

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS CRISTALINA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

TÍTULO:
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO *BACILLUS ARYABHATAI* EM MITIGAR O
ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA

JULIANA MIRANDA SILVA
2025

JULIANA MIRANDA SILVA

TÍTULO:
**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO *BACILLUS ARYABHATAI* EM MITIGAR O
ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano – *Campus* Cristalina, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Professora Doutora Suelen
Cristina Mendonça Maia

Coorientador: Professor Doutor Álvaro
Henrique Cândido de Souza

CRISTALINA/GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586a Silva, Juliana Miranda
Avaliação do potencial do *Bacillus aryabhattai* em mitigar estresse hídrico na cultura da soja / Juliana Miranda Silva. Cristalina 2025.
33f. il.
Orientadora: Prof^a. Dra. Suelen Cristina Mendonça Maia.
Coorientador: Prof. Dr. Álvaro Henrique Cândido de Souza.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1020024 - Bacharelado em Agronomia - Cristalina (Campus Cristalina).
1. Glycine max. 2. Rendimento. 3. Estresse hídrico. 4. *Bacillus aryabhattai*. 5. Produtividade. I. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☒ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Juliana Miranda Silva

Matrícula:

2020110200240151

Título do trabalho:

Avaliação do potencial de *Bacillus aryabhattai* em mitigar o estresse hídrico na cultura da soja

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 3 / 7 / 25

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.



Documento assinado digitalmente

JULIANA MIRANDA SILVA

Data: 02/07/2025 12:24:44-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cristalina - GO

Local

2 / 7 / 25

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente

SUELEN CRISTINA MENDONÇA MAIA

Data: 02/07/2025 11:51:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 55/2025 - GENS-CRIS/CMPCRIS/IFGOIANO

CURSO DE AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO *BACILLUS ARYABHATTAI* EM MITIGAR O ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA

Autor(a): Juliana Miranda Silva

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Suelen Cristina Mendonça Maia

Coorientador(a): Álvaro Henrique Cândido de Souza

TITULAÇÃO: ENGENHEIRA AGRÔNOMA.

APROVADA em 02 de junho de 2025.

Profa. Dra. Suelen Cristina Mendonça Maia

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Prof. Dr. Álvaro Henrique Cândido de Souza

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Profa. Dra. Geisiane Alves Rocha

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Profa. Dra. Roberta Camargos de Oliveira

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Documento assinado eletronicamente por:

- Suelen Cristina Mendonça Maia, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/06/2025 20:22:04.
- Roberta Camargos de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/06/2025 16:22:52.
- Alvaro Henrique Candido de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/06/2025 14:31:09.
- Geisiane Alves Rocha, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/06/2025 15:04:00.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/06/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 712622
Código de Autenticação: 5f99e5779c



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Cristalina

Rua Araguaia, Loteamento 71, SN, Setor Oeste, CRISTALINA / GO, CEP 73850-000
(61) 3612-8500

DEDICATÓRIA

À minha mãe, que, apesar dos desafios, nunca deixou de caminhar ao meu lado. Seu apoio foi meu alicerce. Juntas, superamos os obstáculos e, ao final compartilhamos o sorriso da vitória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, saúde e coragem para superar os desafios ao longo dessa jornada.

À minha família, que, mesmo distante, me passou toda a energia necessária para que eu chegasse até aqui. Especialmente aos meus irmãos, Luiz Ricardo Miranda Silva e Marcos Vinícius Miranda Silva, e ao meu pai, Romoaldo Duarte Silva. O incentivo de vocês fez toda a diferença na minha caminhada.

À minha mãe, Vanuza Ferreira Miranda, obrigada por tudo e por tanto. Eu te amo profundamente.

À minha orientadora, Suelen Cristina Mendonça Maia, e ao meu coorientador, Álvaro Henrique Cândido de Souza, pela orientação, paciência e dedicação ao longo de toda essa trajetória. As contribuições e ensinamentos de ambos foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

Aos meus colegas de turma, que direta e indiretamente me ajudaram ao longo desse processo. Em especial ao meu grupo, formado por Adriele Feitosa Azevedo, Talita Lemos do Prado, Rhavena Maicá e Vívian da Costa Silva. O apoio, as trocas e os incentivos diários foram fundamentais para tornar o processo mais leve e agradável.

Agradeço também ao Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina pela estrutura e suporte oferecidos durante a minha formação, e a todo corpo docente por toda contribuição e conhecimento repassados.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo da minha graduação.

“Porque eu, o Senhor teu Deus, te tomo pela tua mão direita; e te digo: Não temas, eu te ajudo”.

- Isaías 41:13.

RESUMO

A escassez hídrica é um dos principais entraves à produtividade da soja, podendo resultar em perdas de 25% a mais de 50% — o que representa a redução de aproximadamente 15 a 35 sacas por hectare —, dependendo da temperatura e da fase de desenvolvimento da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito potencial da inoculação de *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento e desempenho produtivo de soja sob quatro regimes de irrigação. O presente trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Cristalina, localizado no município de Cristalina-GO. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), segundo um esquema fatorial 4 x 2 com quatro repetições totalizando 32 parcelas. O primeiro fator foi composto por 4 níveis de tensão de água no solo, - 15, - 25, - 35 e - 45 kPa, denominados T1, T2, T3 e T4 respectivamente, e tais tensões determinavam a definição do momento da irrigação, sendo aplicadas nos estádios R2 e R5, e os níveis do segundo fator foram compostos pela inoculação e não inoculação do *B. aryabhattai*, apresentados como CB e SB, respectivamente. Os parâmetros avaliados foram: massa de matéria fresca e seca da parte aérea e componentes de produção (número de vagens por planta; número de grãos; número de grãos por vagem; massa de 100 grãos; produtividade de grãos). A presença de *B. aryabhattai* favoreceu a soja em menor déficit hídrico (-15 e -25 kPa), aumentando a produtividade. Em -45 kPa, a influência foi limitada devido ao estresse hídrico extremo. Na ausência de *B. aryabhattai*, os melhores resultados também foram observados sob menor déficit hídrico (- 15 kPa).

Palavras-chave: *Glycine max*; Rendimento; Estresse hídrico; *Bacillus aryabhattai*; Produtividade.

ABSTRACT

Water scarcity is one of the main obstacles to soybean productivity and can result in losses of 25% to more than 50% - which represents a reduction of approximately 15 to 35 sacks per hectare -, depending on the temperature and the stage of development of the plant. The objective of this study was to evaluate the potential effect of inoculation of *Bacillus aryabhattai* on soybean development and productive performance under four irrigation regimes. The present work was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano - Campus Cristalina, located in the municipality of Cristalina-GO. The experimental design used was that of randomized blocks (DBC), according to a 4 x 2 factorial scheme with four replicates totaling 32 plots. The first factor was composed of 4 levels of water tension in the soil, - 15, - 25, - 35 and - 45 kPa, denominated T1, T2, T3 and T4 respectively, and these tensions determined the definition of the irrigation moment, being applied in stages R2 and R5, and the levels of the second factor were composed by inoculation and non-inoculation of *B. aryabhattai*, presented as CB and SB, respectively. The evaluated parameters were: fresh and dry mass of the aerial part and production components (number of pods per plant; number of grains; number of grains per pod; mass of 100 grains; grain yield). The presence of *B. aryabhattai* favored soybean in lower water deficit (-15 and - 25 kPa), increasing productivity. At -45 kPa, the influence was limited due to extreme water stress. In the absence of *B. aryabhattai*, the best results were also observed under lower water deficit (- 15 kPa).

