



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, NATURAIS E LETRAS - CCANL
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**PRODUTIVIDADE DE *Zea mays* EM ASSOCIAÇÃO COM *Azospirillum
brasiliense* E *Bacillus amyloliquefaciens* NA REGIÃO SUL MARANHENSE**

ROBSON MILHOMEM DE MORAIS CRUZ

**Estreito, MA
2025**

ROBSON MILHOMEM DE MORAIS CRUZ

PRODUTIVIDADE DE *Zea mays* EM ASSOCIAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E
Bacillus amyloliquefaciens NA REGIÃO SUL MARANHENSE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual da
Região Tocantina do Maranhão como
requisito básico para a conclusão do
Curso de Engenharia Agrônômica do
Centro de Ciências Agrárias,
Naturais e Letras.

Orientador:

Prof. Dr. Deucleiton Jardim Amorim

Orientador:

Prof. Dr. Clemilton Alves da Silva

Estreito, MA
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

C955p

Cruz, Robson Milhomem de Morais

Produtividade de *Zea mays* em associação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* na região sul maranhense. Robson Milhomem de Morais Cruz. – Estreito, MA, 2025.

23 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Estreito, MA, 2025.

1. Milho. 2. Rizosfera. 3. Híbrido AG 1051. 4. Coinoculação. 5. Fixação Biológica de Nitrogênio. 6. Estreito - MA. I. Título.

CDU 633.15:338.439.4(812.1)


Ficha elaborada pela Bibliotecária: **Beatriz Araujo Serra CRB-13/1002**

PRODUTIVIDADE DE *Zea mays* EM ASSOCIAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E *Bacillus amyloliquefaciens* NA REGIÃO SUL MARANHENSE


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como requisito básico para a conclusão do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras

Data de aprovação: 22/07/2025


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 DEUCLEITON JARDIM AMORIM
Data: 29/07/2025 10:18:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Deucleiton Jardim Amorim
Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – UNESP

Documento assinado digitalmente
 CLEMILTON ALVES DA SILVA
Data: 29/07/2025 12:28:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Clemilton Alves da Silva
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Documento assinado digitalmente
 RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA MATOS
Data: 31/07/2025 13:09:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

PRODUTIVIDADE DE *Zea mays* EM ASSOCIAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E *Bacillus amyloliquefaciens* NA REGIÃO SUL MARANHENSE¹

Robson Milhomem de Moraes Cruz¹, Deucleiton Jardim Amorim², Clemilton Alves da Silva¹

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Av. Brejo do Pinto, S/N, 65975-000, Estreito, MA. Brasil. E-mail: robson.cruz@uemasul.edu.br

²Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Av. Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP. Brasil. E-mail: deucleitonjardim@gmail.com, silvia.renata@unesp.br, adrianagabia@hotmail.com

³Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Av. Brejo do Pinto, S/N, 65975-000, Estreito, MA. Brasil. E-mail: clemilton.silva@uemasul.edu.br

