

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS COLINAS DO TOCANTINS - TO
CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

LUIZ EDUARDO MONTELO RIBEIRO

**EFEITO DA INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
SOBRE O DESEMPENHO AGRÔNOMICO DO MILHO CULTIVADO EM
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

**COLINAS DO TOCANTINS-TO
2026**

LUIZ EDUARDO MONTELO RIBEIRO

**EFEITO DA INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO CULTIVADO EM
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Bacharelado em Engenharia Agrônômica
da Unidade Colinas do Tocantins do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins, como exigência
à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Cleudison Gabriel
Nascimento da Silva

**COLINAS DO TOCANTINS-TO
2026**

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

M776e Montelo Ribeiro, Luiz Eduardo
 efeito da inoculação com azospirillum brasilense sobre o
 desempenho agrônomo do milho cultivado em neossolo quartzarênico /
 Luiz Eduardo Montelo Ribeiro. – Colinas do Tocantins, TO, 2026.
 41 p. : il.

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

Orientador: Cleudson Gabriel Nascimento da Silva.

1. Zea mays; Azospirillum brasilense; inoculação; crescimento
vegetativo; características morfológicas. I. Nascimento da Silva,
Cleudson Gabriel. II. Título.

CDD 630

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

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS COLINAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

LUIZ EDUARDO MONTELO RIBEIRO

**EFEITO DA INOCULAÇÃO COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE SOBRE O
DESEMPENHO AGRÔNOMICO DO MILHO CULTIVADO EM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Bacharelado
em Engenharia Agrônoma do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - *campus* Colinas do Tocantins - TO,
como exigência à obtenção do grau Bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Aprovado em: 19 de Junho de 2026

BANCA AVALIADORA

Dr. Cleudison Gabriel Nascimento da Silva
IFTO - Campus Colinas do Tocantins - TO.

MSc. Daniel Santana Colares
IFTO - Campus Colinas do Tocantins - TO.

Msc. Eduardo Castro Ribeiro
IFTO - Campus Colinas do Tocantins - TO.

Colinas do Tocantins - TO, 19 de Junho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Cleudison Gabriel Nascimento da Silva, Servidor**, em 11/08/2026, às 08:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Castro Ribeiro, Servidor**, em 11/08/2026, às 09:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Santana Colares, Coordenador**, em 11/08/2026, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3199797** e o código CRC **74F112A9**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS Campus
Colinas do Tocantins Avenida Bernardo Sayão, Lote 29B, Chácara Raio de Sol, CEP 77.760-000,
Colinas do Tocantins (TO) CNPJ: 10.742.006/0009-45 - Telefone:

Referência: Processo nº 23725.011686/2026-31

SEI nº 3199797

DEDICATÓRIA

A minha mãe Katuscia Montelo
Noletto e a minha vó Terezinha de
Jesus Ribeiro Costa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sempre me abençoar, iluminar meus caminhos e nunca permitir que eu desistisse dos meus sonhos, mesmo diante das dificuldades encontradas ao longo dessa jornada. Sem a Sua presença em minha vida, nada disso seria possível.

Ao meu professor e orientador, Cleudison Gabriel Nascimento da Silva, expresso minha sincera gratidão pela orientação, dedicação, paciência e pelos valiosos ensinamentos compartilhados durante a realização deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para a minha formação acadêmica e profissional.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor, incentivo e apoio incondicional. Em especial, às minhas avós, Terezinha de Jesus Ribeiro Costa e Valdenir de Almeida Montelo, por serem exemplos de força, carinho e sabedoria. Às minhas tias, Marly Ribeiro Costa e Dalzemir de Almeida Montelo, pelo incentivo constante, pelas palavras de apoio e por acreditarem em meu potencial.

Aos meus amigos da faculdade, que compartilharam comigo os desafios, as conquistas e os momentos inesquecíveis dessa trajetória. Alguns deles hoje considero como parte da minha família. Sem a companhia, a amizade e o apoio de vocês, esse processo teria sido muito mais difícil e doloroso.

Agradeço também a todos os professores do Instituto Federal do Tocantins, pelos ensinamentos, pela dedicação e pela importante contribuição na construção do meu conhecimento ao longo do curso.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada e contribuíram para que este sonho se tornasse realidade. Esta conquista não é apenas minha, mas de todos que estiveram ao meu lado durante essa jornada.

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) figura como uma das principais culturas agrícolas do Brasil, pois apresenta elevada eficiência fotossintética e alta capacidade produtiva. Entre as estratégias voltadas ao incremento da produção da cultura, sobressai a inoculação com *Azospirillum brasilense*, bactéria promotora de crescimento vegetal. Diante disso, este estudo avalia o efeito da inoculação com *A. brasilense* estirpe AbV5 no crescimento vegetativo e nas características morfológicas do milho em experimento conduzido sob delineamento em blocos ao acaso, em condições de campo. O trabalho compara tratamentos com e sem inoculação e com doses variadas de fertilizante nitrogenado, analisando variáveis como altura de plantas, diâmetro de colmo, acúmulo de biomassa aérea e produtividade. Os resultados indicam incremento discreto nas variáveis morfológicas das plantas inoculadas. Quanto à produtividade, o estudo observa um ganho significativo apenas nas plantas que recebem tratamentos com fertilizante nitrogenado. Conclui-se que a inoculação com *A. brasilense* AbV5 contribui de maneira discreta para a melhoria do crescimento vegetativo, mas não promove o aumento da produção do milho nas condições experimentais avaliadas.

Palavras-chave: Bioinsumos. FBN. PGPB.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) stands as one of Brazil's main agricultural crops, as it features high photosynthetic efficiency and high yield capacity. Among strategies aimed at increasing crop production, inoculation with *Azospirillum brasilense*, a plant growth-promoting bacterium, stands out. Therefore, this study evaluates the effect of inoculation with *A. brasilense* strain AbV5 on the vegetative growth and morphological characteristics of maize in an experiment conducted in a randomized block design under field conditions. The study compares treatments with and without inoculation and with varying doses of nitrogen fertilizer, analyzing variables such as plant height, stem diameter, shoot biomass accumulation, and yield. The results indicate a subtle increase in the morphological variables of inoculated plants. Regarding yield, the study observes a significant gain only in plants receiving nitrogen fertilizer treatments. It is concluded that inoculation with *A. brasilense* AbV5 contributes subtly to the improvement of vegetative growth, but does not promote an increase in maize yield under the evaluated experimental conditions.

Keywords: Bio-inputs. BNF. PGPB.

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Análise de variância

Ca – Cálcio

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CV – Coeficiente de variação

DBC – Delineamento de Blocos ao Acaso

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUN – Eficiência no uso de nitrogênio

IFTO – Instituto Federal do Tocantins

Mg – Magnésio

N – Nitrogênio

pH – Potencial hidrogeniônico

SB – Soma de bases

T – Tratamentos

BPCP – Bactérias promotoras de crescimento de plantas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados relacionados à precipitação de Colinas do Tocantins (2025)	10
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da análise de solo da área experimental	10
---	----

Tabela 2 – Resultados das variáveis respostas: altura de planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIPE), diâmetro do caule (DC), comprimento de espiga (CE) e diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de milho por espiga (NFME), massa de espigas (ME), massa 100 grãos (M100) e produtividade (sc ha ⁻¹).....	16
---	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1.	Importância do milho no agronegócio.....	3
2.2.	Adubação nitrogenada na cultura do milho.....	5
2.3.	Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV).....	7
2.3.1.	<i>Azospirillum brasiliense</i> : características e mecanismos de ação.....	7
2.3.2.	Interação planta-bactéria e fisiologia vegetal.....	8
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1.	Local do estudo.....	9
3.2.	Preparo da área experimental.....	10
3.3.	Delineamento experimental.....	10
3.4.	Avaliação experimental.....	13
3.5.	Análise estatística.....	13
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5.	CONCLUSÃO.....	20
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
	ANEXOS.....	25

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes no território global e brasileiro, graças ao seu alto potencial produtivo, ampla adaptabilidade e versatilidade de uso. Sua produção tem uma conexão direta com a segurança alimentar, a cadeia de alimentação animal, a indústria de biocombustíveis e vários segmentos agroindustriais, tornando a cultura um papel estratégico no agronegócio nacional.

