando comparado ao P ($3,9 \text{ kg t}^{-1}$) e K (20 kg t^{-1}) (NEPAR, 2019).

Tabela 3 – Altura de plantas de trigo (cm) aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sob diferentes tratamentos com bioinsumos.

Tratamentos	Altura aos 30 dias (cm)	Altura aos 45 dias (cm)	Altura aos 60 dias (cm)
T6	25,08 ^{ns}	33,28 ^{ns}	52,15 a
T2	24,53	32,40	51,15 ab
T10	24,50	31,98	53,75 a
T14	24,38	31,03	48,38 ab

T5	24,20	32,28	46,05 ab
T8	23,73	34,55	53,65 a
T1	23,70	32,13	48,95 ab
T4	23,43	30,05	46,23 ab
T3	23,35	32,33	51,30 ab
T7	23,18	27,48	50,58 ab
T9	21,80	26,28	46,10 ab
T11	21,48	26,30	44,20 ab
T13	21,13	24,63	39,73 b
T12	21,00	26,38	42,50 ab
CV (%)	7,38	13,41	10,15

Nota: T1: *Azospirillum brasilense*; T2: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T3: *Bacillus amyloliquefaciens*; T4: *Trichoderma harzianum*; T5: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T6: *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; T7: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T8: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T9: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T10: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T11: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T12: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T13: sem bioinsumo/com NPK; T14: sem bioinsumo/sem NPK; CV (%): coeficiente de variação.

^{ns}: Não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Diâmetro de plantas de trigo (mm) aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sob diferentes tratamentos com bioinsumos.

Tratamentos	Diâmetro aos 30 dias	Diâmetro aos 45 dias	Diâmetro aos 60 dias
T1	2,40 ^{ns}	2,78 ^{ns}	3,15 ab
T10	2,35	2,83	5,25 a
T2	2,35	3,10	3,68 ab
T6	2,30	2,88	3,55 ab
T8	2,23	3,38	4,55 ab
T5	2,10	2,65	3,75 ab
T14	1,95	2,10	3,78 ab
T3	1,93	2,73	4,15 ab
T4	1,83	2,53	3,70 ab

T11	1,80	2,30	3,05 b
T7	1,78	2,13	3,55 ab
T9	1,75	2,18	3,33 ab
T13	1,68	1,75	3,50 ab
T12	1,53	2,03	3,60 ab
CV (%)	20,19	26,29	22,82

Nota: T1: *Azospirillum brasilense*; T2: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T3: *Bacillus amyloliquefaciens*; T4: *Trichoderma harzianum*; T5: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T6: *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; T7: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T8: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T9: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T10: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T11: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T12: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T13: sem bioinsumo/com NPK; T14: sem bioinsumo/sem NPK; CV (%): coeficiente de variação.

^{ns}: Não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O N participa diretamente de diversos processos fisiológicos e bioquímicos, compondo aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e a molécula de clorofila, sendo essencial para a fotossíntese, expansão foliar e acúmulo de biomassa (FERNANDES et al., 2018). Dessa forma, a maior disponibilidade e aproveitamento desse nutriente podem contribuir para o crescimento vegetal e incremento das variáveis biométricas observadas.

Já o *Bacillus subtilis* e o *Bacillus megaterium* apresentam capacidade de solubilização de P, aumentando a disponibilidade desse nutriente para as plantas (SOUZA, 2023). Além disso, o *Bacillus amyloliquefaciens* e o *Trichoderma harzianum* atuam tanto na promoção de crescimento quanto no biocontrole de patógenos, favorecendo as condições para o desenvolvimento vegetal (VEY et al., 2023; ARAÚJO et al., 2025;).

A associação de *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens* também resultou em maior valor de diâmetro do colmo, o que pode estar relacionado à ação complementar dos microrganismos e à maior eficiência na disponibilização e absorção de nutrientes pelas plantas. A combinação entre fixação biológica de N, solubilização de P e estímulo ao crescimento radicular pode ter favorecido maior desenvolvimento das plantas. Além disso, espécies de *Bacillus* atuam como rizobactérias,

contribuindo para a disponibilização de nutrientes e para o biocontrole de microrganismos fitopatogênicos (SOUZA, 2023; ARAÚJO et al., 2025).