¹ Trabalho de conclusão de curso redigido nas normas da Revista Bragantia

RESUMO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais produzido no planeta, o fato de ser uma planta que se originou em regiões latino-americanas próximas ao Brasil tornou o estabelecimento da cultura fácil. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* na produtividade do milho no sul do Maranhão. O experimento foi conduzido no município de Porto Franco, Maranhão, instalado em blocos casualizados, 4 tratamentos e 6 blocos totalizando 24 parcelas em 172,8 m². O experimento foi conduzido em Porto Franco, Maranhão, utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos e seis repetições, totalizando 24 parcelas em uma área de 172,8 m². O híbrido de milho utilizado foi o AG 1051. Os tratamentos foram: (1) Testemunha; (2) inoculação com *Azospirillum brasilense* AZ39 (200 mL ha⁻¹); (3) inoculação com *Bacillus amyloliquefaciens* isolado SMBI BS 10 (200 mL ha⁻¹); e (4) coinoculação com *Azospirillum brasilense* AZ39 + *Bacillus amyloliquefaciens* SMBI BS 10 (200 mL ha⁻¹ cada). Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados deste estudo indicam que as condições edafoclimáticas e fertilidade do solo limitaram a eficácia da inoculação e coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* em milho AG 1051 para variáveis altura da planta (cm), altura de 1ª da espiga (cm), diâmetro (mm) comprimento (cm), peso da espiga (g) e relação 1ª inserção/altura da planta (cm), surgindo a necessidade de novos estudos em ambientes que proporcionem estresse abiótico e/ou com diferentes cultivares para compreender de forma mais satisfatória a interação desses Bactérias Promotoras de Crescimento das Plantas com a planta estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Milho; Rizosfera; Híbrido AG 1051; Coinoculação; Fixação Biológica de Nitrogênio.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays*) is the most widely produced cereal crop worldwide. Being a plant that originated in Latin American regions close to Brazil, its establishment in local agricultural systems has been facilitated. This study aimed to evaluate the effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus amyloliquefaciens* on maize yield in the southern region of Maranhão. The experiment was conducted in the municipality of Porto Franco, Maranhão, using a randomized block design (RBD) with four treatments and six replications, totaling 24 plots over an area of 172,8 m². The maize hybrid used was AG 1051. The treatments were: (1) Control (no inoculation); (2) inoculation with *Azospirillum brasilense* STRAIN AZ39 (200 mL ha⁻¹); (3) inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* STRAIN SMBI BS 10 (200 mL ha⁻¹); and (4) co-inoculation with *Azospirillum brasilense* STRAIN AZ39 + *Bacillus amyloliquefaciens* STRAIN SMBI BS 10 (200 mL ha⁻¹ each). Data were analyzed using Tukey's test at a 5% significance level. The results of this study indicate that soil fertility and edaphoclimatic conditions limited the effectiveness of inoculation and co-inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus amyloliquefaciens* in maize hybrid AG 1051, with no significant improvements observed in plant height (cm), height of the first ear (cm), ear diameter (mm), ear length (cm), ear weight (g), or the ratio between first ear insertion and plant height (cm). These findings highlight the need for further studies under abiotic stress conditions and/or using different maize cultivars to better understand the interaction between these plant growth-promoting bacteria and the crop.

KEYWORDS: Maize; Rhizosphere; AG 1051 Hybrid; Co-inoculation; Biological Nitrogen Fixation.

Sumário

INTRODUÇÃO	5
MATERIAIS E MÉTODOS	7
Área Experimental	7
Tratamentos Culturais	8
Obtenção de dados	8
Delineamento experimental e análise estatística	9
RESULTADOS	9
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais produzido no planeta, favorecido pelo clima tropical em temperaturas entre 24 e 30 °C, em que se obtém maior produção de matéria seca e rendimento de grãos em 21 °C, somado ao fato de ser uma planta que se originou em regiões latino-americanas próximas ao Brasil tornou o estabelecimento da cultura bastante satisfatório nos solos brasileiros (Souza, 2024). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), o Brasil produziu 126,87 milhões de toneladas em 21,38 milhões de hectares na safra 2023/2024; o cereal ao longo de sua evolução tornou-se popular nos lares de todo o mundo, mas com a necessidade de aprimoramento na produtividade existindo por décadas (Costa, 2024) refletindo na produção.

O cultivo do milho, assim como outros cereais, demanda uma quantidade significativamente alta de nutrientes que geralmente são oferecidos por meio de fertilizantes minerais. A incorporação de fertilizante orgânico ainda possui uma presença quase que exclusiva em cultivos orgânicos que geralmente possuem preços elevados, diminuindo assim a acessibilidade aos produtos oriundos deste tipo de cultivo (Gotz, 2023; Fagundes, 2024). Apesar da boa eficiência no uso de nitrogênio (N) e fósforo (P), parte do N aplicado pode ser perdida por lixiviação e volatilização, chegando a cerca de 50%. Assim, a cultura demanda altas doses de adubação, o que eleva os custos de produção e do produto final, tanto para consumo humano quanto animal (Guimarães *et al.*, 2023). A deficiência nutricional na cultura, reduz o rendimento de grãos, resultando em menor produtividade, que ocasiona perdas de até 22% de rendimento quando se trata principalmente de deficiência de N (Moises, 2024) e a deficiência de enxofre (S), um dos macronutrientes mais exigidos pela cultura do milho, em que sua deficiência compromete a produtividade da lavoura (Repke, 2013; Mendonça *et al.*, 2023).

