



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

OTÁVIO ANDRÉ BASTOS DOS SANTOS

**RESPOSTA DA SOJA AO TRATAMENTO DE SEMENTES COM
BRADYRHIZOBIUM SPP., *BACILLUS SPP.* E *AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* EM
SOLO ARENOSO DE PRIMEIRO CULTIVO SEM PALHADA**

COLINAS DO TOCANTINS – TO

2025

OTÁVIO ANDRÉ BASTOS DOS SANTOS

**RESPOSTA DA SOJA AO TRATAMENTO DE SEMENTES COM
BRADYRHIZOBIUM SPP., *BACILLUS SPP.* E *AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* EM
SOLO ARENOSO DE PRIMEIRO CULTIVO SEM PALHADA**

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: Prof. Dr. Esdras Henrique da Silva

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

S237r Santos, Otávio André Bastos Dos
Resposta da soja ao tratamento de sementes com Bradyrhizobium spp.,
Bacillus spp. e Azospirillum Brasiliense em solo arenoso de primeiro cultivo sem
palhada / Otávio André Bastos Dos Santos. – Colinas do Tocantins, TO, 2025.
46 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica)
– Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO,
Colinas do Tocantins, TO, 2025.

Orientador: Dr. Esdras Henrique da Silva.

1. Azospirillum. 2. Bacillus. 3. Bradyrhizobium. I. Silva, Esdras Henrique da.
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

OTÁVIO ANDRÉ BASTOS DOS SANTOS

**RESPOSTA DA SOJA AO TRATAMENTO DE SEMENTES COM
BRADYRHIZOBIUM SPP., BACILLUS SPP. E AZOSPIRILLUM BRASILIENSE EM
SOLO ARENOSO DE PRIMEIRO CULTIVO SEM PALHADA**

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

Aprovado em: 11 de Agosto de 2025

BANCA AVALIADORA

Profº.:Dr. Esdras Henrique da Silva
IFTO - Campus Colinas - TO.

Profº.:Dr. José Geraldo Dunizeti dos Santos
UFNT - Araguaína - TO.

Dr. Raimundo Filho Freire de Brito
IFTO - Lagoa da Confusão - TO.

Colinas do Tocantins - TO, 11 de Agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Esdras Henrique da Silva, Servidor**, em 26/08/2025, às 14:29, 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 **José Geraldo Donizetti dos Santos, Usuário Externo**, em 26/08/2025, às 16:39, 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 **Raimundo Filho Freire de Brito, Servidor**, em 26/08/2025, às 17:56, 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 **2811703** e o código CRC **6B8789C7**.



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 23725.013530/2025-12

SEI nº 2811703

Dedico em primeiro lugar à Deus. A minha mãe Lécia, meu pai Divino, meu irmão Gustavo Herom e minha irmã Késsia. Vocês são meu motivo de sempre seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pela minha saúde, força e dedicação que tem me dado para que chegasse aqui.

Agradeço a minha família pela realização desse sonho. Sem minha mãe Lécia, meu pai Divino, meu irmão Gustavo e minha irmã Késsia eu não teria conseguido. Agradeço a minha mãe por fazer de tudo para que eu e meus irmãos pudéssemos concluir nossa faculdade. Agradeço pela educação que nossos pais nos passaram, pois nos ensinaram princípios de humildade e dedicação. Agradeço ao meu pai Divino por ser o meu primeiro professor a me alfabetizar e dar aula até o quinto ano do ensino fundamental.

Agradeço ao meu irmão Gustavo Herom pelo companheirismo de sempre, desde a barriga da nossa mãe. Durante esse período de faculdade o nosso companheirismo me deu forças para sempre seguir em frente. Juntos até depois do fim meu jovem.

Agradeço ao IFTO pela oportunidade de ter feito minha graduação em uma instituição tão rica em profissionais de excelência.

Agradeço ao Meu orientador, professor Dr. Esdras Henrique que foi o primeiro professor que me convidou para trabalhar com iniciação científica e a quem eu trabalhei até o fim da minha graduação. Muito obrigado pelos ensinamentos professor Esdras, seja os ensinamentos das disciplinas, das pesquisas científicas e os conselhos para vida, sempre irei carregá-los comigo.

Agradeço ao grupo de pesquisa 100 Porcento Agropecuária pela oportunidade onde tive a oportunidade de obter grande experiência na pesquisa científica.

Agradeço a todos amigos e parceiros do grupo de pesquisa: Gustavo Herom, Vitória Filó, Ruth Carvalho, Thales Ferraz, Gustavo Dias e Moisés Mendes.

Agradeço meu amigo João Victor Guedes por me levar no primeiro projeto de extensão no IFTO e onde as portas se abriram para a pesquisa.

Agradeço ao colaborador da empresa Barenbrug por todos os ensinamentos, Joaquim de Paula.

Aqui também quero agradecer ao meu amigo Warley Lino por ser a primeira pessoa a me explicar e ensinar como funciona a pesquisa no campo.

Por fim, todos as outras pessoas que tive contato nesse período de formação e que me repassaram algum conhecimento e experiência, meu muito obrigado.

Sem coragem você não começa, sem disciplina você não continua e sem constância você não termina.

Só gratidão!

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* associado a *Bacillus spp.* mais *Azospirillum brasiliense* na cultura da soja. O estudo foi conduzido no campo experimental do Instituto federal do Tocantins Campus Colinas do Tocantins. O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados (DBC). Foi utilizado seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas tinham comprimento de 3 metros por 2 metros de largura. Foram semeados quatro linhas de 3 metros espaçadas entre si por 0,5 m. A área útil considerada foi as duas linhas centrais da parcela, descartando-se 70 cm centímetros de cada extremidade da linha e considerando como área útil 1,5 metro na parte central das linhas. Os tratamentos foram: T1: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente); T2: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg de semente); T3: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T4: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T5: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (5 ml/kg de semente) + Bacill Mix (6 ml/kg de semente) e T6: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (12 ml/kg de semente). Variáveis analisadas: Altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DDC), altura de inserção da primeira vagem (IPV), clorofila total (CLOT), número de nós produtivos (NNP), número de vagens por planta (NDV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade em sacas por hectare (SAC). Conclui-se que o T5 com uso de 10 ml/kg de semente de *Bradyrhizobium japonicum* (1×10^{10}) e 10 ml/kg de semente *Bradyrhizobium elkanii* (7×10^9) mais 5 ml/kg de semente de *Azospirillum brasiliense* (5×10^8) associado a 6 ml/kg de semente do produto Bacill Mix (1×10^8) são eficientes no tratamento de semente da soja para aumentar o número de vagens por planta e a produtividade da soja em área de abertura sobretudo em solo arenoso e sem palhada.

Palavras-chave: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Bradyrhizobium*. Soja. Produtividade.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the response of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* associated with *Bacillus* spp. and *Azospirillum brasiliense* in soybean cultivation. The experiment was carried out at the experimental field of the Federal Institute of Tocantins, Colinas do Tocantins Campus. A randomized block design (RBD) was used, with six treatments and four replications. The plots measured 3 meters in length by 2 meters in width. Four rows of 3 meters were sown, spaced 0.5 m apart. The useful area considered was the two central rows of each plot, discarding 70 cm from each end of the rows and considering 1.5 meters in the central part as the effective area. The treatments were: T1: *B. japonicum* (10 ml/kg of seed); T2: *B. japonicum* (10 ml/kg of seed) + *A. brasiliense* (2.5 ml/kg of seed); T3: *B. japonicum* (10 ml/kg of seed) + Bacill Mix (3 ml/kg of seed); T4: *B. japonicum* (10 ml/kg of seed) + *B. elkanii* (10 ml/kg of seed) + *A. brasiliense* (2.5 ml/kg of seed) + Bacill Mix (3 ml/kg of seed); T5: *B. japonicum* (10 ml/kg of seed) + *B. elkanii* (10 ml/kg of seed) + *A. brasiliense* (5 ml/kg of seed) + Bacill Mix (6 ml/kg of seed); and T6: *B. japonicum* (10 ml/kg of seed) + Bacill Mix (12 ml/kg of seed). The variables analyzed were: plant height (PH), stem diameter (SD), first pod insertion height (FPH), total chlorophyll (TCHL), number of productive nodes (NPN), number of pods per plant (NPP), thousand-grain weight (TGW), and yield in bags per hectare (YLD). It was concluded that T5, with the application of 10 ml/kg of seed of *Bradyrhizobium japonicum* (1×10^{10}) and 10 ml/kg of seed of *Bradyrhizobium elkanii* (7×10^9), plus 5 ml/kg of seed of *Azospirillum brasiliense* (5×10^8), associated with 6 ml/kg of seed of Bacill Mix (1×10^8), proved to be efficient in soybean seed treatment to increase the number of pods per plant and yield in newly opened areas, especially in sandy soils without crop residue.

Keywords: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Bradyrhizobium*. Soybean. Yield.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN).....	12
2.2 <i>BACILLUS SPP.</i>.....	14
2.3 <i>AZOSPIRILLUM BRASILIENSE.</i>.....	16
3 METODOLOGIA.....	17
3.1 LOCAL DO ESTUDO.....	17
3.2 PREPARO DA ÁREA.....	17
3.3 MANEJO DA ÁREA E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	19
3.4 AVALIAÇÕES E COLETADAS DE DADOS.....	22
3.5 ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 ALTURA DE PLANTAS.....	26
4.2 DIÂMETRO DO CAULE.....	27
4.3 INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM.....	29
4.4 CLOROFILA TOTAL.....	31
4.5 NÚMERO DE NÓS PRODUTIVOS.....	32
4.6 NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA.....	33
4.7 PESO DE MIL GRÃOS.....	35
4.8 PRODUTIVIDADE EM SACAS POR HECTARE.....	36
5 CONCLUSÕES.....	40
6 REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L)Merril) atualmente é a cultura mais importante para o Brasil devido sua grande importância para o agronegócio, haja vista que o Brasil é o maior produtor desta leguminosa (Ferreira *et al.*, 2024). O Brasil produziu 167,86 milhões de toneladas de grãos em uma área de 47,51 milhões de hectares na safra 2024/25 (Conab, 2025). Essa cultura pertence a família *Fabaceae* (leguminosas), seus grãos possuem o formato arredondado de coloração amarela e possuem alta quantidade de óleos, sendo a oleaginosa de maior importância no mercado nacional. Sua matéria prima é usada para produção de farelo que é destinado a alimentação de animais, além de contribuir com vários alimentos derivados para alimentação humana, sendo grande parte exportados e outra parcela consumidos internamente (Costa *et al.*, 2020). Essa oleaginosa é de grande importância econômica devido seus grãos ser de alto valor nutricional e o custo de produção ser mais baixo que as demais culturas (Guimarães; Klein; Klein, 2021). O que alavancou a crescente produção e produtividade da soja se deve ao maior controle de fatores bióticos e abióticos indispensáveis ao cultivo dessa cultura (Korber *et al.*, 2021). Guimarães; Klein; Klein, (2021) ressaltam que o aumento de produtividade da soja se deve ao uso de tecnologias e a inúmeras pesquisas científicas desenvolvidas em todo o país.

O uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) é uma demanda dos meios de produção, tanto para aumentar a produtividade quanto para contribuir para uma produção agrícola mais sustentável (Chagas Junior *et al.*, 2022). As bactérias do gênero *Bacillus* pertencem ao grupo das BPCP podem atuar como solubilizadoras de fósforo (Becker *et al.*, 2024). Na liberação de moléculas precursoras de hormônios, no controle de doenças e induzindo resistência das plantas. O uso de microrganismos na agricultura é indispensável para uma agricultura regenerativa devido à grande eficácia desses microrganismos em atuar no sinergismo com as culturas de interesse agrícola (Zepechouka *et al.*, 2024).

Além da inoculação anual com *Bradyrhizobium japonicum* ou *Bradyrhizobium elkanii*, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem promovido uma nova prática chamada de coinoculação, a qual é adicionado o *B. japonicum* ou *B. elkanii* mais outra bactéria conhecida como *Azospirillum brasilense*. A FBN do *A. brasilense* é bem menos efetiva se comparada ao *Bradyrhizobium spp*, porém, essa bactéria tem alta capacidade de sintetizar fitormônios que promovem o crescimento do sistema radicular das plantas hospedeiras (Paiva; Lazaretti, 2022). Dentro do gênero *Azospirillum*, o *Azospirillum*

brasiliense é a espécie mais utilizada e uma das mais estudadas na agricultura no cenário mundial, dessa forma é possível perceber a importância dessa bactéria para a produção e sustentabilidade em escala mundial (Souza; Castro, 2022).