Na maior parte do Brasil, o milho é cultivado em campos agrícolas e sua importância econômica é cada vez mais pujante, especialmente em sistemas de produção intensiva. Para que haja altos rendimentos, na cultura do milho, boas técnicas de manejo devem ser adotadas, entre elas, a adubação com nitrogênio é essencial. O nitrogênio é um dos insumos nutricionalmente mais demandados pela cultura, que tem um efeito direto no crescimento vegetativo, formação de espigas e produtividade final (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021).

No entanto, a aplicação intensiva de fertilizantes nitrogenados aumenta os custos de produção e causa impactos ambientais adversos, incluindo lixiviação de nitratos e emissões de gases de efeito estufa. A aplicação de Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV) na cultura do milho vem sendo consolidada, mostrando potencial para melhorar a absorção de nutrientes e diminuir a necessidade de produtos sintéticos, dentre estes, os fertilizantes nitrogenados (ÁVILA, 2026).

Entre as BPCV, o *Azospirillum brasilense* é uma bactéria diazotrófica endofítica muito promissora, além da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na cultura do milho, ela também está associada ao desenvolvimento radicular, favorecendo a absorção de água e nutrientes, e pode induzir respostas fisiológicas benéficas nas plantas. Verificou-se que a inoculação de plantas com *A. brasilense* pode levar a um aumento considerável do crescimento vegetativo, propriedades morfológicas e rendimento do milho sob manejo racional de adubação nitrogenada. No entanto, essas mudanças também podem variar de acordo com o genótipo do milho e perfil edafoclimático de determinada região. Assim, são necessários estudos experimentais que avaliem, de forma controlada, a influência da inoculação com *A. brasilense* no crescimento vegetativo e nas características morfológicas do milho.

Diante disso, objetiva-se com este estudo avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense* estirpe sobre as propriedades morfológicas e produtivas do milho cultivado em Neossolo Quartzarênico, na região Médio-Norte do Tocantins.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Importância do milho no agronegócio

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes econômica e estrategicamente no mundo, devido à sua alta plasticidade fisiológica e alta eficiência fotossintética C4. Este metabolismo permite taxas mais altas de fixação de carbono em temperaturas mais elevadas e em luz mais intensa, levando a um potencial de produção de biomassa maior do que as espécies de metabolismo C3 (TAIZ *et al.*, 2017).

Essas propriedades tornam o milho extremamente reativo às condições ambientais e ao manejo nutricional em regiões tropicais e subtropicais, especialmente no Brasil. O sistema radicular fibroso do milho tem um alto potencial de exploração do solo, incluindo raízes primárias, secundárias e adventícias que se desenvolvem rapidamente em um estágio inicial da cultura (DARTORA *et al.*, 2013).

Além de permitir a absorção de água e nutrientes em uma estrutura radicular eficiente, isso também favorece interações importantes com microrganismos da rizosfera, especialmente bactérias promotoras do crescimento vegetal. A rizosfera exerce papel fundamental na regulação da colonização microbiana, influenciando diretamente funções fisiológicas e nutricionais das plantas, uma vez que os exsudatos radiculares constituem um nicho biologicamente ativo (MOLEFE; AMOO; BABALOLA, 2023).

A cultura do milho se destaca como uma das mais importantes no cenário agrícola mundial, tanto pelo elevado volume de produção quanto pela diversidade de aplicações nas cadeias produtivas. Trata-se de um cereal estratégico para a segurança alimentar, sendo amplamente utilizado na alimentação humana e animal, além de servir como matéria-prima na produção de etanol, óleos, amidos, bebidas e diversos insumos empregados nas indústrias química, farmacêutica e alimentícia (EMBRAPA, 2024).

No Brasil, o milho se destaca entre as principais culturas agrícolas, sendo cultivado em praticamente todas as regiões do país, graças à sua grande capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Além disso, exerce papel fundamental nas cadeias produtivas, uma vez que grande parte da

produção nacional é destinada à fabricação de rações para aves, suínos e bovinos, sustentando diretamente setores essenciais da produção animal (EMBRAPA, 2024).

Essa dependência evidencia que a eficiência da produção de milho está diretamente ligada à força da indústria pecuária brasileira. Além de atender à demanda interna, o país se consolida como um dos principais exportadores mundiais do cereal, contribuindo de forma significativa para a balança comercial. Na safra 2025/2026, a produção nacional foi estimada em cerca de 126 milhões de toneladas, cultivadas em aproximadamente 22 milhões de hectares, com produtividade média próxima de 5,7 toneladas por hectare. Esse desempenho reflete o crescimento contínuo da cultura no país, impulsionado principalmente pela adoção de novas tecnologias, pela expansão da segunda safra e pelo aperfeiçoamento dos sistemas de manejo (CONAB, 2026).

Esse desempenho reforça o valor estratégico do milho como produto agrícola para a economia nacional. Do ponto de vista fisiológico, por se tratar de uma planta com metabolismo fotossintético C4, o milho apresenta elevado potencial produtivo, uma vez que realiza a assimilação de carbono de forma mais eficiente em condições de alta luminosidade e temperatura, características comuns de regiões tropicais e subtropicais. No entanto, a expressão desse potencial depende diretamente da disponibilidade adequada de nutrientes, do suprimento hídrico e da adoção de práticas de manejo eficientes (TAIZ *et al.*, 2017).

Nos últimos anos, o aumento da produtividade da cultura do milho tem estado diretamente relacionado à adoção de novas tecnologias no campo. Entre os principais avanços, destacam-se o desenvolvimento de híbridos mais produtivos e adaptados a diferentes condições climáticas, a adoção de sistemas consorciados, o ajuste do espaçamento e da densidade de plantas, além do uso crescente de insumos biológicos, como microrganismos promotores de crescimento vegetal. Essas práticas têm contribuído para um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, maior eficiência no uso de nutrientes e água e, consequentemente, para sistemas de produção mais sustentáveis e produtivos (SOUZA *et al.*, 2024; ORMOND *et al.*, 2024; FREZARIN *et al.*, 2024).

2.2. Adubação nitrogenada na cultura do milho

De uma perspectiva fenológica, o desenvolvimento do milho é dividido nas fases vegetativa (V1 a VT) e reprodutiva (R1 a R6), sendo a fase vegetativa conhecida por ser a mais crucial no controle da produtividade da cultura (EMBRAPA, 2022). Durante a fase vegetativa, ocorre extensiva divisão e alongamento celular, crescimento das folhas, formação do caule e criação do aparato fotossintético, processos que requerem nutrientes e são sensíveis às exigências nutricionais, especialmente de nitrogênio (MALAVOLTA, 2006).

A falta deste elemento nesta fase bloqueia permanentemente o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, os componentes de rendimento, mesmo quando a fertilização é ajustada posteriormente (INMET, 2009). Nesse sentido, a fertilização nitrogenada é muito importante no manejo da cultura do milho. Verificou-se que o nitrogênio está diretamente correlacionado com o aumento da área foliar, taxa fotossintética e diâmetro do caule, bem como com o armazenamento de matéria seca, este último também determinando o comportamento arquitetônico e a competitividade da planta (KIMURA *et al.*, 2023).

A eficácia da fertilização nitrogenada através da fertilização mineral é geralmente reduzida por volatilização, lixiviação ou desnitrificação, incentivando a busca por outras estratégias alternativas e sustentáveis de manejo do nitrogênio (CANTARELLA; MONTEZANO; MELO, 2020; EMBRAPA, 2022). O nitrogênio é um dos nutrientes mais consumidos pela cultura do milho, desempenhando um papel vital na proteína, enzima, clorofila e no crescimento vegetativo das plantas (COELHO, 2021).