Ao avaliar o número de perfilhos por vaso (Tabela 5), verificou-se diferença entre os tratamentos aos 45 e 60 dias após a emergência. Nesta variável, a combinação de *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* (T8) apresentou maior número de perfilhos por vaso. O maior perfilhamento pode estar relacionado principalmente à maior disponibilidade de P promovida pelas bactérias solubilizadoras, especialmente por *Bacillus megaterium*. O P é um elemento essencial para o desenvolvimento radicular e crescimento vegetativo do trigo. Além disso, o *Trichoderma harzianum* pode estimular o desenvolvimento do sistema radicular e aumentar a eficiência de absorção de nutrientes, favorecendo maior emissão de perfilhos (SOUZA, 2023; VEY et al., 2023).

Tabela 5 – Número de perfilhos por vaso na cultura do trigo aos 30, 45 e 60 dias após a emergência, sob diferentes tratamentos com bioinsumos.

Tratamentos	Perfilhos aos 30 dias	Perfilhos aos 45 dias	Perfilhos aos 60 dias
T6	2,50 ^{ns}	6,75 ab	7,00 ab
T1	2,50	7,00 ab	6,25 ab
T8	2,00	10,00 a	11,50 a
T4	1,75	6,00 ab	7,50 ab
T5	1,75	5,75 ab	5,75 ab
T2	1,75	5,75 ab	6,75 ab
T10	1,75	6,00 ab	7,75 ab
T14	1,00	6,00 ab	8,75 ab
T3	1, 00	3,25 ab	4,00 b
T12	0,75	4,00 ab	4,25 b
T11	0,75	4,00 ab	5,75 ab
T13	0,50	3,25 ab	6,25 ab
T7	0,50	2,59 ab	5,00 b
T9	0,25	1,50 b	5,00 b
CV (%)	88,68	58,52	37,48

Nota: T1: *Azospirillum brasilense*; T2: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T3: *Bacillus amyloliquefaciens*; T4: *Trichoderma harzianum*; T5: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T6: *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; T7: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T8: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T9: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus*

subtilis + *Bacillus megaterium*; T10: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T11: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T12: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T13: sem bioinsumo/com NPK; T14: sem bioinsumo/sem NPK; CV (%): coeficiente de variação.

^{ns}: Não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora tenham sido observadas diferenças na altura de plantas, no diâmetro do colmo e no número de perfilhos, essas respostas não resultaram em aumento da massa seca da parte aérea ao final do experimento, aos 60 dias após a semeadura (Tabela 6). Por outro lado, verificaram-se diferenças nos teores foliares de N, P e K, enquanto a extração de P (mg vaso⁻¹) não diferiu entre os tratamentos.

Tabela 6 – Massa seca da parte aérea (MSPA) (g), teores foliares de N, P e K (%) e extração de N, P e K (mg vaso⁻¹) em plantas de trigo sob diferentes tratamentos com bioinsumos.

Trat.	MSPA	Teor foliar			Extração		
		N	P	K	N	P	K
	(g)	------(%)-----			----- (mg vaso ⁻¹)-----		
T8	8,88 ^{ns}	4,50 ab	0,10 b	2,58 abc	379,78 a	12,05 ^{ns}	221,15 a
T10	7,55	3,98 ab	0,18 ab	2,78 abc	266,28 ab	11,18	192,80 ab
T3	7,28	4,65 ab	0,10 b	3,00 ab	338,48 ab	9,63	217,60 a
T2	6,70	3,08 b	0,10 b	2,10 abc	204,07 ab	7,30	140,68 ab
T6	6,55	3,18 b	0,10 b	1,78 c	208,08 ab	6,95	115,63 ab
T1	6,18	2,60 b	0,10 b	1,90 bc	158,78 b	6,45	116,05 ab
T4	6,10	4,18 ab	0,13 ab	2,93 abc	234,33 ab	7,58	168,18 ab
T5	5,73	4,58 ab	0,10 b	2,80 abc	251,90 ab	6,03	157,98 ab
T12	5,58	4,43 ab	0,10 b	2,88 abc	242,78 ab	7,55	159,15 ab
T14	5,23	3,58 ab	0,10 b	2,63 abc	185,28 b	6,95	131,23 ab
T7	4,80	4,35 ab	0,18 ab	3,13 a	203,98 ab	7,70	138,95 ab
T9	5,58	5,90 a	0,20 a	3,25 a	265,38 ab	7,08	143,05 ab
T11	4,20	3,73 ab	0,13 ab	2,93 abc	155,03 b	6,48	121,15 ab
T13	4,18	4,38 ab	0,15 ab	2,53 abc	185,73 b	5,83	107,15 b
CV (%)	32,96	22,86	24,68	18,00	31,70	34,11	27,71