O *A. brasiliense* age com sinergismo com o *Bradyrhizobium spp.*, pois ocorre um aumento do sistema radicular e dessa forma maior área para infecção e formação de nódulos (Araujo; Castro, 2021). Também com o aumento do sistema radicular a planta tolera melhor a deficiência hídrica e tem maior capacidade para explorar o solo e consequentemente promovendo uma maior produtividade (Paiva; Lazaretti, 2022). O objetivo com este trabalho foi avaliar a resposta de *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* associado a *Bacillus spp.* Mais *Azospirillum brasiliense* na cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

Cerca de 78% do ar atmosférico é constituído por nitrogênio gasoso (N_2), no entanto com exceção de alguns microrganismos, nenhum outro ser vivo tem capacidade de quebrar a ligação tripla entre os dois átomos de nitrogênio para conseguir reduzir o N_2 em formas assimiláveis pelas plantas e animais, no entanto as bactérias fixadoras de nitrogênio possuem essa capacidade, pois através da enzima nitrogenase esses microrganismos conseguem reduzir o N_2 a amônia (NH_3). Dessa forma, os vegetais conseguem absorver esse elemento e converter o nitrogênio mineral em formas orgânicas como aminoácidos (Hungria, 2011). O nitrogênio é o nutriente mais requerido pela cultura da soja, e existe quatro formas que esse nutriente pode ser disponibilizado: a partir da mineralização da matéria orgânica do solo; fixação não biológica de nitrogênio, na qual o N_2 é quebrado a nitrogênio amoniacal por meio de descargas elétricas, vulcanismo ou combustão; através de fertilizante nitrogenados e, por fim, através do processo de fixação biológica de nitrogênio (Hungria; Campo; Mendes, 2001). Os fertilizantes nitrogenados são a forma que as plantas conseguem assimilar mais rapidamente, no entanto esses adubos são de alto custo para o produtor (Hungria; Campo; Mendes, 2001).

Uma tecnologia utilizada para reduzir o uso de fertilizantes minerais e que otimiza lucro e reduz custo é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), e além disso reduz a perda de nitrogênio mineral para o meio ambiente (Dorigon *et al.*, 2024). A FBN é uma das tecnologias que mais viabiliza a produção de soja no Brasil (Prando *et al.*, 2022). Além de reduzir custos

com fertilizantes nitrogenados e fazendo o custo de produção ficar mais barato essas bactérias agem de maneira equilibrada, não poluindo o solo, não causa malefícios a microbiota e as propriedades químicas do solo, ao contrário dos fertilizantes químicos solúveis quando usados de forma inadequada (Dorigon *et al.*, 2024). Nessa mesma perspectiva Dorigon *et al.*, (2024). afirma que a associação de bactérias fixadoras de nitrogênio a leguminosas é o processo no qual ocorre a obtenção da fonte de nitrogênio mais importante para a agropecuária.

Existem várias bactérias que fazem FBN, dentre elas as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* são as mais utilizadas em cultivos de soja. A aplicação dessas bactérias são através dos inoculantes, seja em forma líquida ou em turfa. Os inoculantes líquidos podem ser aplicados no tratamento de sementes (TS) ou aplicado no sulco de semeadura, já o inoculante turfoso é preferível a utilização no tratamento de semente. E dessa forma os inoculantes que possuem as bactérias fixadoras de nitrogênio são aplicados nos cultivos e se aderem as raízes da soja, produzem os nódulos que é o local onde ocorre o processo de FBN (Caixeta; Reis, 2023). Após a emergência das plântulas de soja entre cinco a oito dias em condições ambientais favoráveis é possível observar o surgimento dos primeiros nódulos nas raízes da soja (Hungria; Nogueira, 2022).

No processo de FBN são essenciais duas enzimas: a nitrato redutase e nitrogenase que atuam na FBN e na rota do nitrogênio convertendo o nitrogênio mineral em formas orgânicas de nitrogênio, como aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas e proteínas (Andrade *et al.*, 2023). A FBN é um dos principais fatores que contribui para produtividade e competitividade na soja no mercado nacional e internacional (Mesquita; Silva, 2021). Na mesma perspectiva a adesão e sucesso da FBN se deve a união de esforços entre o setor privado e legislativo junto a pesquisa científica selecionando as melhores estirpes para os ambientes produtivos e assim fabricando inoculantes de qualidade (Hungria; Nogueira, 2022).

A seleção de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio unido ao melhoramento genético de cultivares de soja dispensaram o uso de fertilizantes nitrogenados nessa cultura (Guimarães; Klein; Klein, 2021). As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* possuem o formato de bastão, é gram negativas, movimentam com auxílio de flagelos e utilizam oxigênio no recebimento final de elétrons na cadeia respiratória sendo estritamente aeróbias e não formadoras de esporos (Santos, 2005; Soares, 2009).

No Brasil são utilizadas duas espécies de *Bradyrhizobium*, a *B. Japonicum* e a *elkanii*. É importante salientar que o uso das diferentes espécies de *Bradyrhizobium* são posicionadas

em regiões diferentes do Brasil. A *B. japonicum* SEMIA 5079 e a SEMIA 5080 são mais utilizados na região do cerrado e já a *B. elkanii* SEMIA 587 e a SEMIA 5019 são mais usadas na região sul do Brasil (Hungria; Campo; Mendes, 2007).

Existe muita variabilidade entre as estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio, tanto da simbiose com as leguminosas quanto na competição com outros microrganismos presentes no solo (Araújo; Hungria, 1999). A espécie *B. elkanii* foi diferenciada em 1992 por Kuykendall e colaboradores da espécie *B. japonicum* por fragmentos de DNA e pelo sequenciamento do gene 16S rRNA (Sperb, 2018). Tanto *B. japonicum* e *B. elkanii* possuem crescimento baixo em meios de cultura com a presença de manitol como fonte de carbono (Santos, 2005). *B. japonicum* e o *B. elkanii* possui diferença no seu processo de metabolismo o que pode resultar em diferença na fixação de N e também no acúmulo de matéria seca pelas leguminosas (Araujo, 2014). *B. elkanii* em estudos realizados produziu maior matéria seca de nódulos em comparação ao *B. japonicum* (Araujo, 2014).

2.2 *Bacillus* spp.

As bactérias do gênero *Bacillus* sp. possuem mais de 191 espécies e quatro subespécies que habitam naturalmente os ambientes (Chagas Junior *et al.*, 2022). As bactérias do gênero *Bacillus* possuem influenciam na nodulação de leguminosas, no controle biológico e assim aumentando a produtividade das culturas em especial quando se integra um manejo fitossanitário e nutricional no ambiente produtivo (Chagas *et al.*, 2018). A aplicação de *Bacillus subtilis* no tratamento de semente ou aplicado via sulco de semeadura aumentam a germinação, solubilização de nutrientes como fósforo e nitrogênio além de agir antagonicamente com microrganismos patogênicos nas culturas (Miranda *et al.*, 2020). *B. subtilis* tem se mostrado eficiente na solubilização dos fosfatos indisponíveis do solo e aumentando os teores de fósforo da parte aérea de plantas de soja (Miranda *et al.*, 2020). A muito tempo se estuda a interação de Rizóbio com outras bactérias para ver a eficiente dessa junção e a bactéria do gênero *Bacillus* é uma das estudadas.

B. subtilis possui capacidade de formação de endósporos, que é uma estrutura de resistência que protege a bactéria contra os intemperes e assim facilitando sua reprodução (Ito, 2025). Essa bactéria possui várias estratégias de controle de doenças, como: Antibiose (bacteriocinas) lipopeptídeos, produção de enzimas hidrolíticas, indução de resistência e produção de biofilme (Ito, 2025). O gênero *Bacillus* é muito estudado devido sua capacidade

de produção de lipopeptídeos que são capazes de reduzir a tensão superficial da água. Esses lipopeptídeos também suprimem a síntese de adenosina trifosfato (ATP) de fungos interrompendo várias rotas metabólicas, replicação do DNA e o processo de mitose, dessa forma fica evidente que esse gênero de bactéria possuem grande capacidade no controle biológico de patógenos (Louro *et al.*, 2024; Silveira, 2025). Estudos mostram que a *B. subtilis* reduz o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos em até 34% (Sá *et al.*, 2019).

O gênero *Bacillus sp.* é um dos principais usados no controle biológico de plantas. *B. thuringiensis* é a bactéria mais estudada e a mais usada no controle biológico de insetos, a exemplo temos a transgenia do milho chamado de “Bt” que possui genes que promovem a resistência do milho a principal lagarta da cultura do milho, chamada popularmente de lagarta do cartucho (Fernando *et al.*, 2004; Machado *et al.*, 2012).

B. licheniformes possui capacidade de atuar no controle biológico de culturas. Essa bactéria possui capacidade de inibir o crescimento de colônias fúngicas em sementes de soja (Bezerra *et al.*, 2013). Estudo realizado com a *B. licheniformes* mostraram que essa bactéria tem efeitos positivos sobre um dos principais nematoides do Brasil, o *Pratylenchus brachyurus*. Os efeitos dos tratamentos mostraram que essa bactéria atua na redução da população desse nematoide ao longo do ciclo da cultura, pois quando se avaliou a população final do tratamento utilizando a *B. licheniformes* percebeu-se um efeito positivo na redução da população do *P. brachyurus* se comparado ao tratamento controle (Silva, 2022). A bactéria *B. licheniformes* foi a que obteve maior redução da colônia de isolados de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *Flaccumfaciens* (Leão *et al.*, 2016). Dessa forma é perceptível a capacidade dessa bactéria no controle biológico, seja no controle de fungos ou nematoides. Estudos semelhantes com esse microrganismo mostrou que essa bactéria possui capacidade na redução de patógenos na sementes da soja e assim se mostrando eficiente para uso no tratamento de semente (Bezerra *et al.*, 2013).

O *B. megaterium* é um microrganismo gram-positivo, aeróbico, possui capacidade de produzir esporos habitando uma diversidade de ambientes (Longen, 2022). Essa bactéria possui uma ação muito importante para o solo e para as culturas, disponibilizando o fósforo insolúvel do solo para a planta (Schwaab; Aguiar, 2020). A bactéria *B. amyloliquefaciens* é muito estudada e possui efeitos positivos com efeito sinérgico com as culturas de interesse econômico. Essa bactéria atua no controle biológico de microrganismos, dentre eles o *Pratylenchus brachyurus* (Máscia, 2017).

2.3 *Azospirillum brasiliense*

Os microrganismos do gênero *Azospirillum* é uma das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) mais estudadas em todo o mundo (Chibeba *et al.*, 2015). O uso de fertilizantes minerais tendem a crescer a cada ano visto que as áreas de produção agrícola aumentam e cada vez mais quer se aumentar a produtividade. No entanto, esse aumento do uso de fertilizantes podem aumentar o custo de produção das culturas devido a maior parte desses adubos serem importados. E com essa necessidade o uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas como *A. brasiliense* se faz cada vez mais necessário (Hungria, 2011).

As estirpes de *A. brasiliense* selecionadas para condições edafoclimáticas dos estados brasileiros se destacam em produzir fitormônios, em especial o ácido indolacético (AIA) que possui grande capacidade no estímulo do crescimento de raízes e esse crescimento é de grande importância para a planta explorar um maior volume de solo, buscar mais água e nutrientes e tolerar mais períodos de estresse hídrico, assim promovendo ainda mais a produtividade da soja (Santos; Nogueira; Hungria, 2021). *A. brasiliense* produz fitorreguladores como auxina e giberelina que atuam diretamente no crescimento de plantas e principalmente atuam no maior crescimento de raiz das culturas (Amorim Barros *et al.*, 2024). Portanto, as bactérias do gênero *Azospirillum* aumenta a produtividade das culturas em função da produção hormonal que essas bactérias são capazes de sintetizar (Sanches Dalolio1 *et al.*, 2018).

Um dos primeiros questionamentos sobre a eficiência do *A. brasiliense* em soja foi levantada por agricultores, percebendo que a soja produzia mais em áreas onde tinha feito a inoculação de *A. brasiliense* em gramíneas na safra anterior (Santos; Nogueira; Hungria, 2021). Os primeiros estudos com estirpes de *A. brasiliense* foram feitos com gramíneas, como milho e trigo e mostraram resultado positivo dessa bactéria na redução significativa de fertilizantes nitrogenados. No entanto, o *A. brasiliense* possui a mesma capacidade de realizar a quebra do N₂ atmosférico em amônio, porém essa fixação de nitrogênio é mais modesta se comparada às do gênero *Bradyrhizobium* (Hungria, 2011).