A escassez deste nutriente afeta negativamente a área foliar, a taxa de fotossíntese e, em última análise, a produtividade da cultura. Fancelli e Dourado Neto (2000) argumentaram que a fertilização nitrogenada é muito vantajosa na fase inicial de crescimento vegetativo, na qual ocorre intensa divisão celular e formação da estrutura da planta. Mas, apesar do valor agrônomo, o mau manejo do nitrogênio tem sido um dos principais fatores de aumento dos custos de produção e das consequências ambientais negativas.

A fertilização excessiva com nitrogênio também é seguida por altas perdas na forma de lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de gases de efeito

estufa de alto impacto, como óxidos de nitrogênio. Bergamaschi e Matzenauer (2014) enfatizam que essas perdas não só contribuem para diminuir a eficiência agrônômica da fertilização, mas também para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, influenciando a sustentabilidade da agricultura. Nessas circunstâncias, a implementação de técnicas eficientes de absorção de nitrogênio tem sido uma prioridade de melhoria.

A inoculação do milho com bactérias da espécie *Azospirillum brasiliense* tem mostrado ser uma alternativa sustentável e viável, no suprimento de parte do nitrogênio requerido pela cultura. Segundo Hungria et al. (2016), a relação com essa bactéria permite um crescimento radicular mais maduro e maior absorção de nitrogênio, e assim uma diminuição parcial da quantidade de fertilizante, sem prejudicar o desempenho. Pesquisas desenvolvidas no Brasil demonstram que a inoculação pode promover alterações fisiológicas importantes, como maior desenvolvimento radicular, incremento na absorção de nutrientes e aumento da eficiência de uso do nitrogênio, possibilitando a redução parcial da adubação nitrogenada mineral sem prejuízo ao desempenho produtivo (HUNGRIA et al., 2019; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2022; ARAÚJO et al. 2014).

Estudos em diferentes condições de cultivo também indicam que a associação entre inoculação e adubação nitrogenada pode resultar em ganhos de produtividade e maior estabilidade do sistema produtivo, especialmente em condições de baixa e média disponibilidade de nitrogênio (HUNGRIA et al., 2019; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2022; ARAÚJO et al. 2014).

A integração do manejo biológico com a fertilização mineral é planejada como um mecanismo básico para produzir um sistema produtivo mais bem-sucedido, econômico e ecológico. A relação entre a fertilização nitrogenada e a sustentabilidade na cultura do milho deve agora ser examinada não apenas do ponto de vista da produtividade, mas também para manter a conservação ambiental, a redução de custos e a sustentabilidade do sistema agrícola a longo prazo (EMBRAPA, 2023).

2.3. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV)

Microrganismos promotores do crescimento de plantas (PGPM) formam uma gama rica e diversa de bactérias e fungos que podem induzir o crescimento das plantas através de processos diretos e indiretos. Esses microrganismos atuam predominantemente na rizosfera, a região do solo influenciada pelas raízes, onde há uma intensa troca de metabólitos, nutrientes e sinais bioquímicos entre plantas e microrganismos. (HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A, 2022)

De acordo com Hungria et al. (2010), aos BPCV também podem ajudar no crescimento das plantas através de várias vias, incluindo fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fósforo, produção de fitohormônios, síntese de sideróforos e indução de resistência sistêmica. Esses mecanismos contribuem para uma maior eficiência de nutrientes, resistência ao estresse abiótico e atributos morfológicos das plantas.

A utilização desses microrganismos oferece uma opção biotecnológica prática em meio ao aumento dos preços dos fertilizantes minerais e à transição das práticas agrícolas para sistemas mais verdes com menor impacto ambiental.

Tem muita coisa pra falar a respeito desse tema, pode buscar que vc acha.

2.3.1. *Azospirillum brasiliense*: características e mecanismos de ação

Azospirillum brasiliense é uma bactéria diazotrófica de vida livre que tem sido amplamente investigada e pertence ao grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas. Ao contrário das bactérias simbióticas clássicas como os rizóbios, *A. brasiliense* não forma nódulos, mas coloniza a superfície e o interior das raízes, formando uma associação benéfica com gramíneas como milho, trigo e sorgo (HUNGRIA et al., 2016).

Azospirillum brasiliense governa principalmente esses processos fisiológicos sintetizando fitohormônios, incluindo auxinas, giberelinas e citocininas, que são importantes na elongação celular, emissão de raízes laterais e crescimento de brotos. Também é capaz de fixar nitrogênio biologicamente em menor escala, auxiliando (em parte) no fornecimento desse nutriente às plantas (CASSÁN; DIAZ-ZORITA, 2016).

Plantas inoculadas com *A. brasiliense* apresentam maior desenvolvimento do sistema radicular e possuem uma área de exploração do solo maior, e assim têm maior eficiência na absorção de água e nutrientes, o que causa aumento de altura, diâmetro do caule e acúmulo de biomassa (SALA et al., 2015).

2.3.2. Interação planta-bactéria e fisiologia vegetal

A interação da planta de milho com *A. brasiliense* estirpe AbV5 com milho (principalmente da rizosfera para o rizoplane) é mediada pela exsudação da raiz, que promove a colonização de origem bacteriana. Como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, esses exsudatos atuam como fontes de energia para as bactérias desta planta e provocam respostas fisiológicas tanto no microrganismo quanto na planta (HUNGRIA et al., 2016). Fisiologicamente, *A. brasiliense* estirpe AbV5 altera o padrão de crescimento das raízes, levando a mais ramificações e raízes alongadas. Essa adaptação estrutural ajuda no aumento da absorção de nutrientes e água, especialmente durante períodos de estresse hídrico ou em caso de disponibilidade reduzida de nutrientes (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Além disso, a produção de fitohormônios pelas bactérias está diretamente relacionada ao metabolismo da planta, aumentando a atividade fotossintética e a eficiência do uso de nitrogênio, que são importantes para o crescimento vegetativo do milho. Tal interação entre os dois é responsável pelos resultados positivos apresentados em diferentes estudos, mostrando uma relação positiva entre a inoculação com *A. brasiliense* e mudanças morfológicas e agronômicas marcantes na cultura.

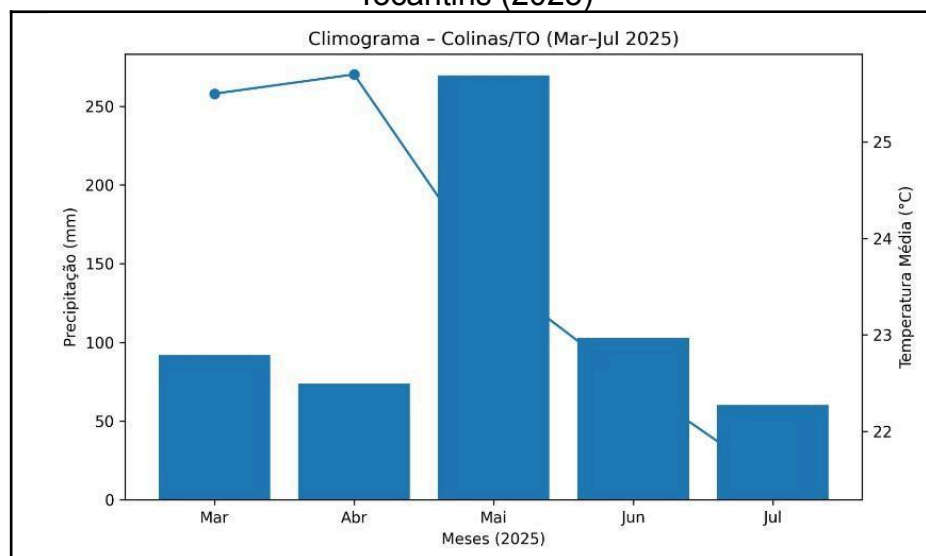
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do estudo

O experimento foi realizado em campo na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Colinas do Tocantins, localizado no município de Colinas do Tocantins, TO. Este local está posicionado nas coordenadas geográficas 08°03'33" de latitude Sul e 48°28'30" de longitude Oeste, com uma altitude de 227 metros. O clima da região é classificado segundo a tipologia de Köppen (1936) como Aw, caracterizando-se como tropical, com uma estação seca bem definida durante o inverno. A temperatura média anual é cerca de 27,16 °C. Quanto ao regime pluviométrico, a precipitação média anual é aproximadamente 1.780 mm, concentrando-se entre os meses de novembro e maio; o período seco se estende de junho a outubro. Dessa forma, o experimento foi realizado durante a safra de 2025, entre os dias 26 de março e 30 de julho, sendo necessária irrigação devido ao fim iminente do período chuvoso (Figura 1).