Nota: T1: *Azospirillum brasilense*; T2: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T3: *Bacillus amyloliquefaciens*; T4: *Trichoderma harzianum*; T5: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T6: *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; T7: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T8: *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T9: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*; T10: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T11: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*; T12: *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum* + *Bacillus amyloliquefaciens*; T13: sem bioinsumo/com NPK; T14: sem bioinsumo/sem NPK; CV (%): coeficiente de variação.

^{ns}: Não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O maior teor foliar de N foi observado no tratamento com a associação de *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* (T9). Esse resultado pode estar relacionado à capacidade do *Azospirillum brasilense* em realizar fixação biológica de N, associada ao aumento da eficiência nutricional promovido por *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, microrganismos reconhecidos pela solubilização de P e pela promoção de crescimento vegetal (MUMBACH et al., 2017; SOUZA, 2023).

Por outro lado, o tratamento T8 (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*) proporcionou maior extração de N, indicando maior acúmulo total desse nutriente pelas plantas. A divergência entre os resultados de teor foliar e extração pode ser explicada pelo fato de que a extração depende não apenas da concentração do nutriente nos tecidos vegetais, mas também da quantidade de biomassa produzida.

Os maiores teores e extrações de K foram observados principalmente nos tratamentos contendo *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, indicando maior eficiência nutricional promovida pelos microrganismos. Espécies do gênero *Bacillus* podem atuar na promoção de crescimento vegetal, disponibilização de nutrientes e biocontrole de patógenos, favorecendo o desenvolvimento da cultura do trigo (SOUZA, 2023; ARAÚJO et al., 2025).

O tratamento T9 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*) resultou em maior teor foliar de P, diferindo dos demais tratamentos. Esse resultado pode estar relacionado à ação das bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, na solubilização de fósforo, aumentando a disponibilidade desse nutriente às plantas (SOUZA, 2023). Além disso, a associação com *Azospirillum brasilense* pode ter favorecido o desenvolvimento radicular e,

consequentemente, a absorção de P, uma vez que esta bactéria é promotora de crescimento das raízes.

Entretanto, não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto à extração de P. Esse resultado indica que, apesar das diferenças nos teores do nutriente nos tecidos vegetais, o acúmulo total de P nas plantas foi semelhante entre os tratamentos, possivelmente em função da ausência de diferenças na produção de massa seca da parte aérea.

3 CONCLUSÃO

A inoculação de sementes de trigo com microrganismos promotores de crescimento e solubilizadores de nutrientes, influenciou o desenvolvimento inicial da cultura e a dinâmica de absorção de macronutrientes, porém os efeitos foram dependentes da combinação de microrganismos utilizada e da variável avaliada. As associações entre microrganismos apresentaram desempenho superior aos tratamentos isolados, destacando-se *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Trichoderma harzianum*, *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* e *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus amyloliquefaciens*.

Foram observadas diferenças para altura de plantas, diâmetro do colmo, número de perfilhos e para os teores e/ou extração de N, P e K. Entretanto, a produção de massa seca da parte aérea não foi influenciada pelos tratamentos. Dessa forma, a hipótese de que a inoculação de sementes favorece o estabelecimento inicial do trigo foi parcialmente confirmada.