Keywords: *Glycine max*; yield; water stress; productivity.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	13
	2.1 Objetivos específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
	3.1 A cultura da soja	13
	3.2 Impactos climáticos	13
	3.3 Rizobactérias promotoras de crescimento	14
	3.4 Resposta da utilização de <i>Bacillus aryabhattai</i>	15
4	MATERIAL E MÉTODOS	15
	4.1 Características da cultivar de soja.....	16
	4.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	16
	4.3 Instalação e condução do experimento	17
	4.4 Curva de retenção de água no solo	18
	4.5 Avaliações realizadas.....	20
	4.6 Análise estatística	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6	CONCLUSÕES.....	28
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

Desde sua introdução no Brasil, a soja (*Glycine max*) tornou-se uma commodity de grande importância para a balança comercial brasileira. Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja (Mendes *et al.*, 2022). Na safra 2021/22, foram semeados 41.452 mil hectares de soja, que produziu 125,55 milhões de toneladas - decréscimo de 9,9% comparado à safra anterior, devido ao déficit hídrico em algumas regiões do país - alcançando uma produtividade média de 3.029 kg/ha (CONAB, 2022).

O déficit hídrico é o fator mais negativo que limita a produtividade da soja (Battisti, 2013). A produção agrícola é severamente impactada pelo déficit hídrico, pois este fator dificulta significativamente o crescimento das plantas. O déficit de água danifica o mecanismo fotossintético, altera a expressão gênica e, prejudica a síntese proteica necessária para seu desenvolvimento e, pode dificultar a abertura estomática, retardando o crescimento e a produção vegetal (Siddalingaswamy *et al.*, 2008).

A água possui um papel crucial na absorção de nutrientes do solo e no transporte desses nutrientes para diferentes partes da planta. Para resistir à falta de água, as plantas usam diferentes mecanismos de enfrentamento do estresse, como síntese de espécies reativas de oxigênio, produção de hormônios do estresse, como etileno e ácido abscísico, e mudanças na morfologia da raiz e do caule (Etesami *et al.*, 2015; Chiappero *et al.*, 2019; Bhat *et al.*, 2021).

Existem muitas pesquisas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias que promovem práticas agrícolas sustentáveis, e que favorecem o aumento da produtividade da cultura e maior tolerância ao déficit hídrico (Ali *et al.*, 2011; Ansary *et al.*, 2012; Zafar-Ul-Hye *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2017). É fundamental desenvolver métodos que possam aumentar os níveis de tolerância das plantas à seca, a fim de possibilitar um melhor crescimento e uma maior produção de grãos em cada safra.

Microrganismos benéficos do solo, como rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), produzem grandes quantidades de substâncias que favorecem o desenvolvimento das plantas (Camele *et al.*, 2019). Foram estudados os mecanismos de alguns microrganismos que podem ajudar as plantas a sobreviverem em ambientes extremos. Esses microrganismos apresentam características que permitem a indução de tolerância à seca em culturas de grande valor econômico (Kavamura *et al.*, 2013; Marulanda *et al.*, 2006).

Estudos evidenciaram o potencial de *B. aryabhatai* na promoção do crescimento e desenvolvimento das plantas, na melhoria da disponibilidade de nutrientes e no estímulo à

germinação de sementes e ao crescimento radicular. Além de contribuir para o aumento do rendimento das culturas, essa bactéria também demonstra potencial para o biocontrole de patógenos, auxiliando na redução da incidência de doenças em plantas. (Marulanda *et al.*, 2009; Harthmann *et al.*, 2010; Melo, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito potencial da inoculação de *B. aryabhattai* no desenvolvimento e desempenho produtivo de soja sob quatro regimes de irrigação.

2 OBJETIVO

Avaliar o potencial do *B. aryabhattai* em mitigar o estresse hídrico na produção da cultura da soja.

2.1 Objetivos específicos

Avaliar a capacidade de crescimento e desenvolvimento da soja em condições de estresse hídrico com a aplicação de *B. aryabhattai*.

Comparar a produção de soja com e sem a aplicação de *B. aryabhattai* em condições de estresse hídrico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a espécie da família Fabaceae com maior importância econômica cultivada no mundo, com uma produção global de mais de 358,2 milhões de toneladas em 2019 (Bagateli *et al.*, 2020). Trata-se de uma planta dicotiledônea, cujo crescimento se desdobra em duas fases distintas: uma vegetativa, que vai desde a semeadura até o florescimento, e outra reprodutiva, que abrange o período do florescimento até a colheita. Sua relevância deriva da sua composição química, caracterizada por um elevado teor proteico, o que a torna versátil para uma ampla gama de usos na indústria, bem como na alimentação tanto humana quanto animal (Cassel *et al.*, 2024).

3.2 Impactos climáticos

Vários elementos estão relacionados aos resultados produtivos das culturas

agrícolas, mas entre eles, três são prioritários: a constituição genética da planta, as condições ambientais do local onde está cultivada e a interação entre o genótipo e o ambiente (Tejo *et al.*, 2019).

Segundo a Conab (2024), a produção de grãos de soja para a safra 2023/24 será reduzida em cerca de 4,9 milhões de toneladas, caindo de 160,2 milhões de toneladas para 155,3 milhões de toneladas. Essa redução de produção é devido a uma estimativa menor de produtividade, causada por condições climáticas adversas nos principais estados produtores do Brasil.

A demanda por água da soja aumenta à medida que a planta cresce, atingindo seu pontomáximo durante o período de enchimento de grãos, chegando a aproximadamente 8 mm de água por dia. Déficits hídricos significativos, quando ocorrem durante o florescimento e/ou o enchimento de grãos (Tejo *et al.*, 2019). É de extrema importância garantir um abastecimento adequado de água às plantas, pois erros ou negligências nesse aspecto podem levar a baixos rendimentos na produção, tornando os cultivos economicamente inviáveis (Santos, 2016).

3.3 Rizobactérias promotoras de crescimento

A microflora do solo é composta por vários organismos que estabelecem diversas relações com as plantas superiores, que podem ser tanto prejudiciais quanto compensatórias às plantas. Um exemplo desses microrganismos benéficos são as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs). Em sua associação com as raízes de plantas, além de promover o crescimento de plantas em condições abióticas de estresse, as RPCPs atuam também como agentes de controle biológico de fitopatógenos através de diversos mecanismos. Esses são: a) de ação direta, que afeta diretamente o metabolismo da planta. Entre eles, podem ser citados: produção de fitohormônios como o ácido indol acético (AIA), giberelina, citocinina e etileno (Bashan; Holguin, 1997); solubilização de fosfatos; fixação de nitrogênio atmosférico; produção de sideróforos; b) indiretos, que necessitam a participação de processos metabólicos defensivos da planta. Alguns deles são: antibiose, competição, parasitismo, indução de resistência (Podile; Kishore, 2007).

Muitos gêneros de bactérias são classificados como RPCPs, dentre estas se destacam as bactérias diazotróficas dos gêneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, dentre outras (Baldani; Baldani, 2005; Fukami *et al.*, 2018). As bactérias do gênero *pseudomonas* são as mais abundantes de todos os microrganismos da rizosfera

(Hernandez, 2000) e, conseqüentemente, as mais amplamente estudadas. Contudo, as do gênero *Bacillus* possuem elevado potencial como inoculantes em plantas por serem de fácil utilização e capazes de sobreviver tanto em solo como armazenadas (Petras; Casida, 1985).

3.4 Resposta da utilização de *Bacillus aryabhattai*

A espécie *B. aryabhattai* foi isolada e identificada pela primeira vez de criotubos usados para coletar amostras de ar da estratosfera da Terra a uma altitude entre 27 e 41 km em 2009 (Shivaji *et al.*, 2009). É uma bactéria gram positiva, de formato bastonete, formação de endósporos, e com colônias de 5 a 8 mm de diâmetro. Desde então, algumas estirpes foram isoladas na rizosfera em vários lugares do mundo. A ação promotora de crescimento desta bactéria foi relatada inicialmente em *Xanthium italicum*, na Coreia do Sul (Lee *et al.*, 2012).

No Brasil, a bactéria promoveu o crescimento do milho sob estresse hídrico devido a sua capacidade de formar um biofilme e produção de exopolissacarídeos que protegem a planta contra o impacto da falta de água (Kavamura, 2012). Em estudos mais recentes, Park *et al.* (2017) demonstraram a promoção de crescimento em plantas de soja em condições de estresse térmico.