A irrigação do experimento foi iniciada em 13 de maio e mantida até o final da fase reprodutiva da cultura. Durante a fase vegetativa, a irrigação foi realizada diariamente, com duração de duas horas por dia. Na fase reprodutiva, o tempo de irrigação foi aumentado para quatro horas diárias, visando atender à maior demanda hídrica da cultura nesse período. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento, composto por tubulações de PVC e conexões acopladas a fitas gotejadoras, instaladas entre as linhas de cultivo e distribuídas uniformemente em todos os tratamentos.

Figura 1 – Dados relacionados a precipitação de Colinas do Tocantins (2025)



Fonte: EMBRAPA, 2026.

3.2. Preparo da área experimental

Antes do semeio do milho o solo foi corrigido e adubado com base na sua análise química e textural (Tabela 1) e de acordo com a Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988). A calagem foi realizada utilizando calcário com PRNT igual a 97,21%, no dia 18 de março de 2025.

Tabela 1 – Resultado da análise de solo da área experimental

pH CaCl ₂	P meh	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
-	mg.dm ⁻³				Cmol _c .dm ⁻³				%
5,7	3,0	23	1,2	0,5	0,0	1,6	1,76	3,36	52
M.O.	C.O.	K/T	Ca/T	Mg/T	m	Ca/Mg	Ca/K	M	
.....Dag.kg ⁻¹				%					
1,0	0,6	2	36	15	0	2,4	20	8,3	
B	Cu	Fe	Mn	Zn					
.....mg.dm ⁻³									
0,23	0,2	12	0,5	0,1					

Fonte: Próprio autor, 2026.

3.3. Delineamento experimental

Após o uso do calcário para corrigir o solo em 26 de março de 2023, iniciou-se a marcação das parcelas experimentais (ANEXO A).

O experimento foi montado em delineamento com blocos casualizados contendo cinco tratamentos, a saber: T1- controle absoluto, T2- dose de uréia equivalente a 100 kg de N ha⁻¹, T3- dose de uréia equivalente a 50 kg de N ha⁻¹, T4- Inoculação com *A. brasiliense* estirpe AbV5, e T5- Inoculação com *A. brasiliense* estirpe AbV5 e dose de uréia equivalente a 50 kg de N ha⁻¹. Estes foram repetidos quatro vezes, totalizando 20 parcelas experimentais. As parcelas continham 6 linhas de 2,0 m cada espaçadas entre si, em 0,9 m (ANEXO B).

Os corredores desenvolvidos entre os blocos foram espaçados também em 1 m, permitindo melhor manejo do experimento. As dimensões das parcelas individuais (4,5 m × 2 m) e as áreas (294 m²) preencheram os dados necessários para o experimento na parcela, garantindo que o delineamento fosse adequado ao processo experimental e resultados confiáveis fossem obtidos. É necessário ressaltar que a área útil do experimento constituiu em 180 m², sendo que são 20 parcelas e cada uma equivale a 9 m², totalizando a área útil anteriormente citada.

Quanto aos tratamentos inoculados nas parcelas, antes do semeios, as sementes foram inoculadas para que tivessem uma população igual a 10⁶ UFC/semente. Para tal, utilizou-se o produto comercial BioMax® Azum contendo *A. brasiliense* estirpe AbV5 na concentração 10⁹ UFC mL⁻¹, nas sementes previamente revestidas com calda de sacarose 10%, m:v. Ademais, foram aplicadas doses de micronutrientes com o produto Comix, 3 L por hectare.

3.4. Implantação e condução experimental

O milho AGN 2M33 PRO3 é classificado como um híbrido comercial desenvolvido por melhoramento genético, contendo tecnologia transgênica incorporada (PRO3), sendo um material protegido por registro comercial e não caracterizado como variedade de polinização aberta. Consequente, foi realizada a semeadura utilizando o método de plantio manual em 26 de março de 2025 (ANEXO C). De acordo com as configurações do plantador, o espaçamento entre plantas foi determinado em cerca de 0,20 m, resultando ao equivalente a 45.000 plantas por hectare.

Na semeadura em 26 de março de 2025, foi fornecido o equivalente a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e metade da dose total de potássio, 60 kg ha^{-1} de K_2O , conforme o manual de adubação da Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988).

A segunda aplicação de potássio, equivalente a $60 \text{ kg de de } \text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, ocorreu no estágio fenológico V6, 28 de abril de 2025, 32 dias após a primeira aplicação.

Quanto a adubação dos tratamentos nitrogenados, ela ocorreu em quatro aplicações, a saber: 10% no plantio, 30% no estágio vegetativo V4 (16 de abril de 2025), 30% no estágio vegetativo V6 (28 de abril de 2025) e 30% no estágio vegetativo V8 (12 de maio de 2025) sendo o equivalente 10, 30, 30 e $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$, respectivamente, sendo que a adubação realizada na semeadura foi incorporada manualmente ao solo com o auxílio de uma enxada. As demais aplicações de fertilizante foram efetuadas em cobertura, conforme o manejo estabelecido para os tratamentos experimentais.

Durante o experimento foi realizado o monitoramento do desenvolvimento das plantas, bem como padronização das condições de cultivo nos lotes experimentais, aumentando assim a uniformidade e a confiabilidade dos dados obtidos (ANEXO D).

A estratégia de manejo da cultura do sistema fitossanitário incluiu a aplicação programada de agrotóxicos durante o período de crescimento do milho para prevenir e controlar pragas e doenças, bem como suplementar com nutrientes, especialmente micronutrientes (ANEXO E). No total, foram realizadas seis aplicações fitossanitárias durante o ciclo da cultura. A primeira aplicação ocorreu em 8 de abril de 2025, utilizando os inseticidas Connect® (Bayer), na dose de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$, e Decis® (Bayer), na dose de 200 ml ha^{-1} . A segunda aplicação foi realizada em 15 de abril de 2025, com a associação dos mesmos inseticidas e do fungicida Nativo® (Bayer), aplicado na dose de 750 ml ha^{-1} . A terceira aplicação ocorreu em 23 de abril de 2025, utilizando Connect® ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$) e Decis® (200 ml ha^{-1}), associados à aplicação de micronutrientes. A quarta aplicação, realizada em 29 de abril de 2025, foi composta pelo inseticida Brilhante® (Ouro Fino Agrocência), na dose de 600 ml ha^{-1} , Decis® (200 ml ha^{-1}), fungicida Nativo® (750 ml ha^{-1}) e micronutrientes. Em seguida, a quinta e a sexta aplicações foram realizadas em 6 e 13 de maio de 2025, respectivamente, utilizando Brilhante® (600 ml ha^{-1}) e Decis® (200 ml ha^{-1}), visando à manutenção da sanidade da cultura e ao controle de possíveis insetos-praga.

3.5. Avaliação experimental

Em 30 de julho de 2025, 127 dias após a semeadura (fim do ciclo reprodutivo do milho), foram realizadas as de dados referentes as variáveis respostas, a saber: altura das plantas (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIPE), comprimento e diâmetro da espiga (CDE), Massa de 100 grãos (M100), peso de grãos por espiga (PGE), umidade dos grãos (UG), e Produtividade. Para medir a AP e a AIPE, uma fita métrica de 1 metro graduada em centímetros (ANEXO F:A) foi usada sendo posicionada próxima ao caule da planta (ANEXO F:B). Para avaliação dos demais parâmetros, colheu-se as espigas manualmente, no dia 05 de agosto de 2025, nas fileiras centrais, considerando a área útil de 108 m², visto que as fileiras da margem compreendem a área útil de 80 m². Elas foram acomodadas em sacos plásticos devidamente identificados (ANEXO F:C) e levadas ao laboratório seguindo um procedimento de seleção (ANEXO F:D). Para aferição do comprimento e do diâmetro das espigas utilizou-se um paquímetro digital (ANEXO F:F e G). Em seguida, para posterior análise, escolheu-se cinco espigas aleatoriamente (ANEXO F:E). Posteriormente, as espigas foram manualmente debulhadas, sendo os seus grãos separados e pesados, para composição de uma média das cinco espigas selecionadas (ANEXO F H).