Os resultados indicam que a coinoculação de microrganismos constitui uma estratégia promissora para o manejo nutricional da cultura do trigo e merece ser avaliada em condições de campo para verificar a persistência dessas respostas ao longo do ciclo e seus reflexos sobre a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. R. M. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos; CHAGAS, J. H. **Uso de Azospirillum brasileiro na cultura do trigo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2022. 25 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, 394). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1147512/1/Solange-Doc-394.pdf>. Acesso em: 11 maio 2026.
- ARAÚJO, T. E. R. de *et al.* Atuação do *Bacillus amyloliquefaciens* na agricultura: revisão sistemática da literatura. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 19, n. 7, p. 1-18, 2025. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n7-013>. Acesso em: 14 maio 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- BRASIL. [Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024]. Regula a produção, comercialização e uso de bioinsumos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 dez. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L15070.htm. Acesso em: 24 maio de 2026.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Programa Nacional de Bioinsumos**. Brasília, DF: MAPA, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/material-para-imprensa/pt/release-04-programanacionalbioinsumos_divulgacao. Acesso em: 11 maio 2026.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Trigo tropical**: como o Mapa e a Embrapa trabalham para aumentar a produção do cereal no Brasil. Brasília, DF: MAPA, 10 nov. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2023/trigo-tropical-como-o-mapa-e-a-embrapa-trabalham-para-aumentar-a-producao-do-cereal-no-brasil>. Acesso em: 7 maio de 2026.
- CONAB. **7º levantamento da safra de grãos 2025/26**. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/7o-levantamento-safra-2025-26>. Acesso em: 13 maio de 2026.

EMBRAPA. **Inoculantes para nutrição de plantas**: contexto global, nacional e o panorama na Embrapa. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível

em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1168519/1/DOC-2-Inoculantes-para-nutricao-de-plantas.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

FERNANDES, M. S. *et al.* **Nutrição mineral de plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. Disponível em: <http://www.sbcs.org.br>. Acesso em: 22 maio 2026.

FERREIRA, L. S. **Bacillus amyloliquefaciens**: modo de ação e utilizações. Agroadvance, 14 maio 2025. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-bacillus-amyloliquefaciens/>. Acesso em: 20 maio de 2026.

GOMES, E. A. *et al.* **Microrganismos promotores do crescimento de plantas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063799/microrganismos-promotores-do-crescimento-de-plantas>. Acesso em: 16 maio 2026.

MUMBACH, G. L. *et al.* Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 77-86, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/995/99551919010.pdf>. Acesso em: 7 maio 2026.

NEPAR. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. Disponível em: <https://sbcs-nepar.org.br/2024/07/30/manual-de-adubacao-e-calagem-para-o-estado-do-parana-2a-edicao/>. Acesso em: 22 maio 2026.

OLIVEIRA-PAIVA, C. *et al.* **Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®)**: dúvidas frequentes e boas práticas. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 13 p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, 252). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135409/1/COT-252-BiomaPhos-duvidas-frequentes-e-boas-praticas.pdf>. Acesso em: 11 maio 2026.

PEREIRA, L. C. *et al.* Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 105-113, 2017. Disponível em: <https://scielo.pt/pdf/rca/v40n1/v40n1a13.pdf>. Acesso em: 28 maio 2026.

SOUZA, R. V. de. **Uso de *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* na cultura do trigo**. 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2023. Disponível em: <https://rd.uffrs.edu.br/bitstream/prefix/6738/1/SOUZA.pdf>. Acesso em: 7 maio 2026.

STRECK, E. V. *et al.* AS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS IDENTIFICADAS NO RIO GRANDE DO SUL. *In: Solos do Rio Grande do Sul*. 3. ed. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. p. 86–90.