Uso dessas bactérias que promovem o crescimento de plantas e possuem capacidade de fixar nitrogênio é uma estratégia revolucionária que surgiu e que possui grande relevância para redução do custo de produção com compra de fertilizantes nitrogenadas que grande parte são importados. Portanto, essas bactérias reduzem o uso de fertilizantes nitrogenados que utilizando em grande escala pode poluir lenções freáticos e já esses microrganismos

fornece esse N as plantas de uma forma simbiótica como troca de energia e assim reduzindo o nitrogênio perdido por fertilizantes nitrogenados (Hungria, 2011).

O uso de *A. brasiliense* pode auxiliar as plantas a tolerar mais o estresse hídrico devido a sua produção de reguladores vegetais que ajudam a reduzir as trocas gasosas dos vegetais e com isso a planta consegue tolerar mais períodos secos (Bulegon *et al.*, 2019). O uso de BPCP favorece muito o crescimento vegetal e consequentemente aumenta a produção das culturas pela estimulação hormonal que esses microrganismos conseguem realizar, tanto na produção de fitormônios que é uma das principais vantagens do *A. brasiliense* que estimula principalmente o crescimento radicular das culturas, como também outras bactérias como o *Bacillus subtilis* que atua principalmente na solubilização de fósforo indisponível do solo.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi conduzido no campo experimental do Instituto Federal do Tocantins *Campus* Colinas do Tocantins que possui a seguinte localização geográfica: 8°05'24" de latitude sul e 48° 28'78" W de longitude oeste, e uma altitude de 227 m. A região é classificada como clima quente e úmido (Aw), de acordo com a classificação internacional (Koppen, 1948). A região possui precipitação anual média de 1800 mm que inicia em outubro até abril, durante o período chuvoso as temperaturas médias diurnas são superiores a 30 °C, e com temperaturas noturnas iguais ou maiores que 22 °C.

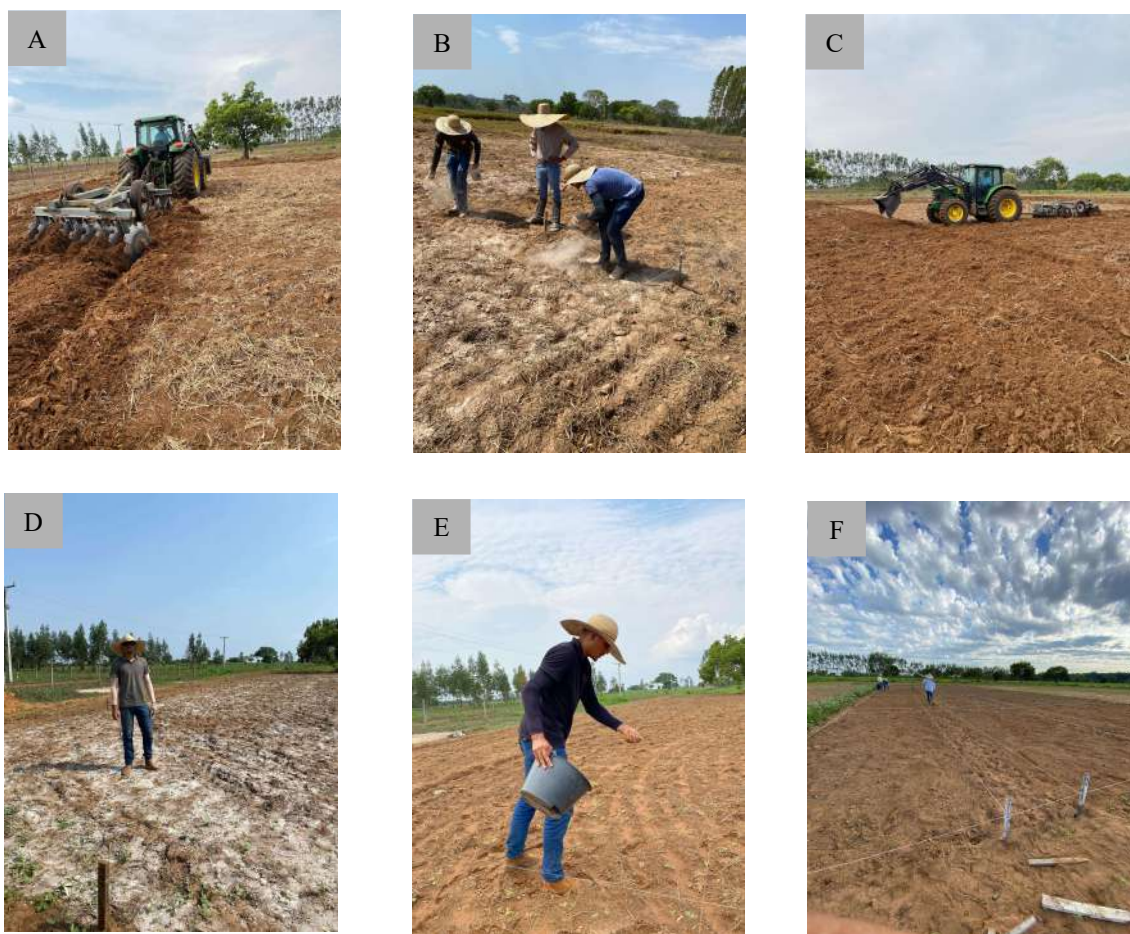
3.2 Preparo da área

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragem do solo e posteriormente análise física e química (tabela 1). Foi recomendado 5 toneladas ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) de calcário dolomítico a fim de elevar os teores de cálcio e magnésio do solo além de neutralizar o alumínio e elevar o pH do solo da área experimental a fim de se ter um ambiente favorável para a planta e para as bactérias testadas no ensaio. O calcário foi distribuído a lanço no dia 03/10/2024 de forma manual. Para melhor uniformização da distribuição foram feitas marcações com piquete e barbante a fim de obter um retângulo de uma área de 9 m² e dessa forma aplicava-se a dose de calcário nessas pequenas áreas a fim de uniformizar a

distribuição. A incorporação do calcário foi realizada no dia 07/10/2024 com auxílio de uma grade média que incorporou o calcário em uma profundidade de 20 centímetros (c).

Foi aplicado 1500 kg.ha^{-1} de gesso agrícola (figura 1) na área com intuito de elevar os teores de cálcio e enxofre do subsolo e neutralizar o alumínio das camadas mais profundas do solo. Essa operação foi realizada no dia 02/11/2024. Foram aplicados 150 kg.ha^{-1} de P_2O_5 através do fertilizante MAP (Fosfato Monoamônico). Esse fertilizante foi distribuído na área experimental e posterior incorporado com auxílio de uma gradagem (figura 1). Foram aplicados 150 kg.ha^{-1} de K_2O através do fertilizante cloreto de potássio (KCl). Esta adubação foi parcelada em três aplicações: V3, V6 e R1 da cultura da soja.

Figura 1 – Manejo da área experimental, realização da gradagem, fertilização e esquadrejamento da área do ensaio.

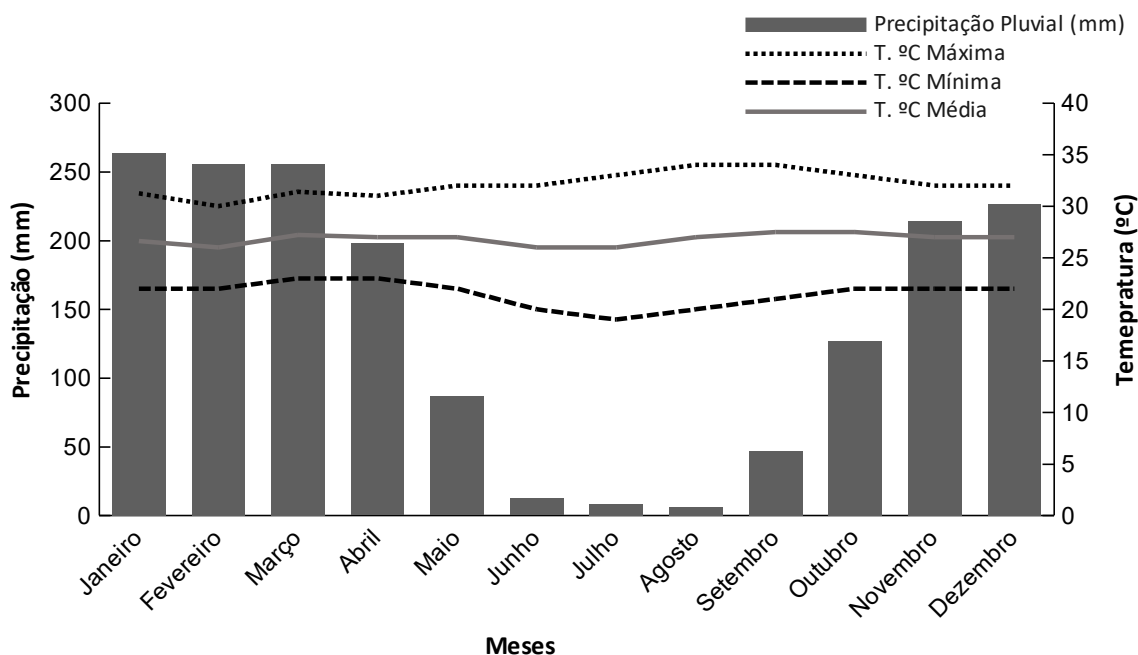


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A: Gradagem da área; B: Distribuição do calcário a lanço; C: Incorporação do calcário; D: Distribuição do gesso agrícola; E: Distribuição do fósforo a lanço; F: Esquadrejamento e delineamento da área experimental.

Foi feito a média de precipitação, temperatura máxima e mínima das séries históricas de 30 anos (1991-2020) das cidades de Araguaína-TO e Pedro Afonso – TO para representar os dados climatológicos da área do experimento (figura 2).

Figura 2 – Médias da precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima ao longo de 30 anos (1991 - 2020).



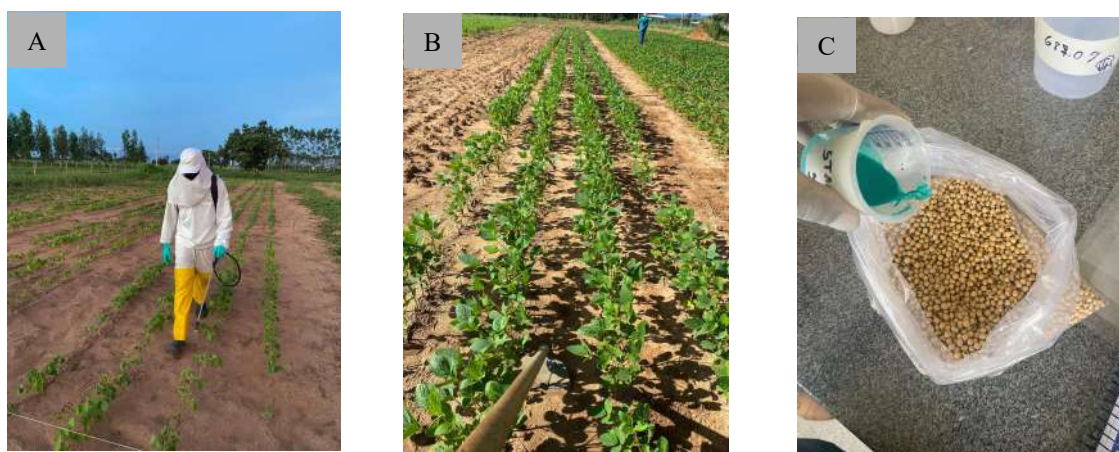
Fonte: INMET (2025).

3.3 Manejo da área e descrição dos tratamentos

No controle fitossanitário foram utilizados os fungicidas Bravonil ultrex® (Clorotalonil), Tebufort® (Tebuconazol) e Nativo® (Trifloxistrobina e Tebuconazol) a fim de controlar as doenças fúngicas. Os inseticidas utilizados foram o Imidagold® 700 WG (Imidacloprido) Decis® 25 EC (Deltametrina). As aplicações de fungicida iniciaram no estágio fenológico V4 e reaplicando a cada 14 dias até finalizar o desenvolvimento da cultura. As aplicações com inseticidas iniciaram no florescimento da soja (R1) e a cada 14 dias eram reaplicados para manter a fitossanidade do experimento. O manejo de plantas daninhas foram feitos manualmente com auxílio de enxadas (figura 3). As aplicações de fungicidas e inseticidas foram realizados com a utilização de um pulverizador costal de 20 litros da (figura 3).