3.6. Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e de homogeneidade de variâncias. Atendidos esses pressupostos, realizou-se a análise de variância (ANOVA). Quando observada significância estatística ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o software estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos inoculados com a bactéria *A. brasilense* estirpe AbV5 apresentou um efeito modesto no desenvolvimento vegetativo e no perfil de produtividade do milho. Mais especificamente, os tratamentos que foram inoculados sem ou com quantidades reduzidas de nitrogênio tiveram desempenho superior ao tratamento controle, mostrando que nas condições testadas a bactéria proporcionou em parte, o desenvolvimento vegetativo e produtivo da planta de milho.

Diferenças estatísticas entre os tratamentos não foram encontradas para as variáveis de crescimento inicial ou arquitetura da planta, como altura da planta (AP) e altura de inserção da primeira espiga (AIPE) (Tabela 2). Entretanto, os valores médios para ambos os tipos de tratamentos de inoculação (T4 e T5), foram numericamente superiores aos valores médios alcançados no controle absoluto (T1), implicando que a inoculação promoveu o crescimento vegetativo, embora não de forma robusta o suficiente para se tornar estatisticamente significativa. Pode ser que, em função das características altura de planta e inserção de primeira espiga, serem altamente mediadas por fatores genéticos e ambientais, elas exibiram menor sensibilidade à inoculação com a estirpe bacteriana avaliada.

Por outro lado, o diâmetro do caule (DC) foi positivamente influenciado pela inoculação (Tabela 2). O DC foi maior em tratamentos com *A. brasilense* estirpe AbV5 (T4 e T5) do que no controle (T1), indicando uma melhoria estrutural favorável da planta. Isso é uma vantagem agrônômica, devido ao fato de que um diâmetro de caule maior significa uma maior capacidade de transporte de água e nutrientes e resistência ao acamamento em geral, o que leva à estabilidade da produtividade da cultura.

Quanto às características morfológicas da espiga, com exceção da variável resposta, número de fileiras de milho por espiga (NFME), as demais, comprimento de espiga (CE), diâmetro da espiga (DE) e massa de espigas (ME) foram significativamente influenciadas pela inoculação. O comprimento e o diâmetro da espiga aumentaram significativamente nos tratamentos inoculados, especialmente quando a bactéria foi combinada com quantidades reduzidas de fertilização nitrogenada (T5) (Tabela 2). Esses dados mostram que a inoculação contribuiu, em

parte, com o crescimento reprodutivo da planta, ou seja, a capacidade de formar melhores espigas e preencher mais espaços com grãos.

Para as variáveis componentes de rendimento, apenas a produtividade (sc.ha^{-1}) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, enquanto a massa seca de 100 grãos (M100) não foi afetada. Mais uma vez, o tratamento que associou a inoculação a 50% da dose de nitrogênio (T5) igualou-se aos tratamentos com 50% (T3) e 100% (T2) de N-fertilizante, diferindo dos demais (T1 e T4) (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados das variáveis respostas: altura de planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIPE), diâmetro do caule (DC), comprimento de espiga (CE) e diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de milho por espiga (NFME), massa de espigas (ME), massa 100 grãos (M100) e produtividade (sc ha⁻¹)

Trat.	AP (m)	AIPE (m)	DC (mm)	CE (cm)	DE (mm)	NFME	ME (g)	M100 (g)	Prod. (sc ha ⁻¹)
T ₁	1,82 a	0,69 a	12,94 b	11,57 c	43,48 b	15,35 a	98,76 c	28,87 a	69,77 c
T ₂	2,02 a	0,82 a	14,99 a	13,94 a	47,11 a	15,85 a	143,58 a	31,30 a	103,57 a
T ₃	2,04 a	0,81 a	15,37 a	13,41 ab	46,83 a	16,30 a	138,32 ab	31,21 a	98,20 ab
T ₄	1,92 a	0,78 a	15,03 a	12,23 bc	44,94 b	15,85 a	112,20 bc	28,57 a	78,77 bc
T ₅	2,01 a	0,82 a	15,75 a	14,74 a	46,11 a	15,10 a	149,90 a	31,61 a	106,95 a
CV%	6,99	11,81	5,64	4,90	2,39	3,51	10,17	6,46	10,86

Médias com letras diferentes dentro das colunas significa que houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). T₁- controle absoluto, T₂- dose de uréia equivalente a 100 kg de N ha⁻¹, T₃- dose de uréia equivalente a 50 kg de N ha⁻¹, T₄- Inoculação com *A. brasiliense* estirpe AbV5, e T₅- Inoculação com *A. brasiliense* estirpe AbV5 e dose de uréia equivalente a 50 kg de N ha⁻¹.

Fonte: Próprio autor, 2026.

Como pode ser observado na Tabela 2, a altura das plantas não foi influenciada significativamente pelos tratamentos avaliados, indicando que as diferentes estratégias de manejo não promoveram alterações expressivas no crescimento vegetativo da cultura. Esse resultado também foi de acordo com os observadores por Moraes *et al.* (2015), que também não verificaram efeito significativo da inoculação com *Azospirillum brasiliense* sobre essa variável.

Da mesma forma, Camargo *et al.* (2022) relataram não observarem diferenças significativas na altura de plantas de milho em função da inoculação com *A. brasiliense*, demonstrando que a resposta da cultura pode variar conforme as condições de cultivo e o ambiente experimental. Em contrapartida, Lopes (2016), citado por Camargo *et al.* (2022), constatou aumento da altura das plantas inoculadas, evidenciando que os efeitos da bactéria nem sempre são consistentes entre diferentes estudos.

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos para a altura de inserção da espiga principal pode estar relacionada à forte influência genética sobre essa característica, tornando-a menos responsiva às alterações promovidas pela inoculação ou pelo manejo nutricional em condições adequadas de cultivo.

Resultados semelhantes foram observados por Nobile *et al.* (2025), que também não verificaram efeito significativo da inoculação com *A. brasiliense* sobre características relacionadas ao crescimento vegetativo do milho. Da mesma forma, Camargo *et al.* (2022) relatam que diversos estudos não inoculação para variáveis estruturais da planta, sugerindo que os benefícios da bactéria tendem a se manifestar com maior frequência em atributos relacionados ao sistema radicular, à absorção de nutrientes e ao rendimento da cultura.

Segundo Sangoi *et al.* (2017), a inserção da espiga é uma característica associada à arquitetura da planta e apresenta considerável estabilidade quando cultivada em solos com adequada disponibilidade de nutrientes. Além disso, Hungria *et al.* (2016) e Cassán *et al.* (2019) também reforçam que os efeitos promovidos por *A. brasiliense* geralmente estão mais relacionado ao desenvolvimento radicular e à eficiência nutricional do que a modificações expressivas na estrutura aérea das plantas. Nesse sentido, Fukami *et al.* (2018) ressaltam que a ação dessas bactérias ocorre principalmente por alterações fisiológicas que favorecem o crescimento

vegetal, sem necessariamente promover mudanças significativas na arquitetura da parte aérea.

Ademais, Cassán *et al.* (2016) afirmam que a altura de inserção da espiga pode ser influenciada pelas condições de disponibilidade hídrica e pelo vigor vegetativo da cultura. Assim, considerando que o experimento foi conduzido em condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, a estabilidade observada para essa variável sugere que os tratamentos não exerceram influência suficiente para modificar a posição de inserção da espiga principal.