Os solos do Cerrado são pobres, pois a disponibilidade de N e S é naturalmente pequena se comparada com as necessidades da cultura e a maior parte de P presente nestes solos fica indisponível para as plantas, sendo a causa das altas quantidades de fertilizantes minerais aplicados safra após safra; estudos demonstram que o uso constante de fertilizantes minerais causa malefícios ao solo, podendo ser reduzido por meio da inoculação de bactérias e fungos fixadores de N, solubilizadores de P para baratear custos e manter a qualidade microbiana do solo, além de promover o crescimento vegetal (Silva *et al.*, 2025; De Oliveira, 2022; Junior *et al.*, 2021).

As bactérias promotoras de crescimento das plantas (BPCP) colonizam regiões rizosféricas, filosféricas e até mesmo tecidos internos em uma relação mutualística facultativa por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Kelbessa, 2023); *Azospirillum brasilense* atua na FBN quando associada a gramíneas como o milho, além da produção de fitohormônios como o ácido 3-indolacético (AIA), além de giberilinas e citocininas (Marques, 2023). *Bacillus amyloliquefaciens* produz hormônios como auxinas, giberilinas e citocininas, e lipopeptídeos como surfactina, iturina e fengicina com atividade nematicida e antifúngica (Wang, 2022). Essas espécies são agentes microbianos promotores de crescimento, e sua associação com outros microrganismos apresenta potencial para elevar a produtividade das lavouras, especificamente de gramíneas como arroz, trigo e o próprio milho no caso de associações com *Azospirillum brasilense* (Kaschuk *et al.*, 2022; Florencio, 2022).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* na produtividade do milho no sul do Maranhão. No contexto de assistência técnica escassa para agricultores familiares e desconhecimento acerca do uso consciente de fertilizantes, a inoculação dos gêneros *Azospirillum* e *Bacillus*

pode afetar a produtividade significativamente em gramíneas como o milho; o consórcio de rizobactérias pode apresentar interações positivas, porém também podem ocasionar interações negativas, principalmente em relação a competição por recursos entre bactérias em diversos cultivos, neste trabalho investigou-se a inoculação entre *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* no cultivo do milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área Experimental

O experimento foi conduzido no município de Porto Franco, Maranhão (6° 28' 40.8" S 47° 14' 23.2" W). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com chuvas entre novembro e abril e entre os meses de maio e outubro, ocorre a estação seca (ALVARES *et al.*, 2013). O experimento foi instalado numa área de pastagem abandonada há 10 anos com solo da região classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico típico (De Oliveira, 2020). Os teores de argila, P, K, matéria orgânica, pH e alumínio (A) foram obtidos através da análise química-física do solo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 2. Teores de argila, P e K analisados pelo extrator Mehlich⁻¹), matéria orgânica, pH e A conforme análise de solo química-física da área experimental.

Argila (%)	P (mg/dm ⁻³)	K (cmol c/dm ⁻³)	Matéria Orgânica (%)	pH (CaCl ₂)	A (cmol c/dm ⁻³)
25	0,6	0,05	1,4	4,8	0,4

Tratamentos Culturais

A semeadura foi realizada no dia 27 de janeiro de 2025 e as sementes foram depositadas manualmente numa profundidade de 3 cm com população de 5 plantas por metro linear. A correção do solo foi realizada 90 dias antes da semeadura na proporção de 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico PRNT 100%, a adubação foi realizada com 222 kg ha⁻¹ de ureia nos estádios vegetativas V5 (50% - maioria das plantas com cinco folhas completas) e V9 (50% - maioria das plantas com nove folhas completas), 416 kg ha⁻¹ de superfosfato simples na semeadura (50% do superfosfato simples), V10 (25% do superfosfato simples a maioria das plantas com dez folhas completas) e VT (25% do superfosfato simples a maioria das plantas com o último ramo do pendão visível), a adubação com cloreto de potássio foi realizada com 41,6 kg ha⁻¹ na semeadura (25% do cloreto de potássio), no estágio vegetativo V10 (25% do cloreto de potássio quando a maioria das plantas estiverem com dez folhas completas) e no estágio reprodutivo VT (50% do cloreto de potássio quando a maioria das plantas estiverem com o último ramo do pendão visível). Os tratamentos culturais realizados envolveram aplicação de produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento (MAPA) para controle de insetos e doenças na cultura do milho através de pulverizador costal.