Na instalação do ensaio foram utilizadas duas espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio, sendo elas: A espécie *Bradyrhizobium elkanii* estirpes (SEMIA 587 e SEMIA 5019) e a espécie *Bradyrhizobium japonicum* estirpes (SEMIAS 5079 e 5080). Ademais foi aplicado *Azospirillum brasiliense* (CEPA AZ 39). Também foram utilizados o *Bacillus licheniformis*, *B. metaterium*, duas cepas de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens*. As cepas ainda estão em sigilo pela empresa detentora do produto Bacill Mix, por isso não aparecem. Todas as bactérias contidas no produto Bacill Mix possuem a concentração de unidades formadoras de colônia por mililitros (UFC.ml⁻¹) de 1x10⁸.

Figura 3 – Manejo sanitário com fungicida e inseticida no tratamento de semente aplicado foliar e no tratamento de semente e controle de ervas daninhas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A: Aplicação de inseticidas e fungicidas; B: Controle de planta daninha; C: Tratamento de semente com fungicida e inseticida.

Tabela 1 - Parâmetros químicos e físicos do solo da área experimental, coletada na profundidade de 0 – 20 cm.

Parâmetro	Valores	Parâmetro	Valores
Ca (cmol _c /dm ³)	1,2	pH	5,50
Mg (cmol _c /dm ³)	0,6	V (%)	51,0
Al (cmol _c /dm ³)	0,0	Argila (%)	12,5
K (cmol _c /dm ³)	0,05	Areia (%)	82,5
CTC (cmol _c /dm ³)	3,65	Silte (%)	5,0
P (mehlich ⁻¹) (mg/dm ³)	2,60	Matéria orgânica (%)	1,2

Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; K: potássio; CTC: capacidade de troca de cátions; P: fósforo; pH: potencial hidrogeniônico e V: Saturação de bases.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os tratamentos utilizados no experimento estão descritos na tabela 2.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos testados, doses utilizadas e concentração dos produtos biológicos.

Tratamentos	Descrição	Concentração (UFC/ml)	Dose (ml/kg de semente)
Tratamento 1	<i>B. japonicum</i>	1×10^{10}	10
Tratamento 2	<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasiliense</i>	1×10^{10} ; 5×10^8	10 + 2,5
Tratamento 3	<i>B. japonicum</i> + Bacill Mix	1×10^{10} ; 1×10^8	10 + 3
Tratamento 4	<i>B. japonicum</i> + <i>B. elkanii</i> + <i>A. brasiliense</i> + Bacill Mix	1×10^{10} ; 7×10^9 ; 5×10^8 ; 1×10^8	10 + 10 + 2,5 + 3
Tratamento 5	<i>B. japonicum</i> + <i>B. elkanii</i> + <i>A. brasiliense</i> + Bacill Mix	1×10^{10} ; 7×10^9 ; 5×10^8 ; 1×10^8	10 + 10 + 5 + 6
Tratamento 6	<i>B. japonicum</i> + Bacill Mix	1×10^{10} ; 1×10^8	10 + 12

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A cultivar de soja escolhida para este experimento foi a Brasmax Extrema IPRO, possuindo grupo de maturação de 8.1, hábito de crescimento indeterminado, média exigência em fertilidade de solo, resistência média ao acamamento, com porte e ciclo adequado para região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). A semeadura foi realizada no dia 19/12/2024 (figura 4). A população de plantas finais ficou 243.333 plantas por hectare.

O tratamento de semente (TS) foi realizado no laboratório de fitossanidade do IFTO (figura 4). Durante a manipulação dos produtos biológicos o laboratório estava bem climatizado e a distribuição das bactérias foram feitas utilizando-se um saco de plástico transparente com o total de sementes para semear as quatro repetições de cada tratamento. Com auxílio de uma pipeta foram adicionados as quantidades exatas de cada bactérias as sementes. A homogeneização foi feita colocando-se o saco plástico com o volume de bactérias e misturando em um misturador de indução para que a distribuição das bactérias ficasse o mais homogênea possível nas sementes (figura 4). Foi realizado o tratamento da semente com o produto comercial Germinate® (como fontes de molibdênio, cobalto, níquel e zinco) e com

o fungicida e inseticida Standak® Top (Piraclostrobina, Tiofanato metílico e Fipronil). Sempre foi aplicado primeiro os produtos químicos e em última operação a aplicação dos biológicos a fim de manter o máximo possível de UFC/ml durante o TS (figura 4).

O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados (DBC). Foi utilizado seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas tinham comprimento de 3 metros por 2 metros de largura. Foram semeados quatro linhas de 3 metros espaçadas entre si por 0,5 m. A área útil considerada foi as duas linhas centrais da parcela, descartando-se 75 cm centímetros de cada extremidade da linha e considerando área útil 1,5 metro na parte central das linhas.

3.4 Avaliações e coletadas de dados

Variáveis analisadas: Altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DDC), inserção da primeira vagem (IPV), clorofila total (CLOT), número de nós produtivos (NNP), número de vagens por planta (NDV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade em sacas por hectare (SAC).

Para fazer a medição da altura de plantas utilizou-se uma régua graduada em centímetros. O parâmetro utilizado foi a altura da planta rente ao solo ao final da haste principal (figura 3). Essa variável foi coletada em R6. Para fazer o diâmetro do caule foram coletadas 7 plantas ao acaso na parcela útil de cada tratamento com auxílio de um paquímetro digital. O parâmetro utilizado foi medir o DDC no nó cotiledonar (figura 4). A clorofila total foi coletada através de um Clorofilog da marca Falker® (figura 4). A coleta foi realizada no estágio R2 da cultura coletando-se 7 plantas ao acaso na parcela útil e avaliando o folíolo central do último trifólio desenvolvido. A altura da inserção da primeira vagem foi realizada no estágio R6 com auxílio de uma régua graduada em centímetros. Foi coletado 7 plantas ao acaso na parcela útil e o parâmetro utilizado foi a medição do comprimento da base do solo até a inserção da primeira vagem na haste principal. O número de nós produtivos foram avaliados após a colheita da soja. Foram coletadas 7 plantas aleatórias das 20 plantas colhidas da área útil. O parâmetro utilizado foi a contagem de nós com a presença de vagem.

Figura 4 – Tratamento de semente com as bactérias, semeio e avaliação das variáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A: Tratamento de semente com as bactérias usadas no experimento; B: Semeio do experimento; C: Avaliação da altura da planta de soja (cm). D: Avaliação do diâmetro do caule (mm); E: Avaliação do teor de clorofila total; F: Avaliação da inserção da primeira vagem (cm); G: Colheita do ensaio; H: Limpeza dos grãos e I: Mensuração do peso de mil grãos (g) e produtividade de grãos (sac.ha^{-1}).

Para obter o número de vagens por plantas foi coletada 7 plantas aleatórias da parcela útil e realizando a contagem de todas as vagens com grãos. O peso de mil grãos foi obtido através da contagem e pesagem de 300 grãos (figura 4). Foi utilizado um tabuleiro com 100 furos para facilitar a contagem de 100 grãos. O peso 300 grãos foram extrapolados para peso de mil grãos. Para avaliação da produtividade em sacas por hectare foram coletadas 20 plantas aleatórias na parcela útil. Foi realizado a debulha das vinte plantas manualmente e pesado a massa de todos os grãos (figura 4). Para a debulha manual seguiu os seguintes procedimentos: As 20 plantas de cada tratamento foram acondicionadas em um saco de ráfia. Em seguida, utilizando-se um pedaço de madeira em formato de paralelepípedo, com aproximadamente 50 cm de comprimento, realizou-se a debulha manual, batendo-se o paralelepípedo contra o saco até que todas as vagens fossem abertas. O material resultante, contendo grãos, fragmentos de caule, pecíolos e vagens, foi então despejado sobre duas peneiras sobrepostas. A primeira peneira reteve as partículas maiores, como fragmentos de planta e cascas, permitindo a passagem apenas dos grãos e de pequenas partículas. Por fim, utilizou-se um atomizador para ventilar o material restante, separando as impurezas leves dos grãos, de modo que apenas os grãos limpos permanecessem para posterior análise. E a partir da massa de grãos de 20 plantas foram extrapoladas para kg por hectare. Para PMG e SAC foram considerados os grãos na umidade de 13%. Para correção foi utilizado o medidor de umidade da série DW-MW da marca Drawell®

3.5 Estatística dos dados

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, com aplicação do teste F. Para as comparações entre as médias dos tratamentos testados utilizou-se o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 mostra o resumo da tabela de análise de variância para as variáveis analisadas. Para as variáveis diâmetro do caule, inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e produtividade em sacas por hectare observou-se um efeito significativo para os tratamentos analisados pelo teste F ($p \leq 0,05$). Para análise dos dados da estatística se considerou três blocos.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), Diâmetro do caule (DDC), inserção da primeira vagem (IPV), clorofila total (CLOT), números de nós produtivos (NNP), número de vagens (NDV), peso de mil grãos (PMG) e sacas por hectare (SAC).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios							
		AP	DDC	IPV	CLOT	NNP	NDV	PMG	SAC
Tratamentos	5	7,92 ^{NS}	0,99*	6,33*	60,45 ^{NS}	0,85 ^{NS}	64,99**	101,71 ^{NS}	201,47*
Blocos	2	6,38	0,11	0,69	74,34	1,05	0,86	10,59	7,17
Resíduo	10	3,01	0,2	0,37	16,30	0,44	6,25	45,22	12,63
Média	-	66,97	7,87	12,68	37,30	15,37	39,57	132,77	56,33
CV (%)	-	2,59	6,65	4,79	10,82	4,32	6,32	5,06	6,31

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ^{NS} não significativo; ** significativo para $p \leq 0,01$; * Significativo para $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Os dados de coeficiente de variação deste estudo se encontram baixos, ou seja, menores que 10%, apenas a variável CLOT que ficou em 10,82% sendo classificado como médio, dessa forma com esses dados de CV% mostrado na tabela 3, e de acordo com Freitas, (2022) o experimento foi bem conduzido.

Na tabela 4 são apresentados as médias de cada tratamento para as oito características avaliadas. Para as características altura de plantas, clorofila total, números de nós produtivos e peso de mil grãos não foi possível observar diferença entre as médias pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Tabela 4 – Dados médios das variáveis analisadas altura de plantas (AP), Diâmetro do caule (DDC), inserção da primeira vagem (IPV), clorofila total (CLOT), números de nós produtivos (NNP), número de vagens (NDV), peso de mil grãos (PMG) e sacas por hectare (SAC).

Tratamentos	Variáveis analisadas							
	AP	DDC	IPV	CLOT	NNP	NDV	PMG	SAC
T1	67 a	8,1 a	12 c	33,6 a	15 a	33 b	131,4 a	49 d
T2	66 a	6,8 b	13 b	45,3 a	15 a	34 b	129,7 a	55 c
T3	66 a	8,4 a	13 b	37,4 a	16 a	42 a	124,0 a	56 c
T4	66 a	7,7 a	12 c	37,8 a	16 a	42 a	134,9 a	62 b
T5	67 a	7,9 a	11 c	37,2 a	16 a	45 a	140,9 a	69 a
T6	70 a	8,2 a	15 a	32,5 a	16 a	41 a	135,8 a	47 d
CV %	2,59	6,65	4,79	10,82	4,32	6,32	5,06	6,31

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4.1 Altura de plantas

Para altura de plantas não houve diferença estatística ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste F (tabela 3). A altura de plantas de soja nem todas as vezes converge linearmente com a produtividade, pois a altura é uma característica que é influenciada pela densidade populacional de plantas, (Silva; Santos; Santos, 2025). Ito, (2025) não encontrou resultados que mostrassem diferença para altura de plantas quando estas foram inoculadas com as bactérias *B. japonicum* + *A. brasiliense* + Mix de *Bacillus* sp. Esses tratamentos utilizado pelo autor é semelhante ao testado neste ensaio e dessa forma é perceptível a congruência dos resultados.