Em sua pesquisa, May *et al.* (2019) investigou como o *B. aryabhattai* pode mitigar a deficiência hídrica em mudas de cana-de-açúcar. Após concluir seu trabalho, foi possível constatar que o *B. aryabhattai* é um microrganismo osmotolerante eficaz para fortalecer a resistência das plantas de cana-de-açúcar ao estresse hídrico, sendo uma alternativa de baixo custo para plantações em terras marginais, onde a pluviosidade é limitante para o setor sucroenergético no Brasil.

A bactéria *B. aryabhattai* possui potencial na regulação hormonal e fisiológica da soja, atuando não apenas na rizosfera, mas em toda a planta, como precursora e reguladora de hormônios vegetais e compostos secundários.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Cristalina, localizado no município de Cristalina-GO. Com coordenadas geográficas 16°59'53,6"S e 47°38'31,3"W com altitude de 920 m. A

temperatura média máxima anual de 28,6°C; mínima anual de 16,85°C e a pluviosidade média anual é de 1.486,5 mm.

De acordo com a classificação climática, proposta por Köppen, o clima dominante na área é representativo da região dos cerrados, é do tipo o tropical quente subúmido (Aw). Caracteriza-se por duas estações bem definidas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno, e a outra úmida de verão, com chuvas que costumam ser muito fortes (Cardozo *et al.*, 2014).

Durante a condução do experimento foi instalado um termohigrômetro para obtenção de dados referente à temperatura e umidade relativa do ar, como consta na Tabela 1.

Tabela 1. Médias das temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar (UR) registradas durante a condução do experimento.

	Temperatura máxima	Temperatura mínima	UR máxima	UR mínima
Médias	°C		%	
	30,5	19,5	92,3	43,0

4.1 Características da cultivar de soja

Para a condução do experimento a cultivar de soja utilizada foi a HO CRISTALINO IPRO (83HO113 IPRO) da HO GENÉTICA. Dentre os pontos fortes da cultivar, destacam-se: arquitetura moderna de plantas; sistema radicular agressivo; elevado número de vagens. Pertence ao grupo de maturação (GM) 8.3, tem hábito de crescimento indeterminado, o peso de mil grãos é de 160 g, altura média de 95 cm, sua pubescência é marrom claro, possui flor roxa e seu hilo é preto, seu ciclo é 127 dias após plantio (DAP). Possui resistência ao cancro da haste e mancha olho-de-rã. A indicação de semeadura para o Leste Goiano é entre outubro e novembro, a população final é de cerca de 200-240 mil plantas ha⁻¹.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

A condição utilizada para condução do experimento foi em viveiro telado durante o ano agrícola de 2023/2024. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), segundo um esquema fatorial 4 x 2 com quatro repetições totalizando 32 parcelas. O primeiro fator foi composto por 4 níveis de tensão de água no solo, -15, -25, -35 e

-45 kPa, denominados T1, T2, T3 e T4 respectivamente, e tais tensões determinavam a definição do momento da irrigação, e os níveis do segundo fator foram compostos pela inoculação e não do *B. aryabhattai*, apresentados como CB e SB, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Delineamento experimental



Fonte: Própria autora (2024).

4.3 Instalação e condução do experimento

A unidade experimental foi composta por 1 vaso de 8 litros (8 dm³), na qual foram plantadas 3 sementes de soja por vaso, que após germinação foram desbastadas ficando apenas a plântula mais vigorosa. O solo empregado foi obtido na fazenda experimental do *Campus*, seguido por uma análise química (Tabela 2) para a correção da sua fertilidade.

Após obtenção do resultado da análise de solo, a correção deu-se com calcário dolomítico em cada unidade experimental (vaso). A adubação de base foi realizada uniformemente em todos os tratamentos, com a aplicação cloreto de potássio (KCl) como fonte de potássio e superfosfato simples, como fonte de fósforo, seguindo as recomendações de Ambrosano *et al.* (1997) e Souza e Lobato (2004).

A solução preparada para inoculação das sementes com *B. Aryabhattai* foi de 4 mL/kg de semente do inoculante com 5 mL de água, utilizando o inoculante líquido Auras® fruto da parceria Embrapa e NOOA, contendo a CEPA CMA 1363 com concentração de 1x10⁸ UFC/mL. Ademais, foi realizada a aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* via tratamento de sementes, conforme recomendação, visando a contribuição direta na fixação biológica de

nitrogênio. Para esse fim, foi utilizado o Rizokop®, que contém *Bradyrhizobium japonicum* CEPAS 5079 e 5080, com uma concentração mínima de 5×10^9 UFC/mL. A semeadura foi realizada no dia 19/11/2023 de maneira manual. A emergência das plântulas ocorreu no dia 24/11/2023, ou seja, 05 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 2. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0,0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento.

pH	M.O.	P	H + Al	K	Ca	Mg	CTC	V
CaCl ₂	dag kg ⁻¹	Mehlich	cmol _c dm ⁻³					%
5,20	3,30	7,20	3,49	0,24	3,10	1,10	7,93	56

Posteriormente todos os vasos foram preenchidos com a mesma massa de solo úmido peneirado (6.000 g) que correspondia a 5.602 g de solo seco considerando a umidade higroscópica de 7,1% base gravimétrica.

Para controle de pragas, foram realizadas aplicações dos inseticidas acefato (750 g/kg do i.a) nos dias 07, 18, 29/12/2023 e no dia 12/01/2024; diafentiurom (500 g/L do i.a) no dia 14/01/2024 e imidacloprido (200 g/L do i.a). Para o controle doenças foram utilizados os fungicidas trifloxistrobina + prothioconazol (150 + 175 g/L do i.a) nos dias 15/12/2023, 03 e 09/01/2024; difenoconazol (250 g/L do i.a) nos dias 22/01 e 29/03/2024, e hidróxido de cobre (538 g/kg) nos dias 31/01, 08 e 22/02/2024.

Nos dias 21/12/2023, 20/01 e 20/02/2024 foi aplicado, via foliar, um fertilizante mineral misto com as seguintes garantias: 0,5% de Co (6.85 g/L de Co); 0,1% de Mn (1.37 g/L de Mn); 10% de Mo (137 g/L de Mo).

4.4 Curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo da Fazenda Experimental do Instituto Federal Goiano - *Campus* Cristalina foi determinada no Laboratório Multidisciplinar de Agricultura Irrigada do Instituto Federal Goiano - *Campus* Cristalina (LAMAI). A metodologia para obtenção dos dados consistiu na saturação de vasos com um tensiômetro instalado, medições diárias da tensão de água no solo com tensímetro de punção e da massa total do solo utilizando balança de precisão durante a secagem natural do vaso. Os dados obtidos foram ajustados a equação de Van Genuchten (1980) utilizando a ferramenta SWRC Fit (Seki *et al.*,

2023). A equação da curva de retenção de água no solo ajustada apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 93,61%, sendo apresentada na Equação 1, fornecendo, assim, a umidade gravimétrica para cada carga de pressão (Tabela 3).

$$\mu = 0,04799 + \frac{0,42901 - 0,04799}{[1 + (0,2645 \cdot |h|)^{1,6334}]^{0,38778}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que as variáveis são:

μ - Umidade gravimétrica em função da carga de pressão (decimal);

h - Carga de pressão (sucção) (-kPa).

Tabela 3. Umidade gravimétrica do solo da Fazenda Experimental do IF Goiano - *Campus Cristalina* em função de diferentes cargas de pressão (sucção).

Umidade	Carga de pressão (sucção)	Umidade gravimétrica
Capacidade de campo	- 5 kPa	0,31
Crítica 1	- 15 kPa	0,201
Crítica 2	- 25 kPa	0,161
Crítica 3	- 35 kPa	0,140
Crítica 4	- 45 kPa	0,127

O manejo de irrigação foi realizado por gravimetria (pesagem) com balança com capacidade para 50 kg e precisão de 2 g. A gravimetria correspondia à tensão de água no solo referente aos tratamentos.