Obtenção de dados

As plantas foram colhidas no dia 27 de abril de 2025, seguindo os critérios de colheita e debulha, colheu-se 20% das espigas da parcela (8 espigas das duas linhas centrais descontando as duas linhas externas consideradas como bordadura), os parâmetros avaliados são produtividade (kg/ha), diâmetro de espiga, comprimento de espiga, peso de espiga.

Delineamento experimental e análise estatística

Experimento foi instalado em blocos casualizados com parcelas de 2 x 3,6 metros totalizando 7,2 m², cada parcela tinha 4 linhas espaçadas em 0,9 metros, 4 tratamentos e 6 blocos totalizando 24 parcelas em 172,8 m² de área útil dos 382,2 m² destinados para o experimento. O híbrido testado foi o AG 1051. Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: Tratamento 1 - Testemunha; Tratamento 2 - *Azospirillum brasilense* CEPA AZ39 (200 mL ha⁻¹); Tratamento 3 - *Bacillus amyloliquefaciens* isolado SMBI BS 10 (200 mL ha⁻¹); Tratamento 4 - *Azospirillum brasilense* CEPA AZ39 (200 mL ha⁻¹) + *Bacillus amyloliquefaciens* SMBI BS 10 (200 mL ha⁻¹). Os dados foram submetidos aos pressupostos de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilks), análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS

As variáveis expressas na Tabela 2 não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos, uma vez que nenhum p-valor foi superior ao nível de significância de 5% adotado ($p > 0,05$), resultando na não influência significativa dos tratamentos sob as variáveis estudadas. A variável peso da espiga obteve média geral $150,72 \pm 11,88$ g ($F=0,27$; $p=0,8443$) ao passo que diâmetro da espiga $46,14 \pm 1,20$ mm ($F=0,30$ e $p=0,8259$).

Tabela 2. Análise de variância *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* e coinoculação destas bactérias em milho.

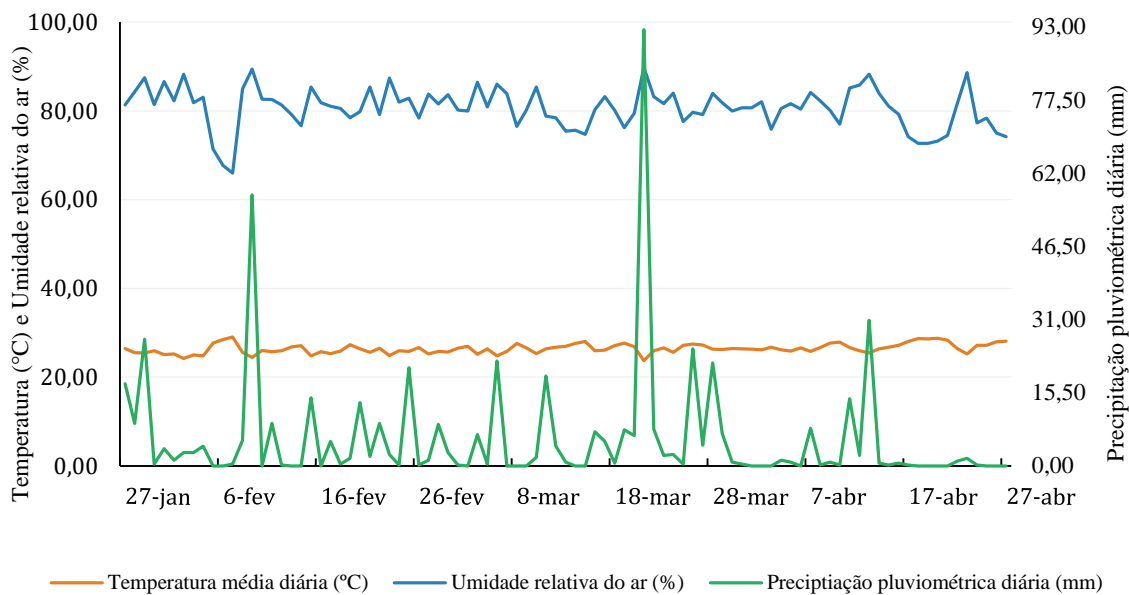
Variável	QM	CV (%)	MÉDIA \pm EP	F	p-valor
----------	----	--------	----------------	---	---------