Em um estudo no qual foram utilizados *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + *B. megaterium* e *B. subtilis* também não obtiveram diferença para a variável altura de plantas, dessa forma é possível inferir que nem sempre essas bactérias aumentam o tamanho da planta de soja mesmo sendo bactérias promotoras do crescimento de plantas (Schwaab; Aguiar, 2020). Outros resultados encontrados ressaltam que quando se usa bactérias promotoras do crescimento de plantas espera que elas aumentem a altura de plantas, no entanto nem sempre é possível perceber esse efeito (Ahmad *et al.*, 2023). Conforme (Oliveira *et al.*, 2020) avaliando *Bradyrhizobium japonicum*+ *Azospirillum brasiliense* constatou que o uso dessas

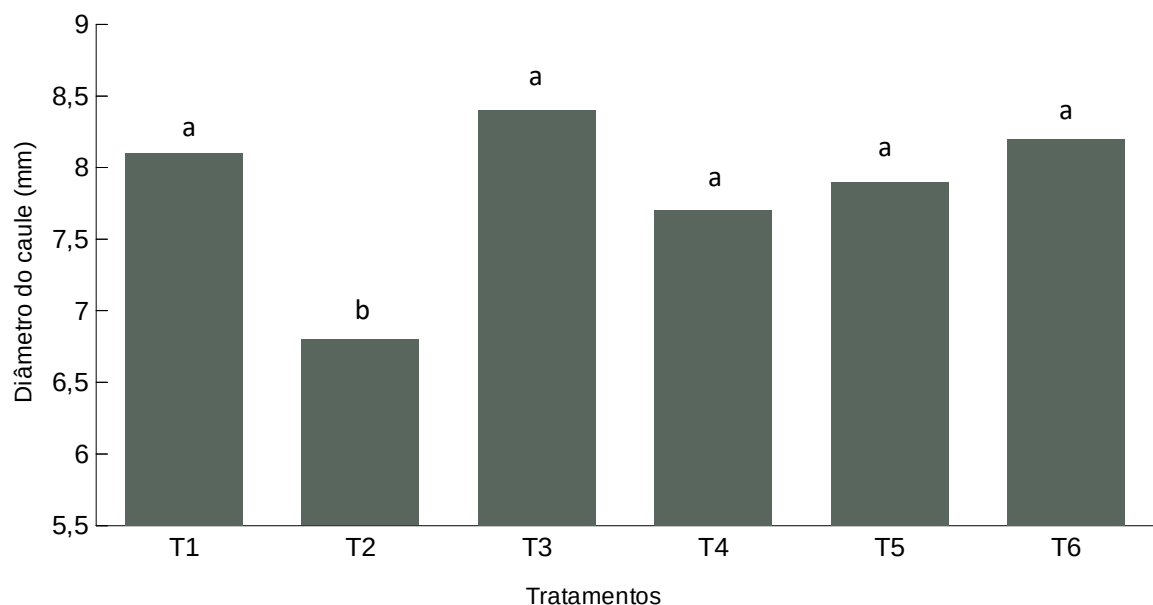
bactérias não influenciou na altura de plantas de soja e corroborando com os dados encontrados neste trabalho.

A utilização da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* no controle de nematoide não influenciou a altura de plantas de soja em um ensaio realizado, dessa forma nota se que a altura de plantas não está ligada apenas ao efeito dos tratamentos com BPCP mas também com fatores ambientais como temperatura, luz, umidade, fertilidade do solo e até mesmo característica do material de soja e espaçamento utilizado (Máscia, 2017). Um estudo realizado testando *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasiliense* no tratamento de sementes da soja também não foi possível evidenciar diferença estatística para altura de plantas, assim os dados convergem com os resultados encontrados nessa pesquisa (Filho; Silva; Souza, 2018).

4.2 Diâmetro do caule

Para a variável diâmetro do caule (DDC) ocorreu um efeito entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (figura 2). O T2 (*B. japonicum* (10 ml.kg⁻¹ de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml.kg⁻¹ de semente) obteve um menor diâmetro do caule (6,8 mm) pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$) e assim diferindo dos demais tratamentos.

Figura 2 – Variável diâmetro do caule (mm) para a junção e doses de diferentes bactérias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

T1: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente); T2: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + *A. brasilense* (2,5 ml/kg de semente); T3: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T4: (10 ml/kg de semente) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasilense* (2,5 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T5: *B. japonicum* (10 ml/kg) + *B. elkanii* (10 ml/kg) + *A. brasilense* (5 ml/kg) + Bacill Mix (6 ml/kg) e T6: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (12 ml/kg de semente).

Um estudo realizado por Ribeiro *et al.*, (2020) mostrou que o uso de *B. japonicum*, EM (outros microrganismos eficazes) e *A. brasilense* influenciaram no diâmetro do caule da soja. Diante disso, percebe-se que com exceção do T2 todos os demais tratamentos obtiveram estatisticamente os mesmos DDC, sendo superiores ao T2. Plantas com maiores diâmetro de caule possuem maior capacidade estrutural e isso acarreta em uma planta mais estável e ajuda a minimizar o acamamento.

Longen, (2022) testando *Bacillus megaterium* e *Bacillus thuringiensis* observou que nos volumes de 50 e 100 mL por hectare foram os tratamentos que mais aumentaram o diâmetro do caule da soja de forma significativa. Nesse contexto, percebe-se que os tratamentos que foram adicionados bactérias do gênero *Bacillus* obtiveram os maiores DCC. O T2 que obteve o menor DDC pode ser possivelmente explicado pela ausência da *Bacillus spp.* O uso apenas do *Bradyrhizobium japonicum* e *A. brasilense* não foi possível perceber que a união dessas bactérias influenciasse no aumento do DDC no presente estudo.

Oliveira *et al.*, (2020) observou que *Bradyrhizobium* mais o *Azospirillum* aumentou significativamente o diâmetro do caule da soja. No entanto, no presente estudo o tratamento no qual utilizou-se *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* foi o que obteve menor DDC. No entanto observa-se que o estudo realizado por Oliveira *et al.*, (2020) avaliou-se as estirpes AbV-5 e AbV-6 de *A. brasilense* na concentração de 2×10^8 Ufc/ml. Já no presente estudo foi utilizado a cepa Az 39 na concentração de 5×10^8 UFC/ml. E essa diferença de concentração pode ter influenciado nos resultados.

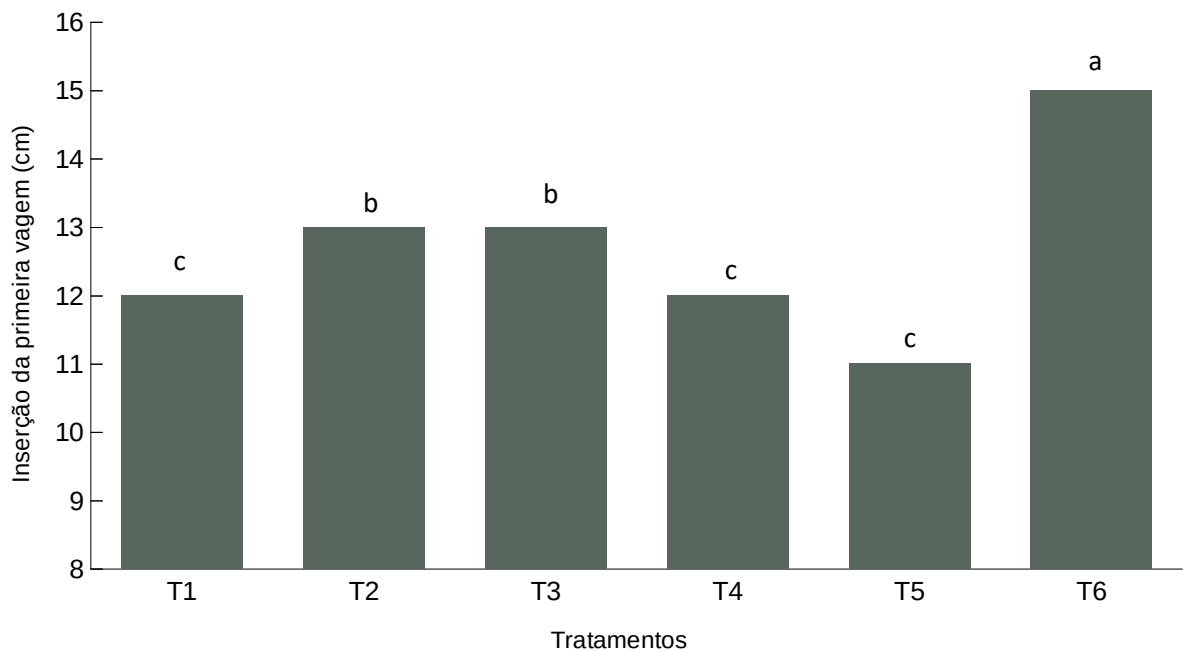
No experimento realizado por Zepechouka *et al.*, (2024) mostrou que o uso dos microrganismos: *Bradyrhizobium japonicum*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* foi o grupo de tratamentos que aumentaram significativamente o diâmetro do caule da soja. E plantas com caules mais espesso tendem a acumular mais fotoassimilados e convertê-los em produtividade de grãos. Nessa mesma perspectiva Oliveira *et al.*, (2020) cita que plantas de soja com caules mais espessos tendem a suportar melhor ao acamamento e isso contribui para redução de perdas na colheita mecanizada. Dessa forma, os dados encontrados pela autora

Zepechouka *et al.*, (2024) citada acima convergem com os dados encontrados nesse trabalho e assim mostram o efeito das BPCP sobre o diâmetro do caule da soja.

4.3 Inserção da primeira vagem

Mediante aos dados houve diferença estatística para a variável altura da inserção da primeira vagem (IPV) pelo teste F ($p \leq 0,05$). T6 obteve maior IPV (15 cm), seguidas de T2 (13 cm) e T3 (13 cm). Os tratamentos T1, T4 e T5 foram o grupo com menor altura da IPV obtendo (12,12 e 11 cm respectivamente) (figura 3).

Figura 3 – Inserção da primeira vagem da soja para os tratamentos avaliando junção e doses de várias bactérias promotoras do crescimento de plantas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

T1: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente); T2: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg de semente); T3: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T4: (10 ml/kg de semente) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T5: *B. japonicum* (10 ml/kg) + *B. elkanii* (10 ml/kg) + *A. brasiliense* (5 ml/kg) + Bacill Mix (6 ml/kg) e T6: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (12 ml/kg de semente).

O *B. subtilis* pode influenciar no crescimento de plantas e consequentemente na inserção da primeira vagem. Estudo realizado testando *Bacillus* também mostrou que doses altas dessa bactéria aumentam a altura da inserção da primeira vagem e assim corroborando com os dados encontrados no presente trabalho (Miranda *et al.*, 2020). Ademais, cabe salientar que a altura da inserção da primeira vagem pode ser influenciada por bactérias promotoras do crescimento de plantas como o autor acima cita, mas também fatores ligados a característica da própria cultivar de soja também pode influenciar nessa característica como é visto entre a cultivar Pampeana Lenda IPRO e a Monsoy M8606 I2X, na qual a Lenda possui inserção da primeira vagem mais alta e a M8606 apresenta a inserção mais baixa.

A altura da inserção da primeira vagem com média de 13 cm é ideal para não ocorrer perdas durante a colheita (Libório, 2019; Ribeiro *et al.*, 2020). Dessa forma é possível observar que os tratamentos T2 (13 cm) e T3 (13 cm) se encontram com a altura mais ideal de acordo com o autor. No entanto, a inserção da primeira vagem mais alta como foi observado no T6 (15 cm), pode estar relacionado a alta dose da bactéria *Bacillus subtilis*, pois o T6 recebeu quatro vezes a mais da dose recomendada e isso pode ter levado a planta a aumentar significativamente a inserção da primeira vagem (Miranda *et al.*, 2020).

Mateus Rocha *et al.*, (2024) em um estudo avaliando a junção das *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* obtiveram as menores alturas da inserção da primeira vagem. Dessa forma esse resultado é similar ao encontrado por esse trabalho, mostrando que o T4 e T5 que são os tratamentos com maior quantidade de bactérias inoculadas e doses, obtiveram as menores altura da inserção da primeira vagem. Oliveira *et al.*, (2020) testando *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* proporcionou aumentou da inserção da primeira vagem em comparação a testemunha, da mesma forma como é visto no presente estudo, no qual o T2 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense*) obteve 13 cm e a testemunha obteve 12 cm.

Um estudo avaliando co-inoculação de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + *Bacillus* encontraram resultados que dizem que a coinoculação reduzem a altura da inserção da primeira vagem o que corresponde aos tratamentos T4 e T5 obtendo 12 e 11 cm para a IPV juntamente com o T1 apresentando 12 cm para IPV (Schwaab; Aguiar, 2020). Nessa ótica percebe se que os tratamentos que obtiveram as maiores quantidades e junção de bactérias (T4 e T5) e o tratamento controle (T1) obtiveram

as menores altura de inserção da primeira vagem (12, 11 e 12 cm) respectivamente. Portanto, pode-se perceber que as plantas com esses tratamentos obtiveram vagens mais baixas, o que pode estar ligado ao menor abortamento das vagens baixas e também a interação da BPCV no crescimento das plantas.