Ao longo do cultivo, a irrigação foi realizada diariamente de forma igualitária em todos os tratamentos afim de que o solo ficasse na condição de capacidade de campo (- 5 kPa), até o momento da aplicação das tensões. Segundo a Embrapa (2013), a disponibilidade de água é crucial em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação e emergência (4 a 5 dias) e floração (R2) e enchimento de grãos (R5). Dessa forma, déficits hídricos significativos durante a floração e o enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas na planta, como fechamento estomático e enrolamento de folhas, causando a queda prematura de

folhas e flores, além do abortamento de vagens. Essas alterações resultam, por fim, na redução do rendimento de grãos e comprometem a produtividade da cultura.

Sabendo disso, ao atingirem o primeiro dia dos estádios fenológicos R2, que ocorreu no dia 19/02/2024 (87 DAE) foi aplicado o déficit hídrico durante um período de 10 dias; e R5 que teve início no dia 11/03/2024 (108 DAE), foi aplicado novamente o déficit hídrico pelo mesmo período. Esses dois períodos tiveram o objetivo de compreender a resposta dos tratamentos anteriormente mencionados. No início da maturação, que ocorreu no dia 03/04/2024, a irrigação passou a ser realizada a cada 3 dias, sendo a última realizada no dia 18/04/2024.

4.5 Avaliações realizadas

a) Massa de matéria fresca e massa de matéria seca da parte aérea

Esta avaliação foi realizada ao final do ciclo, junto à última avaliação de crescimento de planta. Para tanto, a parte aérea foi cortada rente ao solo, foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão para medição da massa de matéria fresca, posteriormente foram colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, por 72 horas e pesadas para obtenção da massa de matéria seca.

b) Componentes de produção

- Número de vagens por planta

Para isto, foi realizada a coleta e a contagem das vagens de cada unidade experimental.

- Número de grãos

Foi estabelecido através da contagem dos grãos presentes em todas as vagens que foram coletadas.

- Número de grãos por vagem

Foi determinado mediante a relação entre o número de total de grãos por planta e o número total de vagens por planta.

- Massa de 100 grãos (g)

Foi avaliada através da pesagem, em cada unidade experimental, de amostras de 100 grãos cada uma. Os dados obtidos foram corrigidos para teor de 13% de umidade.

- Produtividade de grãos

Para esta avaliação, foi calculada a produtividade em kg ha^{-1} , para teor de umidade de 13%, considerando a população final da cultivar (240.000 plantas ha^{-1}) e o peso total dos grãos por unidade experimental.

4.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

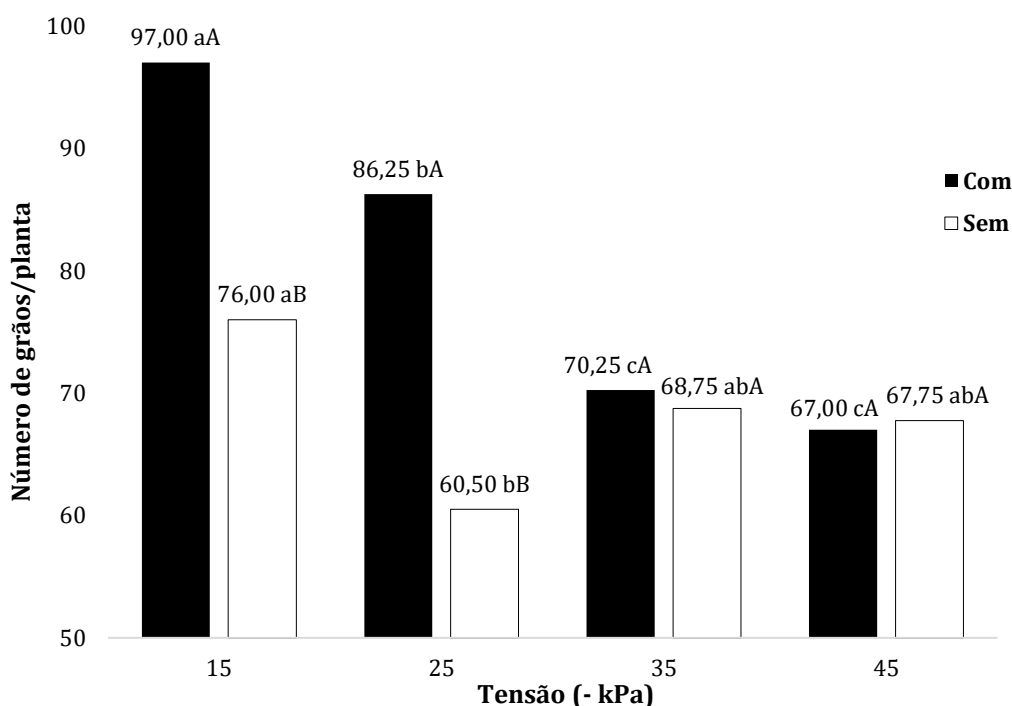
O presente estudo avaliou o impacto da presença de *B. aryabhatai* em diferentes variáveis relacionadas ao desenvolvimento e crescimento da soja sob especificidades hídricas. Dentre os componentes de produção analisados, foi possível observar interação entre os fatores que constituem os tratamentos, exceto na variável de número de grãos por vagem.

Para o número de grãos total, observou-se que, com a presença de *B. aryabhatai*, a tensão de -15 kPa se destacou em comparação com as demais tensões (Figura 2). Sem a presença da bactéria, a tensão de -15 kPa também promoveu uma maior quantidade de grãos, superando a tensão de -25 kPa, não apresentando diferenças significativas em relação às demais tensões de -35 e -45 kPa. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que tensões matriciais no solo mais próximas da tensão da capacidade de campo indicam maior disponibilidade de água para as plantas. Em condições de maior tensão, a água é retida no solo com menor intensidade, facilitando sua absorção pelas raízes e, consequentemente, promovendo o crescimento vegetal e o aumento na produção de grãos. Em conformidade, Barbosa *et al.* (2020) concluiu em sua pesquisa, que o déficit hídrico controlado, aplicado principalmente nas fases de floração e enchimento de grãos da cultura da soja, resultou em reduções significativas nos componentes produtivos, incluindo o número de vagens por planta, o número de grãos por planta e o potencial produtivo total da cultura.

Em condições de tensão de -15 e -25 kPa, a presença de *B. aryabhatai* proporcionou maior número de grãos de soja e número de vagens (Figura 3) em comparação com a ausência da bactéria. No entanto, em níveis mais elevados de estresse hídrico (-35 e -45 kPa), a

presença ou ausência de *B. aryabhattai* não apresentou impacto na quantidade de grãos produzidos e número de vagens. Em semelhança, no estudo realizado por Silva (2024), observou-se que o feijoeiro apresentou um maior número de vagens por planta quando cultivado na presença de bioinsumos, entre eles o *B. aryabhattai*, desde que não houvesse deficiência hídrica em nenhuma fase fenológica. Adicionalmente, o trabalho também constatou que a produtividade de grãos foi significativamente influenciada pela utilização de bioinsumos, sendo que os melhores resultados foram obtidos com a inoculação do *B. aryabhattai*.