Altura da planta (cm)	43,47	2,72	228,06 \pm 2,53	1,13	0,3681
Altura da 1ª espiga (cm)	32,25	4,89	92,08 \pm 1,84	1,59	0,2334
Diâmetro da espiga (mm)	2,56	6,35	46,14 \pm 1,20	0,29	0,8257
Comprimento da espiga (cm)	1,17	5,42	15,15 \pm 0,34	1,73	0,2029
Peso da espiga (g)	230,76	19,31	150,72 \pm 11,88	0,27	0,8443
Relação 1ª espiga/altura da planta (cm)	11,27	3,02	135,99 \pm 0,57	0,67	0,5856

QM Trat=Quadrado médio do tratamento; CV=Coefficiente de Variação; \pm EP=Erro Padrão, F calculado e p-valor para as variáveis Altura da planta (cm), Altura da 1ª espiga (cm), Diâmetro da espiga (mm), Comprimento da espiga (cm), Peso da espiga (g), Relação 1ª espiga/altura da planta (cm) à 5% de significância no teste de Tukey.

Durante o período de desenvolvimento da cultura, a região de abrangência da Estação Meteorológica de Carolina (Gráfico 1) registrou temperatura média de 26,4 °C registrando horários com temperaturas de até 34,9 °C; a estação registra por hora e no intervalo de 27 de janeiro a 27 de abril de 2025, 2 dias registraram umidade entre de 50 e 70% (INMET, 2025).

Gráfico 1. Comportamento diário da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica entre 27 de janeiro a 27 de abril de 2025 na região abrangida pela Estação Meteorológica de Carolina (INMET).



As médias das variáveis para os tratamentos apresentados na Tabela 2 demonstram que o tratamento com *B. amyloliquefaciens* embora não havendo diferença estatística promoveu maior altura de planta ($230,75 \pm 2,44$ cm), altura da 1ª espiga ($93,05 \pm 1,79$ cm), diâmetro da espiga ($46,12 \pm 1,12$ mm), comprimento da espiga ($15,58 \pm 0,29$ cm) e peso da espiga ($159,21 \pm 11,51$ g). Os valores da coinoculação foram próximos entre tratamento com *B. amyloliquefaciens*, principalmente para a variável altura da 1ª espiga ($93,46 \pm 2,45$ cm) e menor valor para relação entre altura 1ª espiga/altura da planta ($40,71 \pm 0,49\%$), enquanto isso, o tratamento com *A. brasilense* valores inferiores para quase todas variáveis, exceto diâmetro da espiga que se obteve o segundo menor valor ($147,72 \pm 1,04$ cm), com menor resposta produtiva em comparação aos demais tratamentos.

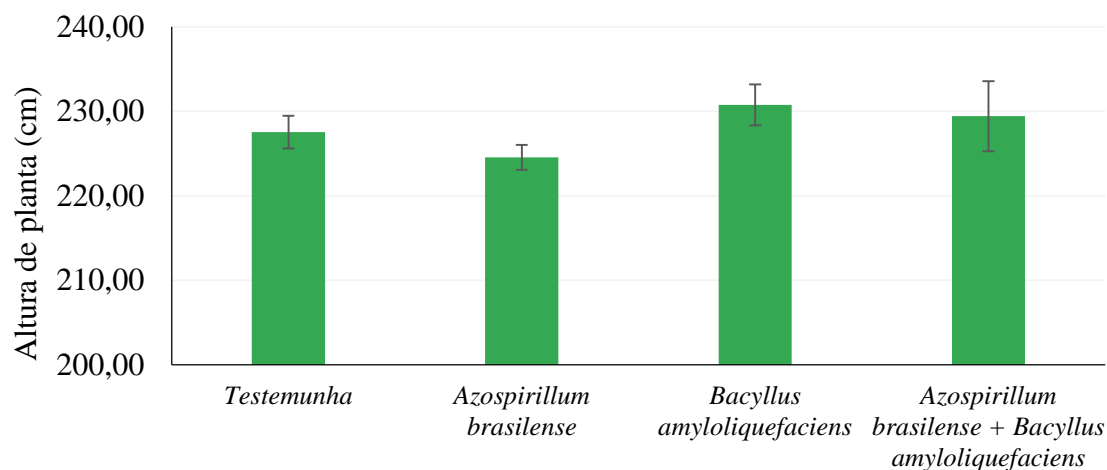
Tabela 2. Médias dos tratamentos testemunha, cepa de *A. brasilense*, cepa de *B. amyloliquefaciens* e coinoculação das duas cepas de *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens* para as variáveis estudadas altura de planta, altura da 1ª espiga, diâmetro da espiga, comprimento da espiga, peso da espiga, relação 1ª espiga/altura em plantas de milho a 5% de significância no teste Tukey.