4.4 Clorofila total

Não houve diferença estatística para esta variável pelo teste F ($p \leq 0,05$) (tabela 3). Dessa forma, não foi possível perceber variação entre os tratamentos em resposta a clorofila total.

A coinoculação de bactérias pode aumentar os componentes de produtividade da soja, no entanto para a característica índice de clorofila no presente estudo não foi encontrado evidências para distinção dos diferentes tratamentos para essa característica. Outros estudos avaliando o efeito de diferentes bactérias inoculadas no tratamento de sementes também não obtiveram diferença estatística para esta variável e corroborando com os dados encontrados para este ensaio (Quadros *et al.*, 2020). Silva; Santos; Santos, (2025) avaliando o efeito da aplicação de fosfatos solúveis via folha concluíram que não influenciaram os índices de clorofila da soja. Portanto, essa variável pode não responder com o uso de BPCP com aumento de clorofila.

Souza *et al.*, (2020) testando diferentes tratamentos com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* não observaram diferença estatística para essa variável. Esses dados corroboram com os dados observados nessa pesquisa na qual também não obteve significância. Ademais, percebe-se que o teor de clorofila é de suma importância para o aumento de fotossíntese e consequentemente aumento de produtividade, no entanto os dados obtidos não mostram variação entre os tratamentos. Pode ser que as bactérias promotoras do crescimento de plantas em alguns ambientes e cultivares de soja utilizados não influencie nessa característica.

Outros trabalhos avaliando as bactérias promotoras do crescimento de plantas obtiveram resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho, mostrando que para o índice de clorofila nem todas as vezes é possível observar diferença estatística para esta variável (Louro *et al.*, 2024). Estudo realizado no município de Sinop no Mato Grosso foi encontrado dados para o teor de clorofila das folhas de soja para plantas tratadas com bactérias fixadoras de nitrogênio, no entanto não encontraram diferença estatística para essa avaliação (Pereira *et*

al., 2021). Nessa perspectiva dos trabalhos desenvolvidos pelos autores citados e dados encontradas nessa pesquisa podemos evidenciar que nem sempre os teores de clorofila podem ser influenciados significativamente por bactérias promotoras do crescimento de plantas.

4.5 Número de nós produtivos

De acordo com o teste F ($p \leq 0,05$) para a variável número de nós produtivos (NNP) os tratamentos não se diferem (tabela 3). Dessa forma nota-se que para as condições ambientais na qual o experimento foi instalado e conduzido e a cultivar utilizada não foi possível perceber variação entre os números de nós produtivos na haste principal.

Para a variável número de vagens por plantas foi observado aumento significativo para os tratamentos, no entanto esse aumento de vagens não foi devido ao aumento de nós produtivos na haste principal. Pode estar relacionado a maior quantidade de vagens por nós produtivos na haste principal ou a soja aumentou as vagens nas hastes secundárias. Gomes *et al.*, (2017); Junior *et al.*, (2015) avaliando densidade de semeadura em soja concluiu que as diferentes populações de plantas por hectare para a cultivar utilizada não influenciou no número de nós da haste. Dessa forma, pode ser que o uso de BPCP no TS também não influencie o número de nós produtivos para algumas cultivares de soja.

Em fundamentação ao presente trabalho Rocha *et al.*, (2018) aponta que o número de nós da soja é influenciado pelo fotoperíodo, épocas de semeadura, grupo de maturidade e hábito de crescimento. Nesse viés, percebe-se que o NNP da soja sofre influência de fatores no que refere ao genótipo e ao ambiente no qual foi semeado a soja. No entanto, as bactérias promotoras do crescimento de plantas não influenciaram nessa variável, dessa forma pode-se perceber que o fator bactéria não foi suficiente para alterar essa característica da soja.

Martins *et al.*, (2011) avaliando o número final nós de diferentes cultivares de soja encontrou resultados que mostraram que essa variável foi influenciada em maior porte pelo ambiente do que pelos genótipos utilizados. Nesse viés, o número de nós produtivos é influenciado tanto pelo fator ambiental quanto pelo genótipo. E o uso de bactérias promotora do crescimento de plantas pode - se inferir que para algumas cultivares e ambientes também não seja possível encontrar significância.

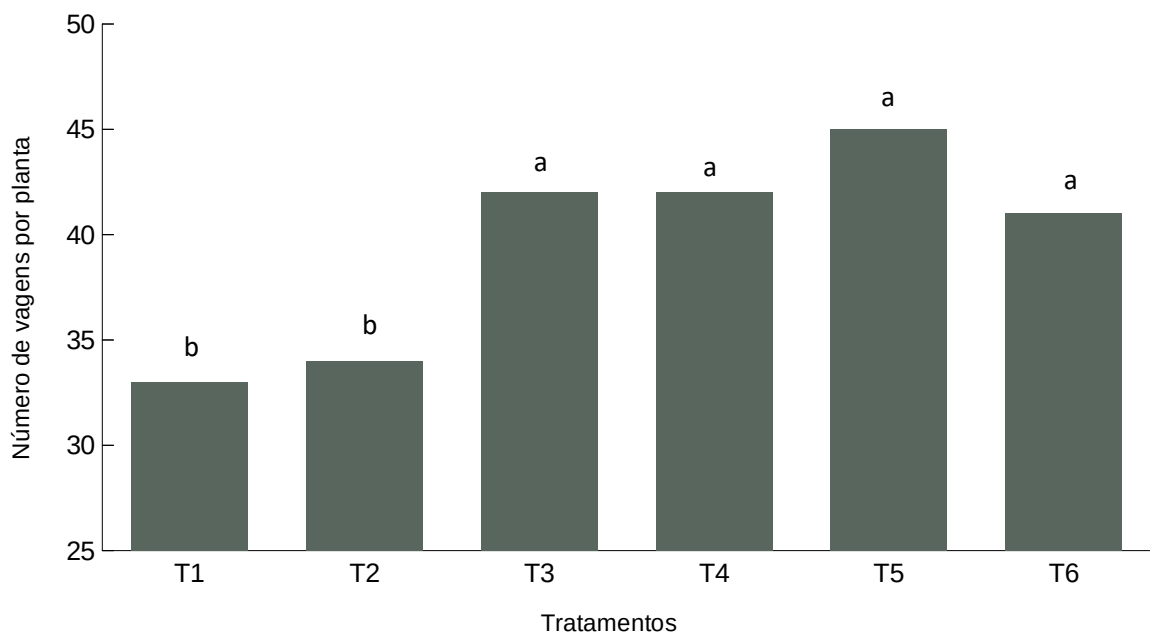
Oliveira *et al.*, (2017) avaliando doses de zinco na cultura da soja encontrou diferença estatística para avaliação do número de nós produtivos. Pode-se notar que o número de nós produtivos da soja podem ser modificados com uso fertilizantes. Porém, o uso de bactérias

promotoras do crescimento de plantas nem sempre influencia nessa característica da soja. Portanto, o NNP é de grande importância por ser uma variável que pode justificar os efeitos dos tratamentos principalmente os que obtiverem efeito para a produtividade. No entanto, pode ser que o NNP não altere significativamente usando algumas BPCP ou suas combinações em alguns tipos de ambiente.

4.6 Número de vagens por planta

Para avaliação do efeito dos tratamentos sobre a variável número de vagens por planta (NVP) houve diferença estatística pelo teste F a 1% de probabilidade (tabela 3). Os tratamentos T3, T4, T5 e T6 foram o grupo com maiores NVP (42, 42, 45 e 41 vagens) respectivamente. E os tratamentos T1 e T2 obtiveram as menores quantidade de NVP (33 e 34 vagens) respectivamente.

Figura 4 – Número de vagens por planta para os tratamentos avaliados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

T1: *B. japonicum* (10 ml/kg); T2: *B. japonicum* (10 ml/kg) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg); T3: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T4: (10 ml/kg) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg) + Bacill Mix (3 ml/kg); T5: *B. japonicum* (10 ml/kg) + *B. elkanii* (10 ml/kg) + *A. brasiliense* (5 ml/kg) + Bacill Mix (6 ml/kg) e T6: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (12 ml/kg).

De acordo com a figura 4 os tratamentos que obtiveram as maiores quantidades de vagens por planta foram os tratamentos: T3, T4 e T5. E esses foram os três tratamentos que foram tratados com as maiores quantidades de bactérias e doses, dessa forma pode-se perceber que a sinergia entre as bactérias aumenta este componente de produtividade da soja. Quando se observa a figura 5 a qual ilustra o gráfico com a produtividade em sacas por hectare, nota-se que os tratamentos que obtiveram as maiores quantidades de vagens por planta também refletiram em produtividade em sacas por hectare com exceção do T6.

Na ótica de Ribeiro *et al.*, (2020) a variável número de vagens por planta é uma das mais importantes para a cultura da soja, pois quanto mais vagens mais grãos por planta e consequentemente maior produtividade. Ainda de acordo como o mesmo autor a síntese de AIA (ácido indolacético) produzidos por bactérias promotoras do crescimento de plantas podem aumentar o número de galhos nas hastes secundárias da soja e com isso proporcionar maior número de vagens por planta (Ribeiro *et al.*, 2020). Ademais, de acordo com a tabela 3 foi observado que não houve diferença estatística para o número de nós produtivos. No entanto, o NDV foi avaliado apenas na haste principal e assim pode-se inferir que o aumento do número de vagens por planta foi influenciado por mais nós produtivos nas hastes secundárias.

Um estudo desenvolvido na Bahia mostrou que o uso de bactérias do Gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* aumentaram a quantidade de vagens por planta em comparação os tratamentos utilizando produtos químicos no TS, evidenciando dessa forma que essas bactérias influenciam nos componentes de produtividade como número de vagens podendo aumentar a produtividade da soja da forma como é ilustrado na figura 5 (Santos *et al.*, 2024). Outro trabalho avaliando a bactéria *B. subtilis* na cultura da soja também aumentaram a quantidade de vagens por planta e dessa forma corroborando com a presente pesquisa onde também foram aplicados esse microrganismo (Louro *et al.*, 2024). A coinoculação entre bactérias promotoras do crescimento de plantas possui capacidade de aumentar a quantidade de vagens por planta (Libório, 2019). O número de vagens por planta maior ou menor é explicado entre a relação de produção de flores por planta e a proporção na qual as flores se transformam em vagem (Libório, 2019).

De acordo com a literatura, *B. subtilis* influencia nos componentes de produtividade da soja e a variável número de vagens por planta é influenciada, dessa forma os tratamentos com essa bactéria obtiveram maior quantidade de vagens e consequentemente maior produtividade

de grãos (Júnior *et al.*, 2021). Na ótica de Mateus Rocha *et al.*, (2024) o uso de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* aumentaram significativamente o número de vagens por planta, assim mostrando a eficiência do gênero *Bacillus* em aumentar os componentes produtivos da soja. No ensaio elaborado por Zepechouka *et al.*, (2024) avaliando o sinergismo dos microrganismos: *Bradyrhizobium japonicum*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* constatou que o tratamento que recebeu todas essas bactérias foi o que mais obteve quantidade de vagens de soja por planta (82 vagens).

4.7 Peso de mil grãos

Não houve diferença estatística para variável peso de mil grãos (PMG) pelo teste F ($p \leq 0,05$) (tabela 3). Dessa forma fica evidente que nem sempre as bactérias promotoras do crescimento de plantas interferem no PMG. Em uma pesquisa envolvendo as bactérias *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + *B. megaterium* e *B. subtilis* os autores também não evidenciaram diferença estatística para a variável PMG (Schwaab; Aguiar, 2020). Uma outra pesquisa testando o controle de nematoide por meio de bactérias e outros produtos mostrou que o uso da *Bacillus subtilis* não influenciou o PMG dos tratamentos (Júnior *et al.*, 2021).

Conforme Fabião *et al.*, (2025) que constataram que o uso de seis vezes a dose de *Bradyrhizobium* e duas vezes a dose do *Azospirillum* do produto comercial aumentaram o PMG configurando o tratamento superior. No entanto, esse trabalho avaliou diferentes cultivares de soja e o estudo foi realizado em outro tipo de ambiente e isso pode ter influenciado no resultado, o que pode ter levado a divergir dos dados desse trabalho. Por conseguinte Dalolio *et al.*, (2020) observaram que o uso de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* no tratamento de semente não foi possível constatar diferença estatística e dessa forma corroborando com os resultados concluídos por este trabalho.