As variáveis da produtividade, comprimento da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e massa de espigas, são atributos fundamentais para a cultura do milho, pois estão diretamente relacionados ao potencial de rendimento. O desenvolvimento desses componentes ocorre principalmente entre os estádios V6 e V12, fase crítica na qual são definidos os parâmetros reprodutivos da lavoura (Cassán *et al.*, 2016). No presente estudo, o tratamento T5 (*A. brasiliense* + 50% da dose de N) resultou em valores estatisticamente equivalentes aos obtidos com as doses de nitrogênio (T2 e T3) para tais variáveis (Tabela 2).

Possa ser que esses resultados, estejam relacionados aos benefícios proporcionados pela bactéria, que favorece o desenvolvimento do sistema radicular, aumenta a absorção de água e nutrientes e estimula a produção de fitormônios capazes de promover o crescimento vegetal (Fukami *et al.*, 2018; Cassán *et al.*, 2019). Além disso, a inoculação pode contribuir para um melhor aproveitamento do nitrogênio disponível no solo, refletindo positivamente no desenvolvimento das plantas (Hungria *et al.*, 2016).

Entretanto, é mais provável que o comportamento observado para essas variáveis no tratamento 5 (T5) tenha sido promovido pela aplicação de 50% da dose de N, e não pela inoculação com *A. brasiliense* (estirpe AbV5). Isso fica evidente ao constatar que o tratamento 3 (T3), que recebeu apenas 50% da adubação nitrogenada, sem inoculante, foi estatisticamente equivalente ao T5, indicando que a bactéria não contribuiu efetivamente para a melhoria desses atributos no presente estudo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo *et al.* (2014), que tampouco observaram efeito significativo da inoculação sobre o comprimento e a massa de espigas, a massa de grãos por espiga e a massa de mil grãos. Os autores

verificaram que as respostas mais expressivas decorreram do incremento das doses de nitrogênio, o que proporcionou maiores teores de nutrientes nos tecidos foliares e aumentos na produtividade.

Sob a perspectiva agronômica, a associação da inoculação com 50% da dose de N (T5) poderia ser justificada como estratégia complementar para mitigar perdas nitrogenadas e promover o manejo sustentável do solo. Contudo, considerando que os resultados do T5 foram estatisticamente equivalentes aos do T3 (apenas 50% de N), a inoculação bacteriana passa a representar um custo adicional de produção sem retornos incrementais significativos.

Diante disso, esses achados evidenciam a necessidade de novos estudos para investigar minuciosamente o potencial promotor da inoculação com *Azospirillum brasiliense* (estirpe AbV5) em milho cultivado em Neossolos Quartzarênicos.

Conforme apontado por Hungria *et al.* (2016) e Cassán *et al.* (2019), a eficiência da inoculação depende diretamente de fatores como disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, teor de matéria orgânica e da interação genotípica entre a bactéria e a planta hospedeira. Assim, a ausência de resposta expressiva observada no presente trabalho pode estar associada às condições edafoclimáticas locais e ao estado nutricional do solo, que podem ter limitado a expressão dos efeitos fitoestimulantes da bactéria.

5. CONCLUSÃO

A inoculação com *Azospirillum brasiliense* (estirpe AbV5), isolada ou em associação com 50% da dose de nitrogênio (T5), não promoveu incrementos significativos no crescimento vegetativo, nos componentes de rendimento ou na produtividade do milho cultivado em Neossolo Quartzarênico. O desempenho do tratamento T5 foi estatisticamente equivalente ao do tratamento com 50% de nitrogênio isolado (T3), indicando que as respostas observadas decorreram exclusivamente da fertilização mineral. Portanto, nas condições edafoclimáticas do estudo, a inoculação bacteriana não se justifica do ponto de vista técnico e econômico, sendo necessários novos trabalhos para investigar a eficiência dessa biotecnologia sob diferentes estresses ambientais e focado no desenvolvimento radicular.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, R. G. Nitrogênio no milho: como aumentar a eficiência do nutriente e a produtividade da lavoura. **AgroAdvance**, 18 maio 2026. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-nitrogenio-no-milho/>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- ARAÚJO, R. M. et al. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1556-1560, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/pn3jLP54rC6hSrwqwqVCVFg/?lang=pt>. Acesso em: 28 jun. 2026.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS, 2014.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. **Nitrogênio na agricultura brasileira**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (org.). Milho: do plantio à colheita. Piracicaba: ESALQ/USP, 2020.
- CAMARGO, K. C.; CASTRO, B.; MENEZES, L; M;; LOPES, M; M. Inoculação com *Azospirillum brasilense* para a produção de milho para silagem. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e6611326165, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26165>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26165>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- CASSÁN, F. et al. Hormonal effects of *Azospirillum* on plant growth. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2015.
- CASSÁN, F. et al. Effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth and nitrogen use efficiency in maize. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 2019.
- CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* spp. in current agriculture: benefits and challenges. **Plantarum Biology Journal**, 2016.
- CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 103, p. 117–130, 2016.
- COELHO, A. E. **Adubação nitrogenada no milho: fundamentos e recomendações**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26**. Brasília, DF: CONAB, 2026. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 01 maio 2026.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 8, p. 1023-1029, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800015>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/3pcYSgrqYxqtH36Jm4Lp9Yp/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O. **Impacto da inoculação com *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento e na produtividade de milho e outras gramíneas**. Embrapa Cerrados – Documentos, 2018.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Importância socioeconômica**. In: EMBRAPA. *Agência de Informação Tecnológica: Cultivo do Milho*. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 30 jun. 2026.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

EMBRAPA. **Cultivo do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748755/1/Milho-Ecofisiologia.pdf>. Acesso em: 22 maio 2026.

EMBRAPA. **Nitrogênio e fertilidade do solo: manejo na cultura do milho**. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>. Acesso em: 22 maio 2026.

EMBRAPA. **Fixação biológica de nitrogênio e uso de inoculantes na agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 22 maio 2026.

EMBRAPA. **Milho**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/agro-em-dados/agricultura/milho>. Acesso em: 17 maio 2026.

EMBRAPA. **Importância socioeconômica**. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 18 maio 2026.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FREZARIN, E. T. et al. Redução do uso de fertilizantes químicos por microrganismos na cultura do milho. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/7653>. Acesso em: 10 maio 2026.

FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express**, v. 8, n. 73, 2018. DOI: 10.1186/s13568-018-0608-1. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1103292>. Acesso em: 30 jun. 2026.

HUNGRIA, M. et al. **Biotecnologia do Azospirillum brasilense para culturas agrícolas**. Embrapa Soja, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves maize and wheat yields in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, p. 413–425, 2010.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Advances in *Azospirillum* inoculation. **Plant and Soil**, 2016.

HUNGRIA, M.; NUNES, M. R. *Azospirillum brasilense* and maize association: physiological and agronomic implications. **Microbiology Open**, 2016.

HUNGRIA, Mariangela; NOGUEIRA, Marco A. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho: redução da adubação nitrogenada e eficiência agrônômica**. Londrina: Embrapa Soja, 2019.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Inoculação do milho com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense*: redução na adubação nitrogenada e mitigação na emissão de gases de efeito estufa**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 450). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1063799/1/doc208.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2026.

HUNGRIA, Mariangela; NOGUEIRA, Marco A. **Tecnologias de inoculação e fixação biológica de nitrogênio em milho**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 22 maio 2026.

INMET. **Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, 2009. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/publicacoesDigitais/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf. Acesso em: 22 maio 2026.

MOLEFE, R. R.; AMOO, A. E.; BABALOLA, O. O. Communication between plant roots and the soil microbiome; involvement in plant growth and development. **Symbiosis**, v. 90, p. 231–239, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13199-023-00941-9>. Acesso em: 17 maio 2026.

NOBILE, F. O.; MACHADO, P. C.; SILVA, C. M. R.; LIMA, R. S.; PALARETTI, L. F. **Eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* associada a diferentes doses de nitrogênio na cultura do milho**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA (CONTECC), 2025, Vitória, ES. *Anais [...]* Vitória: CONFEA, 2025. Disponível em: https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/CONTECC2025/AGRO/EFICI%C3%84NCIA_DA_INOCULA%C3%87%C3%83O_COM_AZOSPIRILLUM_BRASILENSE_ASSOCIADA_A_DIFERENTES_DOSES_DE_NITROG%C3%84NIO_NA_CULTURA_DO_MILHO.pdf. Acesso em: 30 jun. 2026.