TRATAMENTOS	AP (cm)	AE (cm)	DE (mm)	CE (cm)	PE (g)	REA (%)
Testemunha	227,54±2,53	93,19±1,84	47,04±1,19	14,54±0,33	151,08±11,88	40,95±1,68
<i>A. brasilense</i>	224,54 ±2,53	88,61±1,84	45,48±1,19	15,21±0,33	147,72±11,88	39,44±1,68
<i>B. amyloliquefaciens</i>	230,75±2,53	93,05±1,84	46,12±1,19	15,58±0,33	159,21±11,88	40,31±1,68
<i>A. brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	229,42±2,53	93,46±1,84	45,94±1,19	15,28±0,33	144,88±11,88	40,71±1,68

Altura de planta (AP); altura da 1ª espiga (AE); diâmetro da espiga (DE); comprimento da espiga (CE); peso da espiga (PE); relação 1ª espiga/altura (REA) para os tratamentos Testemunha, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens*.

Obteve-se médias para altura das plantas (Gráfico 2) entre 224,54±2,53 cm (para o tratamento 2 – *Azospirillum brasilense*) a 230,75±2,53 cm (para tratamento 3 – *Bacillus amyloliquefaciens*), o tratamento com coinoculação (tratamento 4 coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens*) obteve média de 229,42±2,53 cm e a testemunha (sem inoculação) com valor de 227,54±2,53 cm. Estes resultados indicam que *Bacillus amyloliquefaciens* possui tendência de incremento na altura das plantas seja isolada ou associada.

Gráfico 2. Altura média do nível do solo até altura máxima das plantas de milho (*Zea mays*) para os tratamentos Testemunha; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*.



A altura da primeira espiga teve o intervalo de $88,61 \pm 1,84$ cm (tratamento 2) e $93,46$ cm (tratamento 4), mesmo sem significância estatística ($p=0,2334$) existe superioridade numérica nas médias para o tratamento em que possui coinoculação. O diâmetro da espiga (mm) variou entre $45,48 \pm 1,19$ mm (tratamento 2) e $47,04 \pm 1,19$ mm (tratamento 1) com todas as médias estatisticamente iguais. De igual forma, o comprimento da espiga (cm) obteve variação pequena, com tratamento 1 apresentando média de $14,54 \pm 0,33$ cm e tratamento 3 com $15,58 \pm 0,33$ cm, também estatisticamente semelhantes. Para a variável peso da espiga (g), o experimento obteve médias entre $144,88 \pm 11,88$ g (tratamento 4) e $159,21 \pm 11,88$ g (tratamento 3). A relação altura da primeira espiga e a altura da planta apresentou média geral de $135,99$ cm com pouca variação entre os tratamentos.

DISCUSSÃO

A superioridade numérica do tratamento *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens* demonstra que a interação entre as duas rizobactérias favorece o desenvolvimento da *Azospirillum brasilense* que nas condições de campo encontradas não foi capaz de colonizar as raízes de forma eficaz em inoculação isolada. O sucesso da inoculação depende da umidade, temperatura do solo, do antagonismo microbiano e que a BPCP tenha condições necessárias para colonizar, multiplicar-se e distribuir-se na rizosfera (Dos Santos, 2021).

A altura da inserção da primeira espiga (cm), assim como à altura da planta estão relacionadas com a produtividade e a resistência ao acamamento, uma relação elevada entre a altura da 1ª espiga (cm) e da altura da planta (cm) é capaz de deslocar o centro de gravidade do colmo para baixo, resultando no acamamento, também pode afetar a produtividade dos grãos (Li, 2007). A inoculação de *Bacillus amyloliquefaciens* não obteve diferença significativa para as variáveis estudadas no presente trabalho assim como para Silva (2023) que independente da dose de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em sementes de milho não houve diferença estatística.