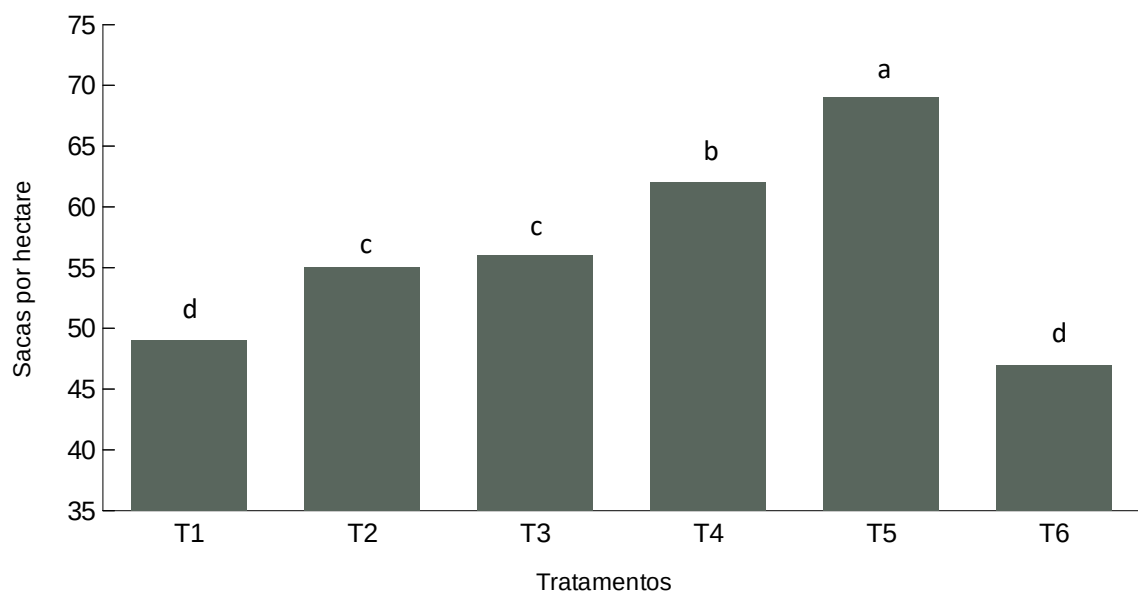
Souza *et al.*, (2020) avaliou o uso do *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* na soja durante duas safras e testou essas bactérias no tratamento de semente e no sulco de semeadura. Os dados mostraram que a variável peso de mil grãos não sofreu influência com uso das bactérias. Dessa forma os dados encontrados pelo autor corroboram com os dados encontrados nessa pesquisa e evidencia que as BPCP em alguns casos não aumentam o PMG da soja. Vale salientar que a resposta das bactérias está ligado tanto a fatores ambientais quanto fatores relacionados a própria característica da cultivar utilizada.

Outro estudo realizado testando *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus spp.* também não encontraram diferença estatística para essa característica (Castioni, 2016). Observações realizadas por Silva; Boiago; Santos, (2023) utilizando *B. subtilis*, *B. megaterium* e *A. brasiliense* na cultura da soja concluíram que o uso dessas bactérias não foram suficientes para influenciar o PMG dos tratamentos. Portanto, a característica PMG não foi influenciada pelos microrganismos testados neste ensaio. No entanto, a variável que justifica o aumento de produtividade da soja é observada pelo aumento de vagens por planta (figura 4).

4.8 Produtividade em sacas por hectare

A variável produtividade em sacas por hectare (SAC) foi influenciada pelos diferentes tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade (figura 3). Os tratamentos que obteve maior SAC foi o T5 (69 sac.ha⁻¹) sendo superior a todos os demais tratamentos. O T4 foi o segundo tratamento que obteve maior produtividade (62 sac.ha⁻¹). Já os tratamentos T2 e T3 foram o terceiro grupo com maior produtividade (55 e 56 sac.ha⁻¹) respectivamente. O pior grupo de médias em resposta a variável SAC foram os tratamentos T1 e T6, obtendo apenas 49 e 47 (sac.ha⁻¹) respectivamente.

Figura 5 – Produtividade da soja em sacas por hectare em resposta as doses e junções de bactérias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

T1: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente); T2: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg de semente); T3: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T4: (10 ml/kg de semente) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (2,5 ml/kg de semente) + Bacill Mix (3 ml/kg de semente); T5: *B. japonicum* (10 ml/kg) + *B. elkanii* (10 ml/kg) + *A. brasiliense* (5 ml/kg) + Bacill Mix (6 ml/kg) e T6: *B. japonicum* (10 ml/kg de semente) + Bacill Mix (12 ml/kg de semente).

De acordo com a figura 4 que mostra o número de vagens por planta percebemos que o T4 e T5 foram dois dos tratamentos que obtiveram as maiores quantidades de vagens por planta juntamente com T3 e T6. E dessa forma é possível inferir que um dos componentes de produtividade que influenciaram a produtividade dos tratamentos foi o número de vagens por planta, pois, os tratamentos que obtiveram maiores quantidades de vagens produziram mais peso de grãos por hectare com exceção do T6.

O uso de *B. japonicum* + *A. brasiliense* + MIX de *Bacillus* sp. testado em solo arenoso comprovaram estatisticamente que essas bactérias promoveram o aumento de produtividade em comparação aos demais tratamentos (Ito, 2025). Dessa forma fica evidente que essa combinação de bactérias agem em sinergismo entre si e aumentam a produtividade das culturas mesmo em solo arenoso. O uso da *B. amyloliquefaciens* aplicado no TS em conjunto com outras BPCP contribui com o aumento de produtividade para a cultura da soja assim como foi visto no presente estudo (Máscia, 2017). O uso de *B. subtilis* aumentou a produtividade da soja na dose de 200 ml.ha⁻¹ em um estudo realizado na Universidade do Mato Grosso, evidenciando que essa bactéria possui mecanismos que impulsionam a produtividade da cultura (Miranda *et al.*, 2020).

Um estudo realizado testando *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens* e *B. pumilus* + *Bradyrhizobium japonicum*, tratamento bem similar ao utilizado nessa pesquisa mostraram que esse foi o tratamento que obteve maior produtividade (Castioni, 2016). Portanto, o uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas é uma estratégia de suma importância para o incentivo de uma agricultura cada vez mais sustentável e limpa e contribuindo com o aumento de produtividade da cultura da soja (Miranda *et al.*, 2020). Experimento realizado no Maranhão testando a eficiência do *B. subtilis* na soja destacaram que essa bactéria possui grande capacidade no controle biológico de patógenos e dessa forma melhorando a sanidade das plantas e consequentemente aumentando a produtividade da soja (Louro *et al.*, 2024). O uso da *B. subtilis* testado no estado de Goiás mostrou resultado significativo para a

produtividade de grãos quando se usou essa bactéria no TS, assim correlacionando com dados encontrados por nesse trabalho (Júnior *et al.*, 2021).

Um estudo realizado por Zepechouka *et al.*, (2024) mostrou que o *Bradyrhizobium japonicum*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* foi o tratamento que obteve maior produtividade de grãos e assim confirmando a eficiência desses microrganismos no aumento de produtividade de grãos da soja. A mesma autora afirma que a junção dessas bactérias não só aumenta a produtividade da soja mas também contribui para uma agricultura mais regenerativa (Zepechouka *et al.*, 2024). Mateus Rocha *et al.*, (2024) testando *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* que são tratamentos similares ao testado nesse estudo foram os que mais aumentaram a produtividade de grãos e retorno econômico. Resultados semelhantes foram relatados por Fabião *et al.*, (2025) avaliando seis doses de *Bradyrhizobium* e duas de *Azospirillum* observaram que essa dose estava no grupo de tratamentos em que mais produziu massa de grãos.

A associação de bactérias de forma correta consegue aumentar a produtividade da soja. A junção de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* e *Bacillus* aumentam os componentes de rendimento da soja se posicionado de forma correta. Um estudo avaliando a co-inoculação em sementes de soja com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* somado a células de *Bacillus subtilis* ou seus metabólitos aumentaram a produtividade da soja (Araújo; Hungria, 1999). A importância de se ter microrganismos que aumentam a produtividade da soja incentiva o produtor rural a aderir mais o uso dessas bactérias, pois os agricultores tendem a aderir principalmente práticas de manejos mais baratos e que aumentam a produção de grãos. E na associação das bactérias citadas é possível perceber esses resultados além de ser uma prática sustentável.

Nota-se que a diferença do T1 (tratamento controle) e T5 (tratamento com maior quantidade de bactérias e doses) foi de 20 sacas por hectare. Ou seja, O T5 (*B. japonicum* 10 ml/kg de semente) + *B. elkanii* (10 ml/kg de semente) + *A. brasiliense* (5 ml/kg de semente) + Bacill Mix (6 ml/kg) teve um aumento de produtividade de 29% em sacas por hectare a mais que o tratamento controle (T1) (*B. japonicum* (10 ml/kg de semente).

Preço dos produtos biológicos utilizados no tratamento de semente da soja: Bacill Mix, *Bradyrhizobium japonicum*, *bradyrhizobium elkanii* e *Azospirillum brasiliense*. Cotações realizadas por revendas para a região de Colinas do Tocantins – TO para representar o preço real dos produtos biológicos utilizados neste ensaio. Data da cotação: 20/08/2025.

Preço de 1 litro do produtivo Bacill Mix: 200,00 R\$. Preço por hectare: 48,68 R\$ (considerando 40,57 kg/ha de semente por hectare da cultivar Extrema IPRO) usando uma dose de 6 ml/ha de semente (T5).

Preço *Bradyrhizobium elkanii*: Bolsa de 1,8 L: 90,00: Preço por hectare: 20,28 R\$ (considerando 40,57 kg/ha de semente por hectare da cultivar Extrema IPRO) usando uma dose de 10 ml/kg de semente.

Preço da bolsa de *Bradyrhizobium japonicum*: 165,00 R\$ 3 litros. Preço por hectare: 22,31 R\$ (considerando 40,57 kg/ha de semente por hectare da cultivar Extrema IPRO) usando uma dose de 10 ml/kg de semente.

Preço do *Azospirillum brasiliense*: 150,00 R\$ 3 litros. Custo por hectare: 10,14 R\$ (considerando 40,57 kg/ha de semente por hectare da cultivar Extrema IPRO) usando uma dose de 5 ml/kg de semente.

Custo total com os biológicos: 101,41 R\$ por hectare. O aumento de produtividade entre T1 e T5 foi de 20 sacas por hectare. Preço da saca atual de soja: 117,00 R\$ (21/08/2025). Dessa forma usou-se 1,69 sacas de grãos de soja para comprar os produtos biológicos para o TS. Portanto, sobrando uma quantidade de 18,31 sacas de soja por hectare para o produtor.

5 CONCLUSÕES

Portanto, o T5 com uso de 10 ml/kg de semente de *Bradyrhizobium japonicum* e 10 ml/kg de semente *Bradyrhizobium elkanii* mais 5 ml/kg de semente de *Azospirillum brasiliense* associado a 6 ml/kg de semente do produto Baciill Mix são eficientes no tratamento de semente da soja para aumentar o número de vagens por planta e a produtividade da soja em área de abertura sobretudo em solo arenoso e sem palhada.

Custo total com os biológicos: 101,41 R\$ por hectare. O aumento de produtividade entre T1 e T5 foi de 20 sacas por hectare. Dessa forma usou-se 1,69 sacas de grãos de soja para comprar os produtos biológicos para o TS. Portanto, sobrando uma quantidade de 18,31 sacas de soja por hectare para o produtor.