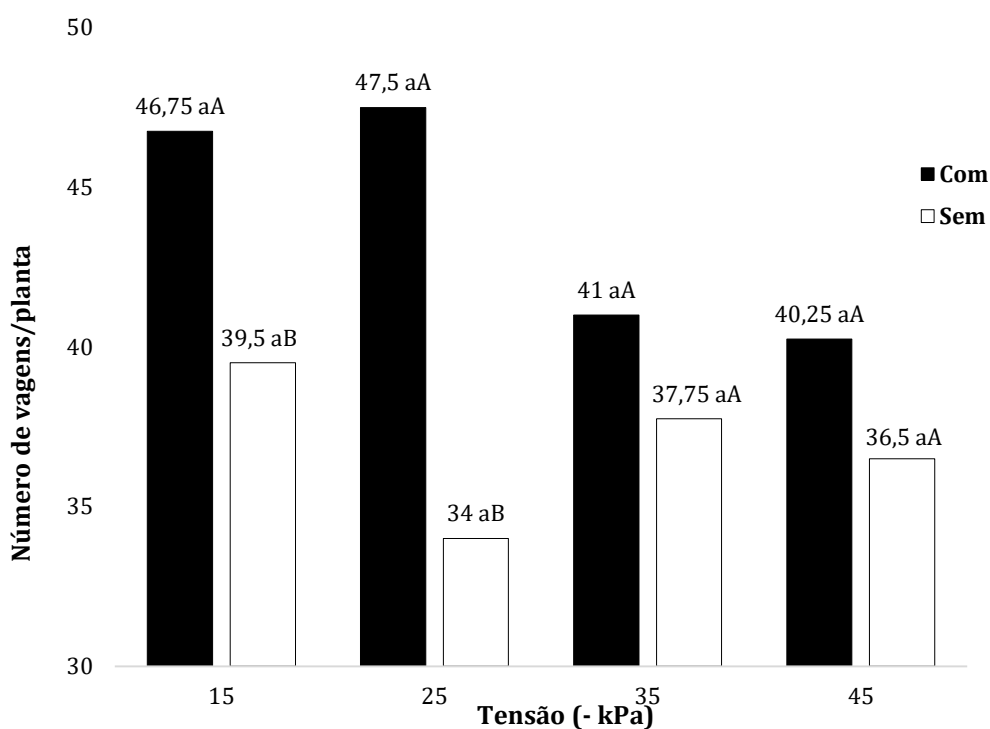
Figura 2. Número de grãos de soja por planta em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhattai*.



Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre diferentes tensões e letras maiúsculas entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

Na presença ou ausência da bactéria, não foram observadas diferenças significativas entre as tensões em relação ao número de vagens. Contudo, verificou-se um incremento numérico quando as plantas foram submetidas a um menor déficit hídrico, com valores variando entre 40,25 e 47,5 vagens na presença da bactéria, e entre 34 e 39,5 vagens na ausência da bactéria, conforme apresentado no Figura 3.

Figura 3. Número de vagens por planta em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhattai*.



Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre diferentes tensões e letras maiúsculas entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

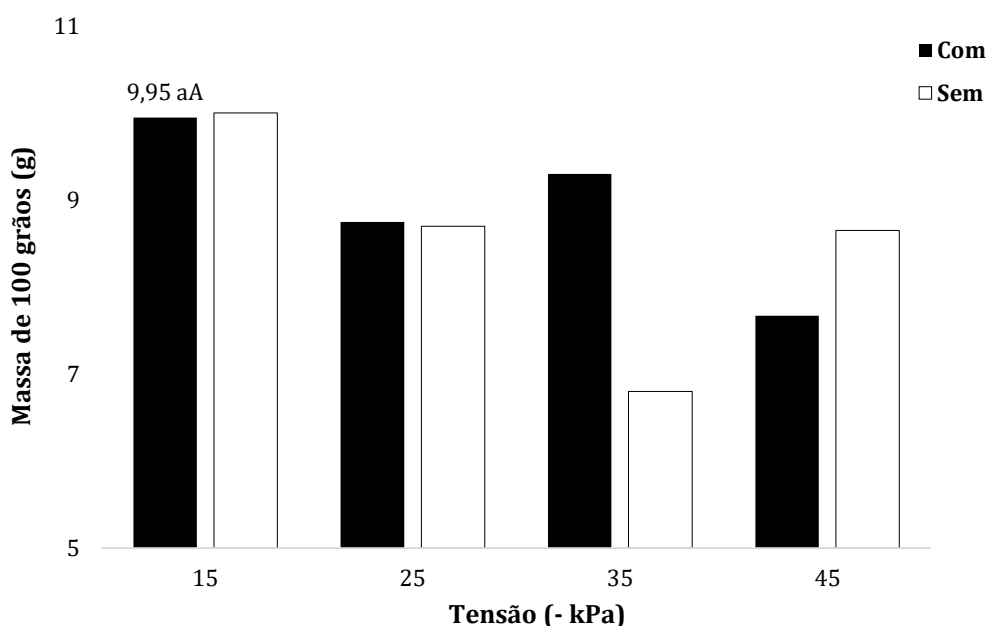
Para o parâmetro de massa de 100 grãos (Figura 4), foi observado que sem a presença do *B. aryabhattai* a tensão de -15 kPa se destacou. Com a presença da bactéria, as tensões de -15 e -35 kPa promoveu maior massa comparado a maior tensão (-45 kPa), mas não diferiram da tensão de -25 kPa. Resultado semelhante foi encontrado por Gava (2015), em sua pesquisa foi possível verificar que a ocorrência de déficit prejudicou a altura total das plantas, número de vagens por planta, número de grãos por planta, o peso de 100 grãos, afetando diretamente na produtividade.

Na tensão de -35 kPa, a presença da bactéria proporcionou maior massa de 100 grãos em comparação com a não aplicação da bactéria. Nas demais tensões, a presença ou ausência de *B. aryabhattai* não afetou significativamente essa variável. Um resultado semelhante foi achado por Fulaneti (2022), que, em seu trabalho, utilizando bactérias na coinoculação da cultura da soja, constatou que no experimento não irrigado o tratamento com a mistura de

todos os microrganismos obteve maior massa de mil grãos.

Comparando a mesma tensão sem a bactéria, o resultado foi inferior, o que fomenta os benefícios do uso do *B. aryabhatai* como forma de mitigar os efeitos do estresse hídrico na cultura soja. Fuga (2021), relata os benefícios desta rizobactéria, que atua diretamente no desenvolvimento das plantas, esta que promove um pacote de benefícios por meio de quatro vias, sendo elas: o desenvolvimento radicular, produção de substâncias que protegem e hidratam o sistema radicular (exopolissacarídeos), otimizam o uso de água pela planta e proporcionam a produção de ACC deaminase.

Figura 4. Massa de 100 grãos (g) em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhatai*.



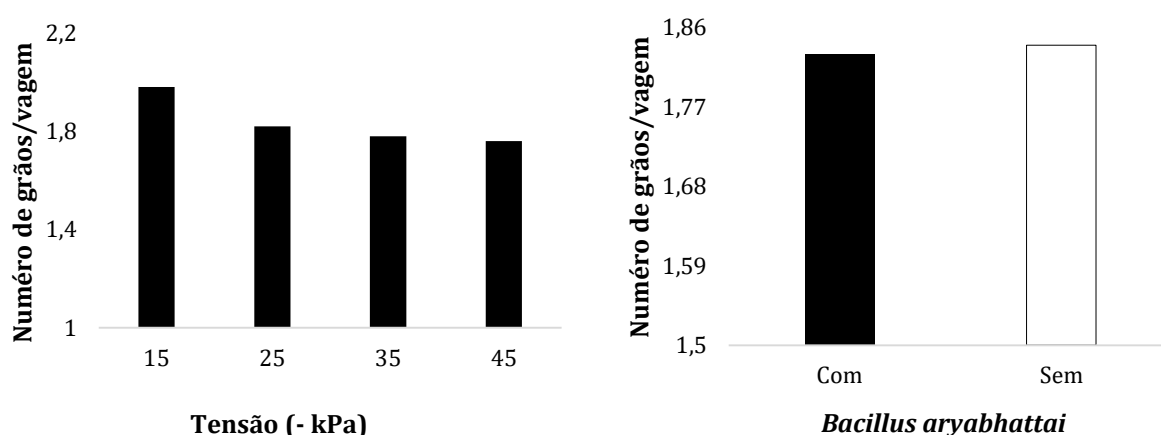
Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre diferentes tensões e letras maiúsculas entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

Em relação à variável número de grãos por vagem, não foram observadas interações significativas entre os fatores avaliados, tampouco efeitos isolados das tensões hídricas e do tratamento das sementes (Figura 5). Em discordância, Silva (2024) em seu trabalho, verificou que o número de grãos de vagens se diferenciou entre a irrigação com 100% durante todo o ciclo e com déficit de 50% durante todo o ciclo, sendo aproximadamente 11% maior em 100%TC.