Corroborando com este trabalho, Smaniotto (2023) atesta que em plantas inoculadas com *Azospirillum brasilense* não houve diferença significativa para diâmetro da espiga (mm), comprimento da espiga (cm), assim como Contreras-Liza (2020) não encontrou diferença estatística para rendimento dos grãos, produtividade dos grãos por hectare, o número de espigas por planta, porém houve diferença significativa para diâmetro e comprimento de espigas.

A ausência de diferença estatisticamente entre os tratamentos com a inoculação podem estar ligadas a diversos fatores biológicos, principalmente referentes ao solo; como por exemplo a fertilidade do solo e o uso de adubação pode ter suprimido a ação

das bactérias, especialmente ao nitrogênio, que pode ter reduzido a necessidade da cultura por BPCP, bem como a provável presença de microbiota nativa tenha competido com os microrganismos inoculados, reduzindo o efeito de sua colonização na rizosfera (Barua *et al.*, 2023). Apesar da não diferença significativa, a inoculação não demonstrou afetar negativamente a produtividade, inclusive com a coinoculação com superioridade numérica. Estudos em condições mais adversas em ensaios que considerem manejos nutricionais e irrigação menos rigorosos podem demonstrar o real potencial dessas BPCP (Valderrama *et al.*, 2021; De Oliveira-Paiva *et. al.*, 2024).

Segundo Chemura (2022) o milho tem sua morfologia e fisiologia afetadas em situações de estresse hídrico, a precipitação pluviométrica acima de 1 mm com longos intervalos durante o ciclo, foi insuficiente e afetou morfológica e fisiologicamente as plantas, assim como temperaturas elevadas e baixa umidade contribuíram para este cenário adverso para a cultura; considerando as necessidades da cultura e da BPCP para colonizar o solo e região das raízes da planta, o clima adverso foi superior a resistências da *Azospirillum brasilense* isolada, porém a bactéria conseguiu superar essas adversidades quando coinoculada com *Bacillus amyloliquefaciens*.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo concluem que as condições edafoclimáticas e fertilidade do solo limitaram a eficácia da inoculação e coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* em milho AG 1051 para variáveis altura da planta (cm), altura de 1ª da espiga (cm), diâmetro (mm) comprimento (cm), peso da espiga (g) e relação 1ª inserção/altura da planta (cm), e surge a necessidade de novos estudos em

ambientes que proporcionem estresse abiótico e/ou com diferentes cultivares para compreender de forma mais satisfatória a interação desses BPCP com a planta estudada.

REFERÊNCIAS

ALVARES. 2013. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil.

Meteorologische Zeitschrift. v. 6, pág. 711-728.

BARUA, Niloy. 2023. Screening the maize rhizobiome for consortia that improve *Azospirillum brasilense* root colonization and plant growth outcomes. **Frontiers in Sustainable Food Systems.** v. 7, p. 1106528.

CHEMURA, Abel. 2022. Changes in climate extremes and their effect on maize (*Zea mays* L.) suitability over Southern Africa. **Frontiers in Climate.**

CONAB, 8º Levantamento - Safra 2024/25. 2025. Disponível em:

<<https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/8o-levantamento-safra-2024-25>>. Acesso em: 29 maio. 2025.

CONTRERAS-LIZA, Sergio Eduardo. 2020 Inoculation effect of *Azospirillum* sp. and two levels of nitrogen on the performance of the hybrid corn 'Insignia 800'. **Peruvian Journal of Agronomy.** v. 4, p. 48-54.

COSTA, M. F. 2024. Archaeological findings show the extent of primitive characteristics of maize in South America. **Science Advances.** v. 10.

DE OLIVEIRA, Kethelin Cristine Laurindo. 2022. Alteração da biodiversidade microbiana do solo devido ao cultivo agrícola: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento.** v. 11, n. 15, pág. 396111537168-396111537168.

DE OLIVEIRA, V. A. 2020. Guia de campo da XIII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC do Maranhão. Brasília: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**.