6 REFERÊNCIAS

- AHMAD, Eduardo Machado *et al.* Co-inoculação de bactérias promotoras do crescimento de plantas na cultura da soja. **III Simpósio de Pós-Graduação do Sul do Brasil**, p. 1–5, 2023.
- AMORIM BARROS, Bruno Gabriel *et al.* A co-inoculação de (*Azospirillum brasilense*) e (*Bradyrhizobium spp.*) promove crescimento em Feijão-Caupí no Semiárido Baiano. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 5, 2024.
- ANDRADE, Mateus Ferreira *et al.* Fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi em resposta á inoculação com *bradyrhizobium* e diferentes doses de molibdênio. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 45, p. 1748–1759, 2023.
- ARAUJO, Karla Emanuelle Campos. de nitrogênio na soja em função da intensidade de. **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, 2014.
- ARAUJO, Solon C; CASTRO, José Roberto Pereira de. O valor da coinoculação da soja. **Agroanalysis**, p. 24–25, 2021.
- ARAÚJO, Fábio Fernando de; HUNGRIA, Mariangela. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus Subtilis* e *Bradyrhizobium Japonicum* / *Bradyrhizobium Elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1633–1643, 1999.
- BECKER, Diogo *et al.* Avaliação dos efeitos da adubação fosfatada e presença de microorganismos (*bacillus subtilis* e *bacillus megaterium*) na produtividade da soja (*glycine max*). **Centro de ensino superior dos Campus Gerais**, p. 1–15, 2024.
- BEZERRA, Gustavo De Andrade *et al.* Uso de *Bacillus spp.* no controle de fitopatógenos em sementes de soja variedade BRS Valiosa RR. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 68–73, 2013.
- BULEGON, Lucas Guilherme *et al.* Soybean responses to *Azospirillum brasilense* and plant regulators in drought conditions. **Revista Brasileirade Ciencias Agrarias**, v. 14, n. 4, p. 1–10, 2019.
- CAIXETA, Nicolle Muniz Ferreira; REIS, Janaine Myrna Rodrigues. Eficiência da co-inoculação de sementes na cultura da soja. **Cerrado Agrociências**, v. 14, p. 9–17, 2023. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/cerradoagrociencias/article/view/5147/3055>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- CASTIONI, Vanessa Esteris. Resposta da cultura da soja à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento. **Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS Campus Ibirubá**, p. 1–63, 2016.
- CHAGAS, Lillian França Borges *et al.* *Bacillus subtilis* E *Trichoderma sp.* NO INCREMENTO DA BIOMASSA EM PLANTAS DE SOJA, FEIJÃO-CAUPI, MILHO E ARROZ. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 10–18, 2018.

CHAGAS JUNIOR, A. F. *et al.* Bacillus subtilis as a vegetable growth promoter inoculant in soybean. **Diversitas Journal**, v. 7, p. 1–16, 2022.

CHIBEBA *et al.* Inoculação de soja com bradyrhizobium e azospirillum promove nodulação precoce. **VII Congresso de soja com Bradyrhizobium e Azospirillum promove nodulação precoce**, p. 1–4, 2015.

COSTA, Saulo *et al.* Análise econômica do agronegócio da soja na Bahia, Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, p. 1–19, 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Grãos**. 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 28 Abr. 2025.

DALOLIO, Ricardo Sanches *et al.* Co-inoculação de soja com Bradyrhizobium e Azospirillum. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 7, p. 1–7, 2020.

DORIGON, Luan *et al.* Avaliação da co-inoculação das sementes da soja. **Revista Inovação**, v. 3, p. 105–132, 2024.

FABIÃO, Moisés Botelho *et al.* Produtividade e peso de mil sementes em função de inoculação e coinoculação em cultivares de soja (Glycine max L .) cultivadas em terras baixas. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 16, p. 1–15, 2025.

FERNANDO *et al.* Transformação de milho com o gene cry1C de Bacillus thuringiensis visando o controle da lagarta-do-cartucho. **XXV Congresso nacional de Milho e Sorgo**, n. 1–4, 2004.

FERREIRA, Cibelle Christine Brito *et al.* Impacto do tipo de solo, adubação e técnica de cultivo na temperatura do solo e no desenvolvimento inicial da soja. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 07, p. 1–15, 2024.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FILHO, Jairo Maurício; SILVA, Carlos Henrique Souza; SOUZA, José Eduardo Barbosa De. Desempenho agrônomo e produtividade da cultura da soja com a co-inoculação de Bradyrhizobium e Azospirillum brasileiro. **Ipê Agronomic Journal**, v. 2, p. 48–59, 2018.

FREITAS, Alfredo Ribeiro de. **Estatística experimental na agropecuária**. 1º edição. Brasília, DF: Embrapa, Superintendência de Comunicação, 2022. Disponível em: <http://revista.sear.com.br/rei/article/view/335/398>. Acesso em: 25 jul. 2025.

GOMES, Hananda Hellen da Silva *et al.* Características agronômicas na produtividade da soja em diferentes densidades de plantas. **Congresso Brasileiro de Agronomia**, n. 1, p. 1–4, 2017.

GUIMARÃES, Vandeir Francisco; KLEIN, Jeferson; KLEIN, Débora Kestring. Promoção de crescimento e solubilização de fosfato na cultura da soja: coinoculação de sementes com

Bradyrhizobium japonicum e Pseudomonas fluorescens. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e366101120078, 2021.

HUNGRIA, Mariangela. Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. **Documentos 325 (Embrapa soja)**, p. 36, 2011.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, Iêda Carvalho. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja componente essencial para a competitividade de produto brasileiro. **Documentos - EMBRAPA Soja (Brazil)**, p. 80, 2007.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, Iêda Carvalho. Fixação Biológica Do Nitrogênio Na Cultura Da Soja. **Embrapa Soja. Circular Técnica**, 35, p. 48, 2001. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

HUNGRIA, Mariangela; NOGUEIRA, Marco Antonio. Fixação biológica do nitrogênio; In: Bioinsumos Na Cultura Da Soja. **Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas** 3, p. 204–220, 2022.

ITO, William Cesar Nishimoto. **Nodulação E Produtividade De Grãos De Soja**. 2025. 67 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp – SP, 2025. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e76bc938-de16-4928-8930-f9ac457c98a1>. Acesso em: 3 jul. 2025.

JUNIOR, Alvadi Antonio Balbinot *et al.* Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977–2986, 2015.

JÚNIOR, Joaquim Júlio Almeida *et al.* Efeito de controle de nematoides com a utilização de bactérias e outros produtos utilizados no tratamento convencional de sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 1–21, 2021.

KORBER, Luana Patrícia Pinto *et al.* Eficiência de produtos biológicos na coinoculação de sementes de soja. **South American Sciences**, v. 2, p. e21109, 2021.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948, 479 p.

LEÃO, Evelynne Urzêdo *et al.* Potencial in vitro de Bacillus spp. no controle de Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens em feijoeiro-comum. **Summa Phytopathol**, v. 42, p. 360–362, 2016.

LIBÓRIO, Paloma Helena da Silva. Desempenho simbiótico e produtivo de cultivares de soja submetidas a co-inoculação com Azospirillum. **Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Jaboticabal**, p. 1–103, 2019.

LONGEN, Rosenilde. Eficiência agrônômica da soja cultivada com diferentes concentrações de condicionador de solo classe A, associada a níveis de fertilizantes e bactérias promotoras do crescimento. **Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste**, p. 1–52, 2022. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/6460/2/Rosenilde_Longen_2022.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

LOURO, Antonio *et al.* Uso de *Bacillus subtilis* no incremento da produção na cultura da soja. **CAdernos de Agroecologia**, v. 19, p. 1–6, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/7891>. Acesso em: 16 jul. 2025.

MACHADO, Vilmar *et al.* Bactérias Como Agentes de Controle Biológico de Fitonematóides. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 165–182, 2012.

MARTINS, Juliano Dalcin *et al.* Plastocrono e número final de nós de cultivares de soja em função da época de semeadura. **Ciencia Rural**, v. 41, n. 6, p. 954–959, 2011.

MÁSCIA, Rodrigo. *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum* no manejo de *Pratylenchus brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. na cultura da soja. **Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, [s. l.], p. 1–31, 2017. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_1/2017-08-29-04-42-35Rodrigo Mascia.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

MATEUS ROCHA, Tiago *et al.* Qualidade fisiológica de sementes, desempenho a campo e viabilidade econômica da cultura da soja submetida à inoculação de sementes com diferentes produtos biológicos. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 10, n. 1, p. 1–21, 2024.

MESQUITA; SILVA, Tácio Perez. DESENVOLVIMENTO DA SOJA SUBMETIDA A DIFERENTES FORMAS DE INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense*. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 5, p. 26, 2021.

MIRANDA, Lucas Barbosa *et al.* Promotores de crescimento da cultura da soja. **South American Journal**, v. 7, p. 469–479, 2020.

OLIVEIRA, Luiz Anderson Abdalla de *et al.* Coinoculação e uso de nitrogênio em cobertura na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1–20, 2020.

OLIVEIRA, Fernando Castro de *et al.* Diferentes Doses E Épocas De Aplicação De Zinco Na Cultura Da Soja. **Revista De Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 28–35, 2017.

PAIVA, Vinicius José Pin; LAZARETTI, Norma Schlickmann. Inoculação e coinoculação na cultura da soja Inoculation and co-inoculation in soybean crop. **Revista cultivando o saber**, [s. l.], v. edição esp, n. 1, p. 85–94, 2022. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1156/1040>. Acesso em: 25 jul. 2025.

PEREIRA, Cassiano Spaziani *et al.* Produtividade com sementes pré-inoculadas de soja em períodos antes da semeadura. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 11, p. 25–34, 2021.

PRANDO, André Mateus *et al.* Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2021 / 2022 no Paraná. **Circular Técnica 190 (Embrapa)**, p. 1–21, 2022.

QUADROS, Andressa Serafim de *et al.* Inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 200–206, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/25737>. Acesso em: 25 ago. 2025.

RIBEIRO, Larissa Daniele da Sila Magalhães *et al.* INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DA SOJA COM *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* E MICRORGANISMOS EFICAZES. **Revista Mirante**, v. 1, n. 13, p. 66–80, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/10153>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SÁ, Mylenna Nádja Ferreira de *et al.* Effect of *Bacillus* sp. and *Trichoderma* sp. on the development and mycelial growth of *Sclerotium rolfsii*. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 2, p. 79–81, 2019. Disponível em: <http://www.revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/158>. Acesso em: 21 jun. 2025.

SANCHES DALOLIO¹, Ricardo *et al.* CO-INOCULAÇÃO DE SOJA COM *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, n. 2, p. 1–7, 2018.

SANTOS, Rodrigo Barros dos *et al.* Avaliação da inoculação das bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em sementes de soja tratadas com agroquímicos. **AYA editora**, v. 2, p. 1–16, 2024. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240717140.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SANTOS, Maria Aparecida dos. Identificação de qtl associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*/B. elkanii e a soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Universidade Estadual de Londrina**, p. 1–55, 2005.

SANTOS, Mariana Sanches; NOGUEIRA, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela. Outstanding impact of *azospirillum brasilense* strains ab-v5 and ab-v6 on the brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 45, p. 1–31, 2021.

SCHWAAB, Eduardo Felipe; AGUIAR, Celso Gonçalves de. Interação de inoculantes nitrogenados com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* em soja. **Resvista Cultivando o Saber**, p. 24–32, 2020.

SILVA, Mota Elisa Monteiro. Tratamento de Sementes de Soja , para o Controle de *Pratylenchus brachyurus* Tratamento de Sementes de Soja , para o Controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí**, p. 1–20, 2022.

SILVA, Matheus Tansini; BOIAGO, Nayara Parisoto; SANTOS, Brenda Martinelli. Diferentes bactérias solubilizadoras de nutrientes e fertilização fosfatada em soja. **Cultivando o Saber**, p. 10–25, 2023.

SILVA, Esdras Henrique da; SANTOS, Otávio André Bastos dos; SANTOS, Gustavo Herom Bastos dos. Artigo Científico Adubação foliar com MAP Purificado® e Intacto® na cultura da soja. **Revista Sítio Novo**, v. 9, p. 1–9, 2025. SILVEIRA, Victor Martins da. Controle da podridão da haste (*Fusarium oxysporum* e *Diaporthe ueckeri*) em sementes e plantas de soja. **Universidade Federal de Uberlândia**, p. 1–50, 2025.

SOARES, René Arderius. Diferenças genômicas entre a estirpe *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e a estirpe de referência *B. japonicum* USDA 110. **Instituto Federal do Rio Grande do Sul**, p. 1–58, 2009.

SOUZA, Felipe Gomes de *et al.* Inoculação e co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1–16, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3553/3898>.

SOUZA, Juliana Correia; CASTRO, Jônatas Neves. ANÁLISE DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA SOJA COINOCULADA COM *Bradyrhizobium* E *Azospirillum* *brasilense*. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 14, n. 1, p. 156–167, 2022.

SPERB, Edilena Reis. Expressão de genes envolvidos nas etapas iniciais do estabelecimento da simbiose entre *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA587 e soja [*Glycine max* (L.)] submetida ao déficit hídrico. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, p. 1–112, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/198978>. Acesso em: 5 jul. 2025.

ZEPECHOUKA, Maria Izabel *et al.* Benefícios do uso de *Bradyrhizobium japonicum* , *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na Soja(*Glycine max*) em agricultura regenerativa. **Revista de Agronomia e Medicina Veterinária**, v. 11, p. 1–17, 2024.