

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES**  
**BACHARELADO EM AGRONOMIA**  
**ROMILDO RÊGO SACRAMENTO JÚNIOR**

**ANÁLISE VEGETATIVA DA SOJA EM RESPOSTA A INOCULAÇÃO DE  
BACTÉRIAS HIDROCAPACITADORAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

**CERES – GO**

**2024**

**ROMILDO RÊGO SACRAMENTO JÚNIOR**

**ANÁLISE VEGETATIVA DA SOJA EM RESPOSTA A INOCULAÇÃO DE  
BACTÉRIAS HIDROCAPACITADORAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação da Prof. Dra. Mônica Lau da Silva Marques.

**CERES – GO  
2024**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SSA123 Sacramento Júnior, Romildo Rêgo  
a Análise vegetativa da soja em resposta a  
inoculação de bactérias hidrocacitadoras sob déficit  
hídrico / Romildo Rêgo Sacramento Júnior; orientadora  
Mônica Lau da Silva Marques. -- Ceres, 2024.  
28 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Ceres, 2024.

1. Glycine max. 2. Estresse hídrico. 3. Inoculação.  
4. Microrganismos. 5. Sustentável. I. Lau da Silva  
Marques, Mônica, orient. II. Título.



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

### 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 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

#### Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Romildo Rêgo Sacramento Júnior

Matrícula: 2018203200240022

Título do Trabalho: Análise vegetativa da soja em resposta a inoculação de bactérias hidrocapacitadoras sob déficit hídrico.

#### Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:

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;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, 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;
- 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.

Ceres, 10 de julho de 2024.

*Assinatura eletrônica do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais*

Ciente e de acordo:

*Assinatura eletrônica do orientador*

Documento assinado eletronicamente por:

- Romildo Rêgo Sacramento Junior, 2018203200240022 - Discente, em 10/07/2024 22:39:56.
- Monica Lau da Silva Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/07/2024 18:18:45.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/07/2024. 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: 613956  
Código de Autenticação: 90d1268ffc



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Ceres  
Rodovia GO-154, Km 03, SN, Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000  
(62) 3307-7100

#### ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 08 dia(s) do mês de julho do ano de dois mil e vinte e quatro, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Romildo Rêgo Sacramento Junior, do Curso de Bacharelado em Agronomia matrícula 2018203200240022 cujo título é "Análise vegetativa da soja em resposta a inoculação de bactérias hidrocapacitadoras sob déficit hídrico". A defesa iniciou-se às 14 horas e 43 minutos, finalizando-se às 15 horas e 03 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho aprovado com média 8,4 no trabalho escrito, média 8,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 8,0 de **pontos**, estando o(a) estudante apto para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

Mônica Leau da Silva Marques

*Assinatura Presidente da Banca*

Renata de Castro M. Carvalho

*Assinatura Membro 1 Banca Examinadora*

Amálgama Camargo

*Assinatura Membro 2 Banca Examinadora*

*Dedico este trabalho à minha família que é o meu porto seguro e sempre me apoiou em meus estudos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por essa oportunidade, por ter me dado tudo o que foi necessário durante os anos de estudo.

Agradeço também ao meu pai Romildo Rêgo e a minha mãe Rosângela Sacramento por todo apoio durante a faculdade, por cada bronca e por cada repreensão que me fez chegar até aqui. Agradeço também a minha irmã e parceira Rosana Sacramento, por toda ajuda e apoio durante essa caminhada.

Agradeço aos bons e velhos amigos que me acolheram em Ceres nessa longa caminhada.

Agradeço a professora Dra. Mônica Lau, por todo suporte e paciência em me ajudar no desenvolvimento desse trabalho.

E por último e não menos importante, agradeço ao Instituto Federal Goiano Campus Ceres, por me proporcionar um ensino de qualidade, que terá importância significativa na minha vida profissional.

A todos, o meu muito obrigado.

*“Vede o agricultor: ele aguarda com paciência o precioso fruto da terra, e fica firme até o cair da chuva”.*

*Tiago 5:7*

## RESUMO

A soja, com nome científico *Glycine max* L., é uma leguminosa de grande importância econômica para o Brasil, que é o principal produtor e exportador mundial deste cereal. A safra de soja 2022/2023 alcançou uma produção recorde de 322,8 milhões de toneladas, enquanto a safra 2023/2024 deve cair para 306,4 milhões de toneladas, uma redução de 5,08%, devido ao fenômeno climático “El Niño”, que causou atraso e diminuição das chuvas. A escassez de água tornou-se uma preocupação crescente para os produtores de soja, especialmente em áreas suscetíveis às condições climáticas extremas. Para mitigar esses efeitos, uma alternativa de baixo custo que tem se mostrado eficaz é a associação de microrganismos promotores de crescimento e hidrocapacitadores, como as bactérias do gênero *Bacillus* spp. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com bactérias hidrocapacitadoras no desenvolvimento vegetativo da cultura da soja sob déficit hídrico. O experimento contou com quatro tratamentos: Semente Inoculada Irrigada, Semente Não Inoculada Irrigada, Semente Inoculada Sem Irrigação e Semente Não Inoculada Sem Irrigação. O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados com seis repetições. Avaliou-se o comprimento de raiz, número de nós, número de folhas, número de Flores/canivetes e altura de plantas. O formulado comercial contendo as bactérias (*Bacillus aryabhathai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*) incrementou positivamente o desenvolvimento vegetativo das plantas no aumentando do comprimento das raízes, número de nós, número de flores/canivetes, altura da planta e a massa seca da cultivar CZ37B31I2X.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L., Estresse hídrico, Inoculação, Microrganismos, Sustentável.