DE OLIVEIRA-PAIVA, C. A, BINI D, DE SOUSA, S. M, RIBEIRO, V. P, DOS SANTOS, F.C, DE PAULA LANA, U. G, DE SOUZA, F. F, GOMES, E. A, MARRIEL, I. E. 2024. Inoculation with *Bacillus megaterium* CNPMS B119 and *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. **Front Microbiol**. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1426166.

DOS SANTOS LOPES, Monyck Jeane. 2021. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 12, p. e356101220585-e356101220585.

FAGUNDES, Monica Estevam. 2024. Fertilizantes: fatores que influenciam o preço de fertilizantes no agronegócio brasileiro.

FLORENCIO, Camila. 2022. Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**. v. 45, n. 9, p. 1133-1145.

GOTZ, Lenir Fátima. 2023. Phosphate management for high soybean and maize yields in expansion areas of Brazilian Cerrado. **Agronomy**. v. 13, n. 1, p. 158.

GUIMARÃES, Vandeir Francisco; KLEIN, Jeferson. 2023. *Pseudomonas fluorescens*, inoculada via sementes, promove crescimento e aumenta a disponibilidade de fósforo na cultura do milho. **REVISTA DELOS**. v. 16, n. 46, p. 2127-2163.

HUNGRIA, Mariangela. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. 2011.

INMET. 2025. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

JUNIOR, Juracy Alves Martins Silva; DE FREITAS, Joana Machado; REZENDE, Cláudia Fabiana Alves. 2021. Produtividade do milho associado a inoculação com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de adubação nitrogenada. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 2, p. e42810212711-e42810212711.

Kaschuk, G., Auler, AC, Vieira, CE. 2022. Impacto da coinoculação na promoção do crescimento vegetal: uma revisão e meta-análise sobre a coinoculação de rizóbios e bacilos promotores do crescimento vegetal em leguminosas para grãos. **Braz J Microbiol**.

KELBESSA, Bekele Gelena. 2023. Potential of plant growth-promoting rhizobacteria to improve crop productivity and adaptation to a changing climate. **CABI Reviews**.

LI, Yuling. 2007. The genetic relationship among plant-height traits found using multiple-trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**. v. 50, n. 4, p. 357-364.

LOPES, Beatriz Garcia. 2021. Classification of the coefficient of variation for experiments with eucalyptus seedlings in greenhouse. **Revista Ciência Agronômica**. v. 52, p. e20207587.

MENDONÇA, DL de S.; CASTRO, RG de C.; REZENDE, CFA. 2023. Resposta morfológica e produtiva do milho com fornecimento de enxofre em diferentes fontes. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**. [S. l.], v. 3, pág. 11112340516. DOI: 10.33448/rsd-v12i3.40516. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/40516>. Acesso em: 25 abr. 2025.

MOISES, Clara. 2024. Nitrogen deficiency in maize fields of the Southern Pampas does not affect kernel number but reduces weight per kernel. **Field Crops Research**. v. 312, p. 109394.

REPKE, R. A. 2023. Eficiência da *Azospirillum brasilense* Combinada com Doses de Nitrogênio no Desenvolvimento de Plantas de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 12, n. 3, p. 214–226.

- SILVA, Ariana Vieira. 2023. Agronomic characteristics and yield of corn after inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens*. **Revista Agrogeoambiental**. p. e20231730-e20231730.
- SILVA, Tiago Paula da. 2025. *Phosphorus* fractions in different management systems in the Cerrado Goiano. **Revista Ambiente & Água**. v. 20, p. e3057.
- SMANIOTTO, Alex Oliveira. 2023. Agronomic performance of second crop maize grown under different methods of inoculation with *Azospirillum brasilense* 1. **Revista Ceres**. v. 70, n. 6, p. e70604.
- SOUZA, Lucas Freitas Nogueira. 2024. Maize-Brachiaria grass intercropping: a meta-analysis of major productivity drivers in Brazil. **Field Crops Research**. v. 306, p. 109205.
- VALDERRAMA, Rafael Silveira; BOTELHO, Gloria R. 2021. Efeito de *Bacillus* sp. no desenvolvimento de milho (*Zea mays* L.) cultivado no planalto catarinense (SC).
- WANG, S. 2022. Systemically engineering *Bacillus amyloliquefaciens* for increasing its antifungal activity and green antifungal lipopeptides production. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**.