ORMOND, A. T. S. et al. Arrangements population and row spacing in the development of corn. **International Journal of Maize & Sorghum**, v. 23, 2024. Disponível em: <https://rbms.sede.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/1292>. Acesso em: 12 maio 2026.

PEREIRA, C. B. et al. Biotecnologia aplicada à agricultura. **Revista Campo e Negócios**, 2019.

PEREIRA, S. T. et al. Plant–Microbe Interactions and Nutrient Use Efficiency in Cereal Crops. **Frontiers in Plant Science**, 2021.

SÁ, D. M. et al. Influence of nitrogen fertilization on maize development and yield components. **Agronomy Journal**, 2018.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. S.; SILVA, A. P. Inoculação com *Azospirillum* na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, 2015.

SANGOI, L. et al. Desempenho agronômico do milho em diferentes arranjos populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2010.

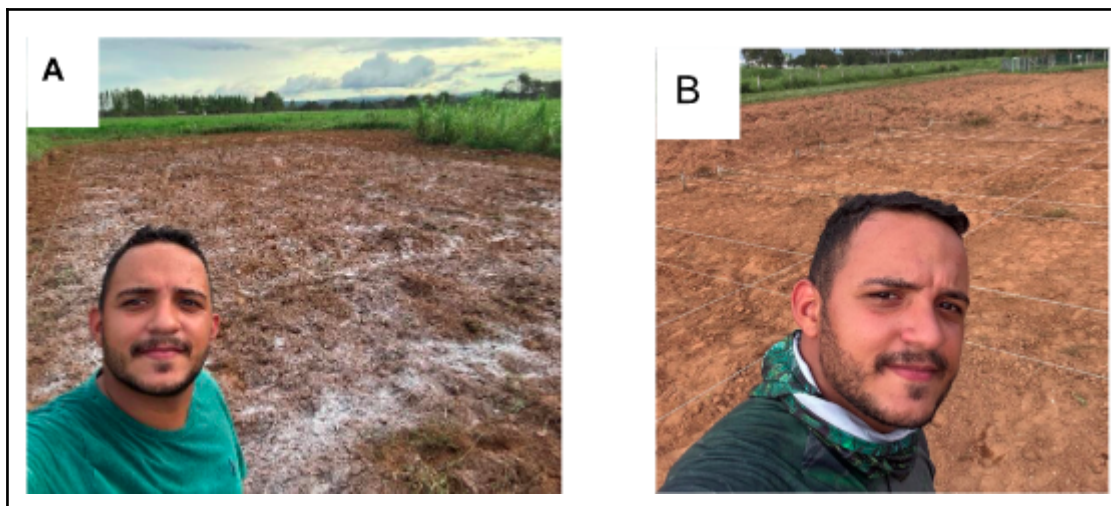
SOUZA, L. F. N. et al. Maize-Brachiaria grass intercropping: a meta-analysis of major productivity drivers in Brazil. **Field Crops Research**, v. 306, 2024. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003173711>. Acesso em: 01 maio 2026.

SOUZA, R. A. et al. Inoculation with plant growth–promoting bacteria enhances root development and stress tolerance in maize. **Plant and Soil**, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

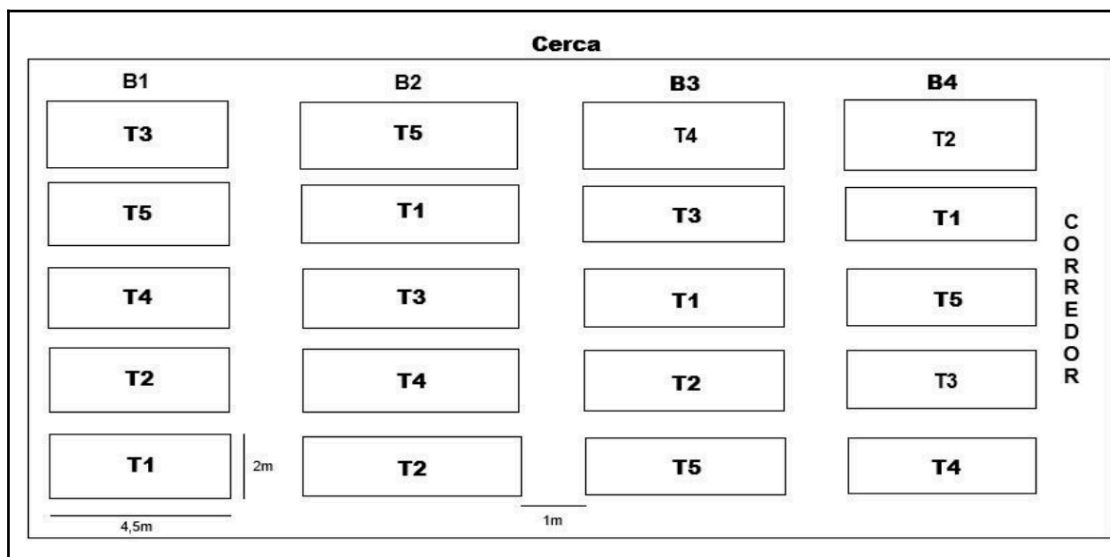
ANEXOS

ANEXO A – Preparo da área experimental para o cultivo de milho: A) Correção do solo e B) Demarcação das parcelas



Fonte: Próprio autor, 2025.

ANEXO B – Representação espacial do experimento em Blocos Casualizados (DBC) com cinco tratamentos, T1: Controle absoluto; T2: 100 kg ha⁻¹ de N (Ureia); T3: 50 kg ha⁻¹ de N (Ureia); T4: Inoculação com *Azospirillum brasilense* (estirpe AbV5); T5: Inoculação (*A. brasilense* AbV5) + 50 kg ha⁻¹ de N. Ensaio conduzido em 4 repetições



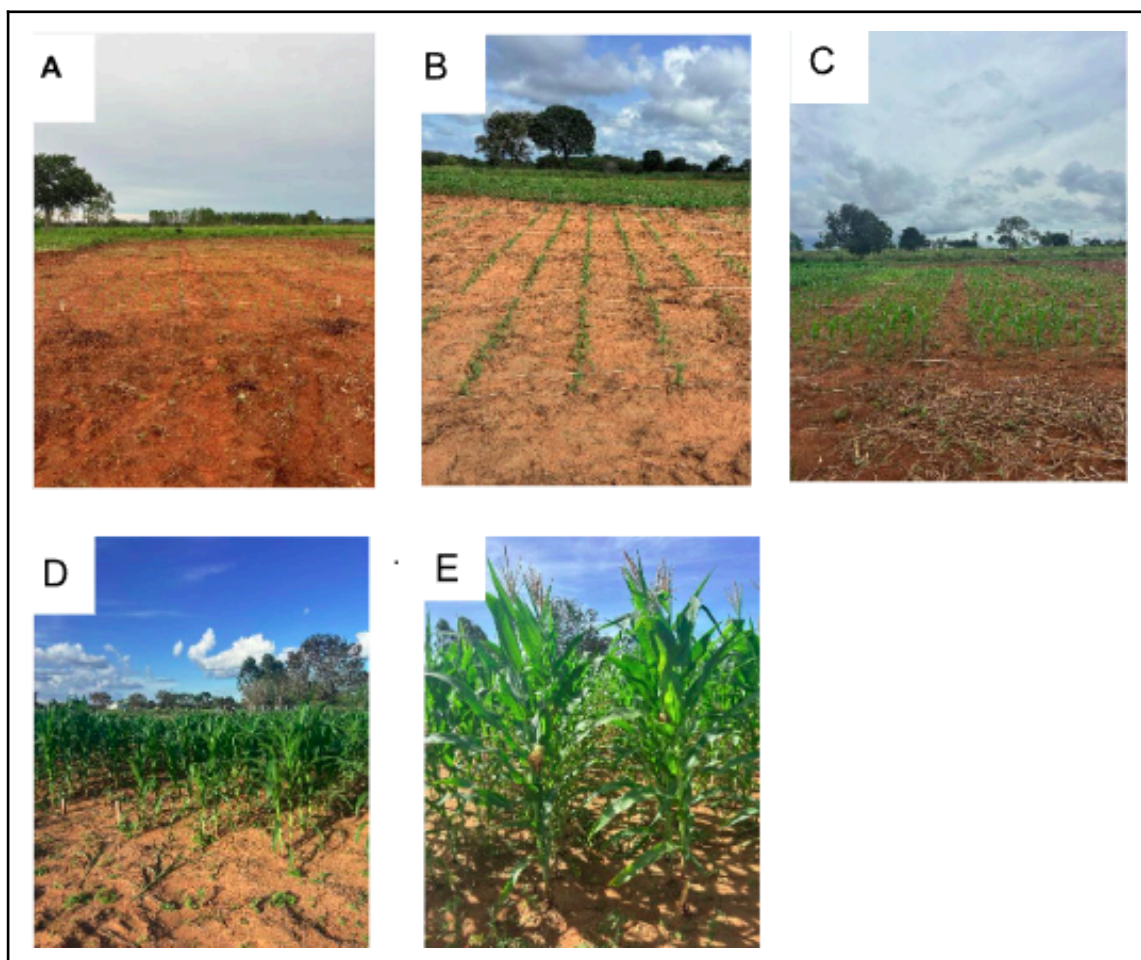
Fonte: Próprio autor, 2025.