O componente do rendimento número de grãos por vagem é fortemente influenciado

pelo fato de que a maioria das cultivares modernas são selecionadas para formar três óvulos por vagem (McBlain & Hume, 1981). Estresses abióticos, como déficit hídrico ou altas temperaturas durante as fases de floração e enchimento de grãos, podem reduzir a fertilização dos óvulos e causar abortamento de grãos, impactando diretamente essa variável, neste contexto, pode-se dizer, que a presença de *B. aryabhattai*, não foi capaz de minimizar os danos ocasionados pelo déficit hídrico.

Figura 5. Número de grãos por vagem em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhattai*.



Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre tensões e entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

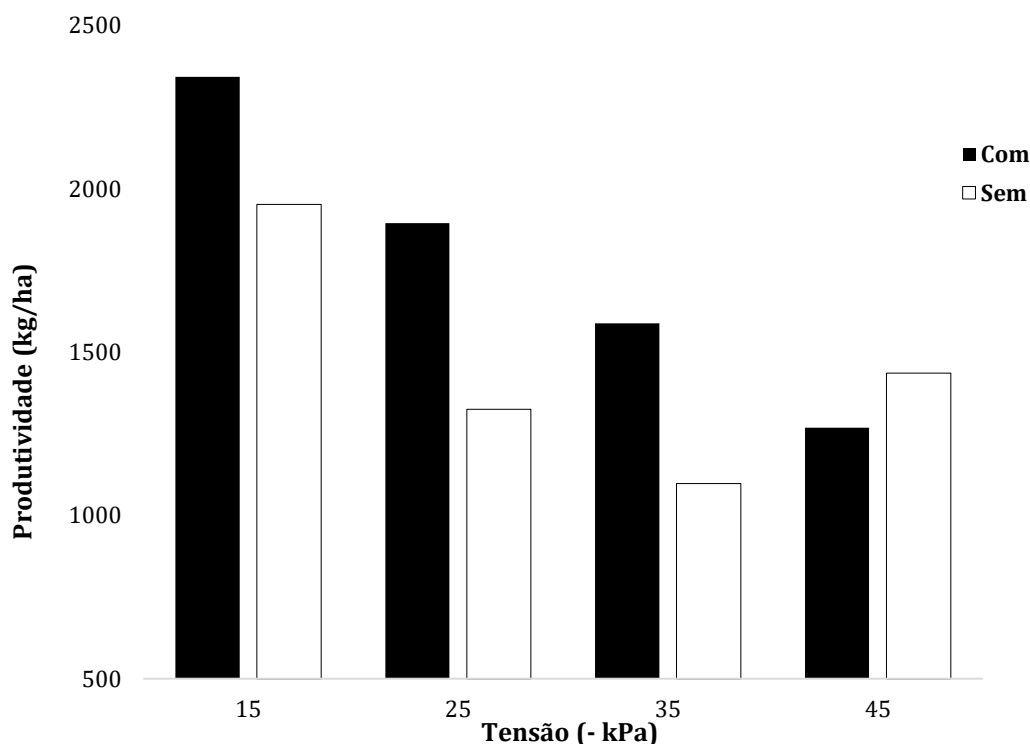
Com a presença de *B. aryabhattai*, a tensão de -15 kPa se sobressaiu em relação as tensões de -25 e -45 kPa no que tange a variável de produtividade (Figura 6), mas não diferiu significativamente em relação à tensão de -35 kPa. Este resultado pode ser fundamentado com base no equilíbrio entre a disponibilidade hídrica e os benefícios proporcionados pelas RPCP's. Na ausência da bactéria, o melhor desempenho foi observado na tensão de -15 kPa. Isto reflete a maior disponibilidade hídrica como o principal fator limitante para a produtividade. Em tensões mais elevadas, a limitação hídrica impacta negativamente o desenvolvimento das plantas, independentemente da ausência da rizobactéria. Em concordância, Gava *et al.* (2016), também chegou a essa conclusão, afirmando que a produtividade é afetada pela ocorrência de déficit hídrico no período fenológico que compreende entre a completa formação de vagens e formação da produção.

Nas tensões de -15, -25 e -35 kPa, a presença de *B. aryabhattai* proporcionou um aumento na produtividade. Uma hipótese é que uma maior disponibilidade de água no solo

cria condições favoráveis para que as plantas aproveitem os benefícios oferecidos pelas RPCP's, como *B. aryabhattai*. De acordo com Park *et al.* (2017), sob condições de déficit hídrico, *B. aryabhattai* percebe o estresse da planta e intensifica a produção de fitormônios, como ácido indolacético (AIA), ácido abscísico (ABA) e giberelinas, que ajudam no desenvolvimento vegetal. Além disso, a bactéria promove a expressão de genes associados à síntese desses fitormônios e à regulação estomática, contribuindo para a adaptação ao estresse hídrico.

Na tensão de -45 kPa, a produtividade não foi influenciada pela presença ou ausência da bactéria. Este resultado indica que, em um déficit hídrico severo, as plantas enfrentam limitações fisiológicas críticas, como fechamento estomático, redução da fotossíntese e menor transporte de nutrientes. Nessas condições, o impacto positivo dos microrganismos tende a ser reduzido, pois o estresse hídrico extremo pode limitar tanto a atividade metabólica das plantas quanto a dos microrganismos. Bhattacharyya *et al.* (2021) constatou que a composição da comunidade microbiana do solo está sendo alterada substancialmente devido à seca.

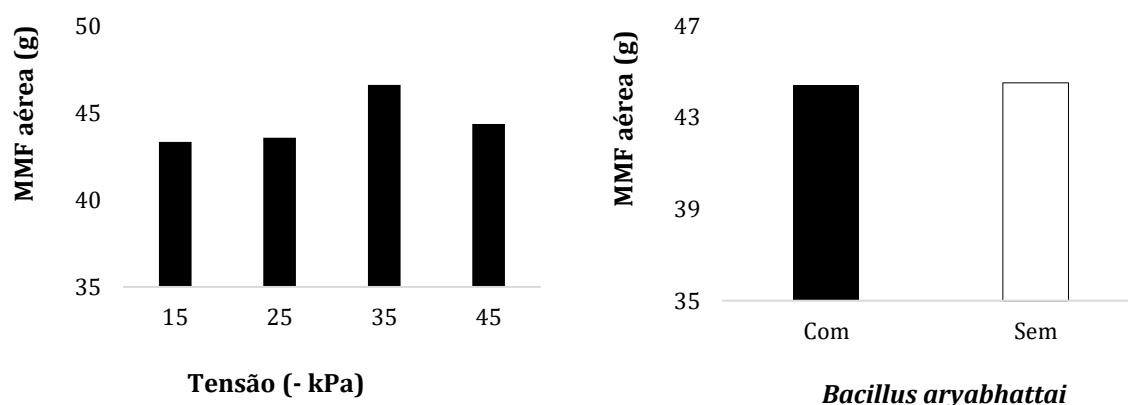
Figura 6. Produtividade (kg/ha) em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhattai*.



Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre diferentes tensões e letras maiúsculas entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

Para a variável de massa de matéria fresca (MMF) (Figura 7) não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Em seu trabalho, Silva e Silva (2023) também não encontraram diferenças significativas para matéria de massa fresca ao analisar o efeito do tratamento de sementes de soja com diferentes doses de produto à base de *B. aryabhattai*.

Figura 7. Massa de matéria fresca (g) em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhattai*.



Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre tensões e entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

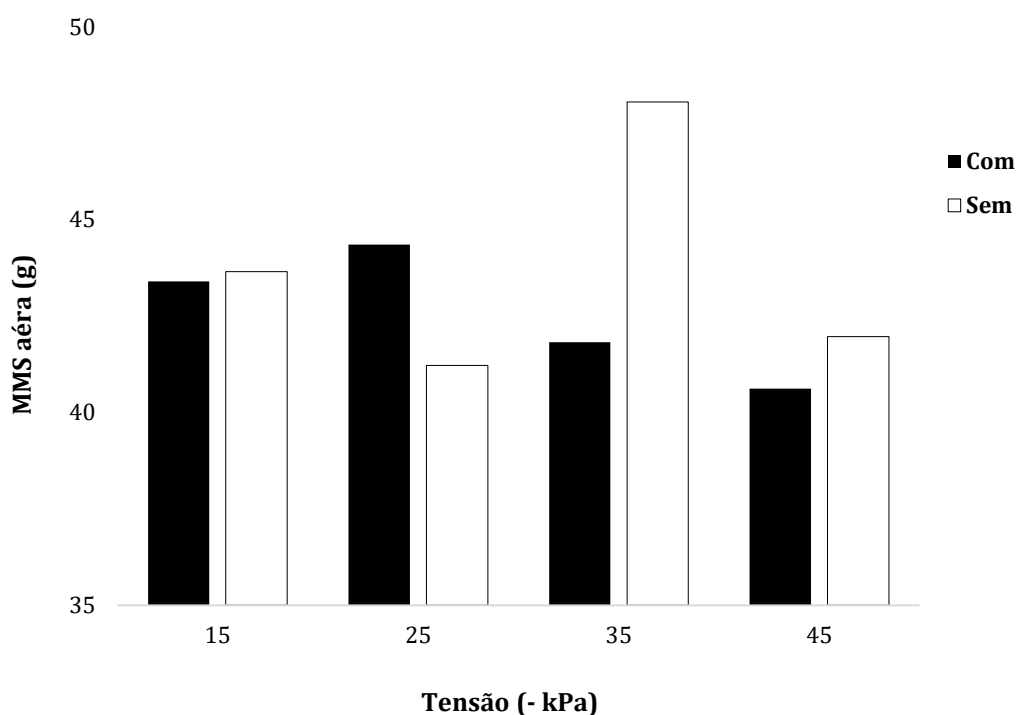
Para a massa de matéria seca (MMS) da parte aérea, foi observado interação entre os fatores para (Figura 8), no qual constatou que na presença de *B. aryabhattai* as tensões não apresentaram diferenças significativas. Isto pode sugerir que a bactéria contribuiu para a homeostase das plantas, mitigando os efeitos do déficit hídrico e estabilizando o acúmulo de biomassa. Em discordância do presente trabalho, May (2019) em sua pesquisa, observou que houve um incremento bastante importante na massa seca da parte aérea por planta avaliada nas duas cultivares estudadas, quando inoculadas com *B. aryabhattai*.

No entanto, na ausência de *B. aryabhattai* a tensão de -35 kPa se destacou em relação a de -25 kPa, mas não diferiu significativamente das demais (-15 e -45 kPa). Este resultado se opõe ao encontrado por Lobo (2021) que constatou que as plantas sem estresse apresentaram médias superiores às plantas que sofreram estresse por sete dias, observando uma diferença de 22,15%. Agostinetto *et al.* (2020) explica que, por conta do período de estresse hídrico, as plantas de soja apresentam uma redução na sua taxa fotossintética, o que por sua vez ocasiona uma redução na massa seca da parte aérea.

Quando submetido a tensão de -35 kPa, a ausência de *B. aryabhattai* promoveu maior

massa de matéria de massa seca da parte aérea, face a presença da bactéria. Nos casos restantes, a presença ou ausência do *B. aryabhattai* não demonstrou impacto significativo. Resultado contrário a este foi encontrado por Oliveira *et al.* (2021) em seu trabalho, no qual ele observou que a presença de *B. aryabhattai* na semente foi capaz de promover crescimento das plantas de feijoeiro sob capacidade de campo (CC) de 80%, incrementando em 24,8% o peso seco da parte aérea. Ainda, o mesmo efeito não foi observado nos tratamentos com fornecimento reduzido de água (CC de 30 e 50%), ou seja, a bactéria não foi capaz de promover crescimento de plantas nessas condições.

Figura 8. Massa de matéria seca (g) em função das diferentes tensões aplicadas e a inoculação de sementes com *B. aryabhattai*.



Valores seguidos de letras minúsculas iguais entre diferentes tensões e letras maiúsculas entre presença ou ausência de bactéria não diferem estatisticamente segundo teste de Tukey (0,05).

6 CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a presença de *B. aryabhattai* beneficiou o desenvolvimento da soja principalmente em condições de menor déficit hídrico (-15 e -25 kPa), resultando, ao final do ciclo, em uma maior produtividade. Em tensões intermediárias (-35 kPa), os efeitos da bactéria foram menos expressivos, enquanto em condições severas de estresse hídrico (-45

kPa), sua influência foi limitada, indicando que a restrição hídrica extrema compromete tanto o metabolismo da planta quanto a atuação da bactéria.

Na ausência de *B. aryabhattai*, os melhores resultados também foram observados sob menor déficit hídrico, reforçando que a disponibilidade de água é um fator determinante para o desempenho da cultura.

Assim, a inoculação com *B. aryabhattai* se mostrou uma estratégia promissora para mitigar os efeitos do estresse hídrico, desde que haja uma quantidade mínima de água disponível no solo para que seus benefícios sejam efetivos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D. S.; VARGAS, A. A. M.; VARGAS, L. Water deficit and plant recovery affect interaction between soybean and slender amaranth. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.15, n.4, p.1-9, 2020.
- ALI, S. K. Z.; SANDHYA, V.; GROVER, M.; RAO, L. V.; VENKATESWARLU, B. Effect of inoculation with a thermos tolerant plant growth promoting *Pseudomonas putida* strain AKMP7 on growth of wheat (*Triticum* spp.) under heat stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 6, n. 4, p. 239-246, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2010.545147>.
- ANSARY, M. H.; RAHMANI, H. A.; ARDAKANI, M. R.; PAKNEJAD, F.; HABIBI, D.; MAFAKHERI, S. Effect of *Pseudomonas* fluorescent on proline and phytohormonal status of maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. **Annals of Biological Research**, v. 3, n. 2, p. 1054-1062, 2012.
- ATTI, S.; BONNELL, R.; PRASHER, S.; SMITH, D.L. Response of soybean {*Glycine max* (L.) Merr.} under chronic water deficit to lco application during flowering and pod fillingy. **Irrigation and Drainage**, v.54, p.15-30, 2005.
- BAGATELI, Jr.; FRANCO, JJ; MENEGHELLO, GE; VILLELA, FA. Vigor de sementes e densidade populacional: reflexos na morfologia de plantas e produtividade da soja / Vigor de sementes e densidade populacional: reflexos na morfologia vegetal e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.]. v. 6, pág. 38686–38718, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-422. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11842>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 549–579, set. 2005.
- BARBOSA, J. R.; FILHO, J. V. P.; OLIVEIRA, V. M. de; SOUSA, G. G. de; GOES, G. F.; LEITE, K. N. Produtividade da Cultura da Soja Irrigada com Déficit Hídrico Regulado no Cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.14, nº. 4, 2020, p. 4200 – 4210.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum-plant relationships: Environmental and physiological advances. **Can. J. Microbiol.**, v.43, p.103-121, 1997.

BATTISTI, Rafael. **Épocas de semeadura da cultura da soja com base no risco climático e na rentabilidade líquida para as principais regiões produtoras do Brasil**. 2013.

Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-27032013-131425/>. Acesso em: 30 abr. 2023.

BHAT, M. A.; MIR, R. A.; KUMAR, V.; SHAH, A. A.; ZARGAR, S. M.; RAHMAN, S.; JAN, A. T. Mechanistic insights of CRISPR/Casmediated genome editing towards enhancing abiotic stress tolerance in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1255-1268, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.13359>.

BHATTACHARYYA, A., PABLO, C. H. D., MAVRODI, O. V., WELLER, D. M., Thomashow, L. S., & Mavrodi, D. V. (2021). Rhizosphere plant-microbe interactions under water stress. **Advances in applied microbiology**, 115, 65–113. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2021.03.001>.

CAMELE, I.; ELSHAFIE, H. S.; CAPUTO, L.; SAKR, S. H.; DE FEO, V. *Bacillus mojavensis*: biofilm formation and biochemical investigation of its bioactive metabolites.

Journal of Biological Research, v. 92, n. 1, article 8296, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.4081/jbr.2019.8296>.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, J.R. 2014. **Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal**. *Acta Geográfica*, 8(16): 40-55.