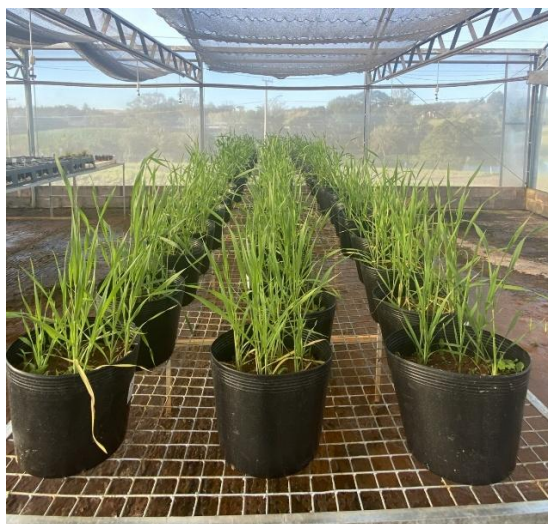
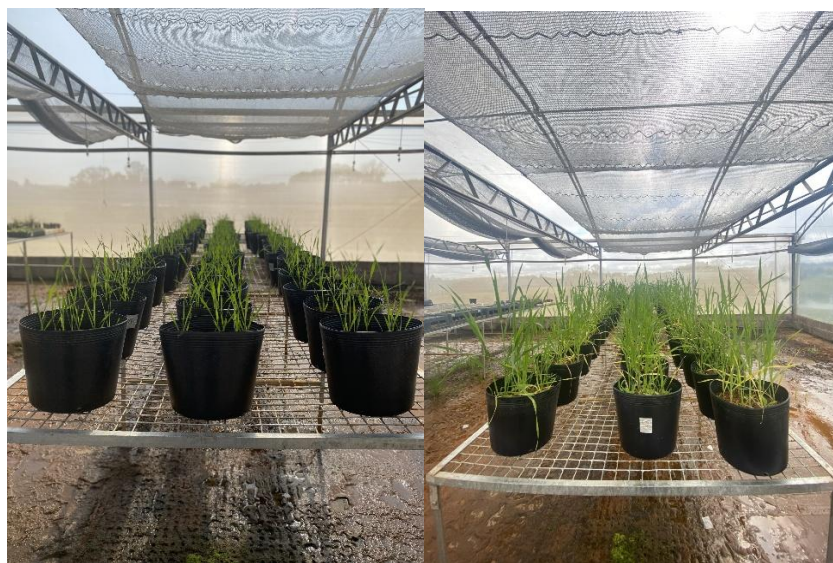
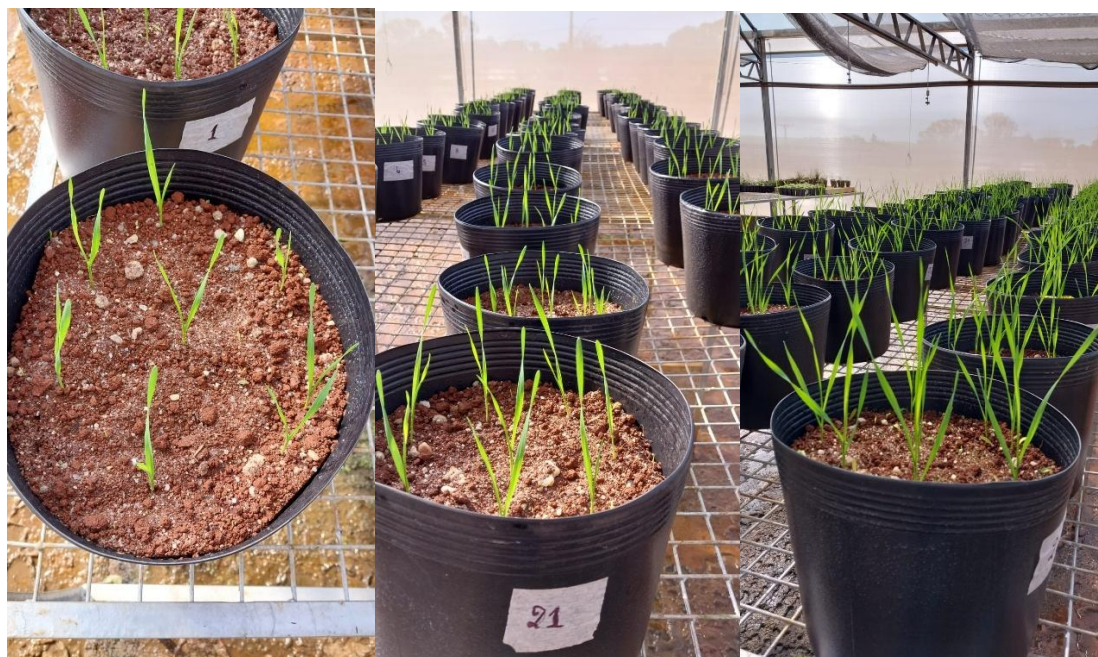
TEDESCO, M. J. *et al.* Análises de plantas e resíduos orgânicos. *In: Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. p. 84–89.

VEY, R. T. *et al.* Crescimento inicial de plantas de trigo tratadas com *Trichoderma harzianum*. **Revista Científica FAEMA**, Ariquemes, v. 14, n. 2, p. 381-392, 2023. Disponível em: <https://revista.faema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/1302>. Acesso em: 7 maio 2026.

APÊNDICE A – Registro fotográfico da implantação do experimento em estufa.



APÊNDICE B – Registro fotográfico da condução do experimento.



APÊNDICE C – Registro fotográfico da colheita.