ANEXO C – Semente utilizada no plantio, A) informações e B) organização para semeadura



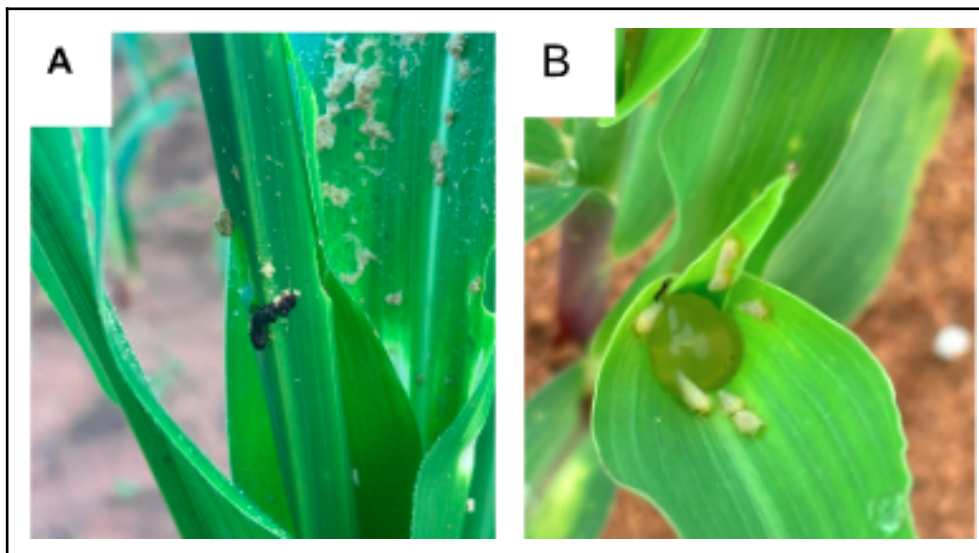
Fonte: Próprio autor, 2025.

ANEXO D – Monitoramento de desenvolvimento. A) Início da aplicação do potássio, **B)** 16 de abril de 2025, **C)** 28 de abril de 2025, **D)** 12 de maio de 2025 e **E)** últimos monitoramentos de desenvolvimento



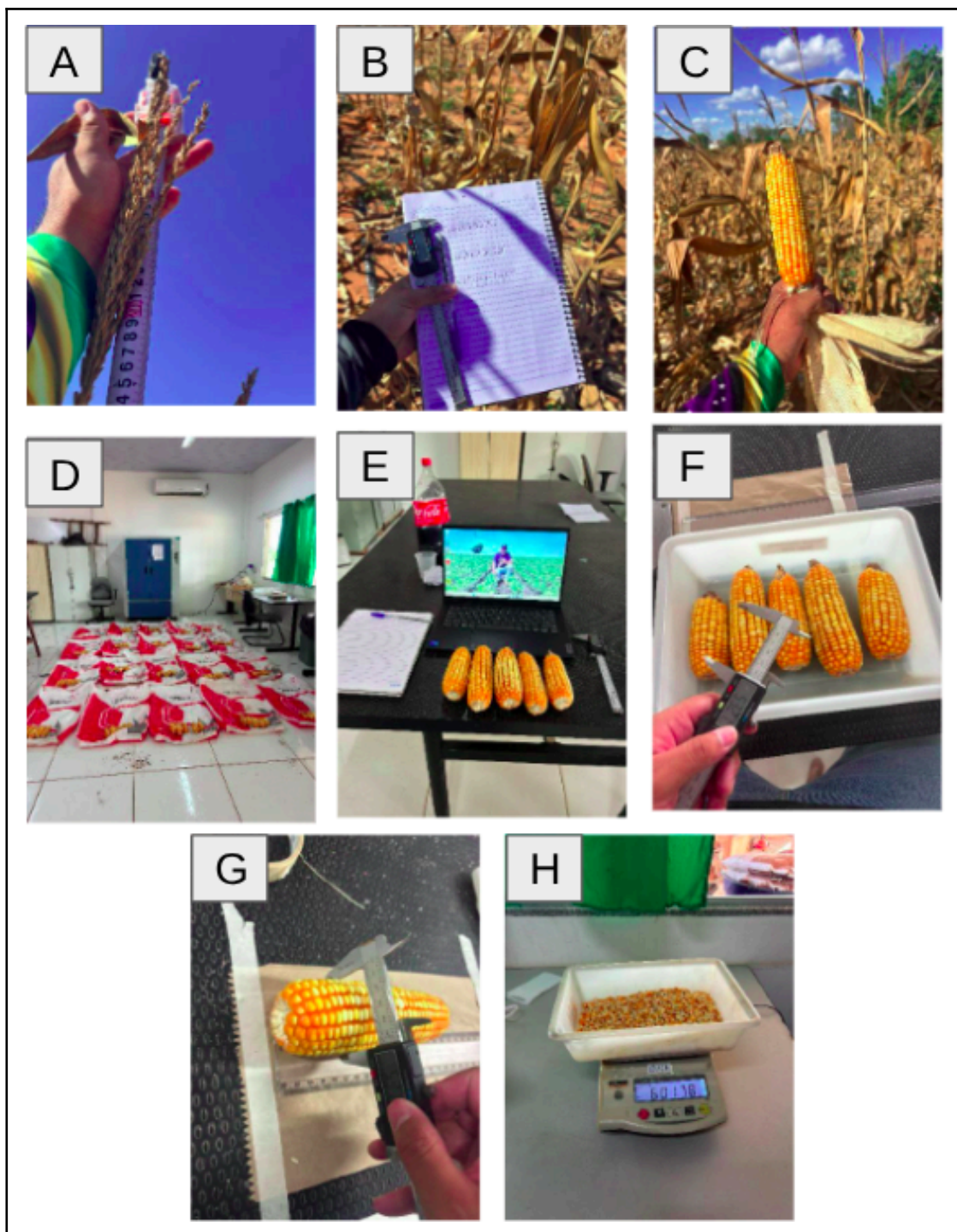
Fonte: Próprio autor, 2025.

ANEXO E – Principais pragas de impacto econômico monitoradas durante o ciclo da cultura: **A)** *Spodoptera frugiperda* e **B)** *Dalbulus maidis*



Fonte: Próprio autor, 2025.

ANEXO F – Procedimentos de coleta das variáveis respostas: A) Mensuração de altura, **B)** Tabulação de dados, **C)** Colheita das espigas, **D)** Espigas colhidas separadas por parcelas, **E)** Seleção das espigas, **F)** Mensuração do comprimento espiga, **G)** Mensuração do diâmetro e **H)** Massa milho cinco espigas



Fonte: Próprio autor, 2025.