CASSEL, JL; ROTEIRO, GM; MALDANER, BA; LUDWIG, RL; PIMENTA, BD; SANTOS, DB dos. Morfologia e rendimento de cultivares de soja precoces sob níveis de desfolha. **Contribuciones a las ciencias sociales**, [S. l.] , v. 3, pág. e5686, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.3-098. Disponível em:

<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5686> . Acesso em: 20 abr. 2024.

CHIAPPERO, J.; DEL ROSARIO CAPPELLARI, L.; ALDERETE, L. G. S.; PALERMO, T. B.; BANCHIO, E. Plant growth-promoting rhizobacteria improve the antioxidant status in *Mentha piperita* grown under drought stress leading to an enhancement of plant growth and total phenolic content. **Industrial Crops and Products**, v. 139, article 111553, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111553>.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**, v.11 – safra 2023/24, n°4, p. 75 – Quarto levantamento. Janeiro 2024.

Disponível em:

https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/51274_e40f1bba791d27a4c67a29c5f29781ff. Acesso em: 20 abr. 2024.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**, v. 9 - safra 2021/22, n° 12, p. 63 – Décimo segundo levantamento. Setembro 2022. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/44171_1d9f893d78f593b07d41887104acc43f. Acesso em: 30 de abril de 2022.

DAVIES, W.J. and ZHANG, J.H. (1991) Root Signals and the Regulation of Growth and

Development of Plants in Drying Soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 42, 55-76. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pp.42.060191.000415> > Acesso em: 30 nov. 2024.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil. Londrina. 2013. 266 p. (Embrapa soja, Sistema de Produção, 16) ISSN 2176-2902. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf> Acesso em: 5 jun. 2024.

ETESAMI, H.; ALIKHANI, H. A.; HOSSEINI, H. M. Indole-3-acetic acid and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase: bacterial traits required in rhizosphere, rhizoplane and/or endophytic competence by beneficial bacteria. In: MAHESHWARI, D. K. (ed.). **Bacterial metabolites in sustainable agroecosystem**. Cham: Springer, 2015. p. 183-258. (Sustainable Development and Biodiversity, v. 12).

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

FUGA, C. **Pesquisa e desenvolvimento Noaa Brasil, AURAS**. Quarto Centenário, PR, 20 ago. 2021, p. 27. Acesso em: 25 nov. 2024.

FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M. Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express**, v. 8, article 73, 2018. DOI:
<https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>.

FULANETI, S, F. **Opções de bactérias na coinoculação na cultura da soja**. Universidade Federal de Santa Maria, p. 44-47, 2022. Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/25956/DIS_PPGAGRONOMIA_2022_FULANETI_FERNANDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 25 nov. 2023.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M. de; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. V. 10(3), p.305-315, 2016.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, 2015, p.349-359.

HARTHMANN, O. E. L.; MÓGOR, A. F.; WORDELL FILHO, J. A. & DA LUZ, W. C. (2010) - Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, vol. 40, n. 2, p. 462-465. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000256>. Acesso em: 08 fev. 2025.

HERNANDEZ, A. Características de géneros asociados a los cultivos de gerbera y clavel. **Cultivos Tropicales**, Havana, v. 21, n. 3, p. 15-18, 2000.

KAVAMURA, V. N.; TAKETANI, R. G.; LANCONI, M. D.; ANDREOTE, F. D.; MENDES, R.; MELO, I. S. Water regime influences bulk soil and rhizosphere of *Cereus jamaru* bacterial communities in the Brazilian Caatinga biome. **PloS ONE**, 2013.

KAVAMURA, Vanessa Nessner. **Bactérias associadas às cactáceas da Caatinga**: promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico. 2012. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. doi:10.11606/T.11.2012.tde-25102012-095956. Acesso em: 28 abr. 2024

LOBO, ANTONIO LUCAS AGUIAR. **Crescimento e desempenho fisiológico de cultivares de soja submetidas ao déficit hídrico severo**. 2021. 51f. Monografia (Graduação em

Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MARULANDA, A.; BAREA, J.M.; AZCÓN, R. An indigenous drought-tolerant strain of *Glomus intraradices* associates with a native bacterium improves water transport and root development in *Retama sphaerocarpa*. **Microbial Ecology**, New York, v. 52, p. 670-678, 2006.

MARULANDA, A., BAREA, JM. & AZCÓN, R. Estimulação do crescimento de plantas e tolerância à seca por microrganismos nativos (AM Fungi e bactérias) de ambientes secos: mecanismos relacionados à eficácia bacteriana. **Journal Plant Growth Regulation**, vol 28, 115–124 (2009). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9079-6>. Acesso em: 08 fev 2024.

MAY, André *et al.* Promoção de crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com *Bacillus aryabhattai* em diferentes frequências de irrigação. Jaguariúna, SP: **Embrapa Meio Ambiente**. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1107857/1/boletim80Andre.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2024.

McBLAIN, B. A.; HUME, D. J. Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 499-505, July 1981.

MELO, I. S. DE (2015) - Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: Melo, I.S. de & Azevedo, J.L. de (Eds.) - **Ecologia microbiana**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, p. 87- 116.

MENDES, W. D.; SOBRINHO, C. A. M.; MARTINS, W. S.; MURAISHI, C. T.; SOUZA, M. P. de; ADAMS, G. S. ; SILVA, I. M. da .; OLIVEIRA, A. G. de .; PEREIRA, D. D. .; CARVALHO, L. C. de . The effect of phosphorus solubilizing bacteria on soybean cultivation in Brazil: a literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 16, p. e65111637828, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i16.37828. Disponível em: < <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/37828> >. Acesso em: 30 apr. 2023.

OLIVEIRA, SAULO LUCAS *et al.* Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo. **Revista do Comeia**, v. 2, n. 1, p. 6-13, 2021. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/revistadocomeia/article/view/1633/2804>. Acesso em: 29 nov. 2024.

PARK, Y. G.; MUN, B. G.; KANG, S. M.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C. W.; KIM, A. Y.; LEE, S. U.; OH, K. Y.; LEE, D. Y.; LEE, I. J.; YUN, B. W. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS ONE**, v. 12, n. 3, e0173203, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173203>.

SANTOS, DB dos. Morfologia e rendimento de cultivares de soja precoces sob níveis de desfolha. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 3, pág. e5686, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.3-098. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5686> . Acesso em: 20abr. 2024.

SEKI, K., TORIDE, N., VAN GENUCHTEN, M. T. Evaluation of a general model for multimodal unsaturated soil hydraulic properties. **Journal of Hydrology and**

Hydromechanics, n. 71, v.1, p. 22-34, 2023. <https://doi.org/10.2478/johh-2022-0039>.

SIDDALINGASWAMY, N.; BONGALE, U.D.; BANDI, A.G.; NARAYANAGOWDA, S.N. Studies on water requirements and water use efficiency at different methods and levels of irrigation in mulberry. **Sericologia**, Oxford, v. 48, n. 4, p. 433-439, 2008.

SILVA, G. F. **Microrganismos para redução dos efeitos do estresse hídrico na cultura do feijão**. Relatório de estágio (Estágio pós-doutoramento) Tupã: Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2024. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/256985> . Acesso em 25 nov. 2024.

SILVA, P. C. I.; SILVA, F. W. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhattai*. **Cerrado Agrociências**, v. 14, p. 46-55, 2023. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/cerradoagrociencias/article/view/5149/3060>. Acesso em: 29 nov. 2024.

SOUSA, D.M.G. AND LOBATO, E. (2004) Cerrado: Correção do solo e adubação. 2th Edition, **Embrapa Informacao Tecnológica**/Embrapa-CPA, Brasília, 416 p.

VAN GENUCHTEN, M. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci.** 44, 5, 892-898, 1980. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>.

ZAFAR-UL-HYE, M.; FAROOQ, M. H.; ZAHIR, Z. F.; HUSSAIN, M.; HUSSAIN, A. Application of ACC-deaminase containing rhizobacteria with fertilizer improves maize production under drought and salinity stress. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 16, n. 3, p. 591-596, 2014.