## ABSTRACT

Soybeans, with the scientific name *Glycine max* L., are a legume of great economic importance for Brazil, which is the world's main producer and exporter of this cereal. The 2022/2023 soybean harvest reached a record production of 322.8 million tons, while the 2023/2024 harvest is expected to fall to 306.4 million tons, a reduction of 5.08 percent, due to the climate phenomenon "El Niño ", which caused a delay and decrease in rainfall. Water scarcity has become a growing concern for soybean producers, especially in areas susceptible to extreme weather conditions. To mitigate these effects, a low-cost alternative that has proven to be effective is the association of growth-promoting and water-capacitating microorganisms, such as bacteria of the genus *Bacillus* spp. Therefore, the objective was to evaluate the effect of inoculation with water-capacitating bacteria on the vegetative development of soybean crops under water deficit. The experiment had four treatments: Inoculated Irrigated Seed, Non-inoculated Irrigated Seed, Inoculated Seed Without Irrigation and Non-inoculated Seed Without Irrigation. The experimental design was in Randomized Blocks with six replications. Root length, number of nodes, number of leaves, number of flowers/knives and plant height were evaluated. The commercial formula containing bacteria (*Bacillus aryabhathai*, *Bacillus circulans* and *Bacillus haynesii*) positively increased the vegetative development of plants by increasing root length, number of nodes, number of flowers/knives, plant height and dry mass of cultivar CZ37B31I2X.

**Keywords:** *Glycine max* L., Water stress, Inoculation, Microorganisms, Sustainable.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Cultivar utilizada com tratamento de sementes industrial (TSI) .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2 - Croqui do experimento .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 3 - Materiais utilizados para realizar a inoculação das sementes .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4 - Linha de plantio das sementes das sojas nas bandejas .....</b>	<b>10</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância para sementes de soja, Confresa, MT, 2024.....	12
Tabela 2 - Comprimento de raiz da soja (CR), Confresa, MT, 2024.....	13
Tabela 3 - Avaliação do número de nós em soja (NN), Confresa, MT, 2024.....	14
Tabela 4 - Número de folhas da soja (NF), Confresa, MT, 2024.....	16
Tabela 5 - Número de canivetes da soja (NC), Confresa, MT, 2024.....	18
Tabela 6 - Altura de plantas da soja (AP), Confresa, MT, 2024.....	19
Tabela 7 - Massa seca de plantas da soja (MSP), Confresa, MT, 2024. ....	20

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - Comprimento de raízes de soja.....</b>	<b>14</b>
<b>Gráfico 2 - Números de nós da soja em diferentes tratamentos.....</b>	<b>15</b>
<b>Gráfico 3 - Número de folhas da soja em diferentes tratamentos.....</b>	<b>17</b>
<b>Gráfico 4 - Número de canivetes da soja em diferentes tratamentos.....</b>	<b>18</b>
<b>Gráfico 5 - Altura de plantas da soja em diferentes tratamentos.....</b>	<b>20</b>
<b>Gráfico 6 - Massa seca de plantas da soja em diferentes tratamentos .....</b>	<b>21</b>

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.2 Importância da soja no agronegócio brasileiro.....	4
2.3 Fatores que influenciam a cultura da soja.....	4
2.4 Estresse hídrico .....	5
2.5 Bactérias promotoras de crescimento de plantas .....	6
2.6 <i>Bacillus aryabhattai</i> , <i>Bacillus haynesii</i> e o <i>Bacillus circulans</i> .....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
5. CONCLUSÃO.....	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma leguminosa, de nome científico *Glycine Max* L., que tem a raiz pivotante, que, no caso, é constituída por uma raiz principal bem desenvolvida, seguindo de raízes secundárias, que são as raízes laterais, formando as ramificações (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2000). Cultura cujo centro origem é atribuída ao continente asiático. A mesma cultura resulta hoje na evolução de diversos estudos, com processos de melhoramento genético (GAZZONI, 2018). A soja é um dos cereais mais cultivados no mundo. O Brasil é o principal produtor e exportador deste cereal, pois o farelo, o óleo e seus derivados são amplamente utilizados na nutrição humana e animal, é também uma importante fonte na produção de biodiesel, portanto o cultivo da soja é de grande importância econômica para o país. A safra soja 22/23 teve uma produção estimada em 322,8 milhões de toneladas, tornando-se uma safra recorde no Brasil, já a safra soja 23/24 não deve chegar a 306,4 milhões de toneladas, queda de aproximadamente 5,08% referente à safra passada (CONAB, 2024). Essa perda se dá devido ao fenômeno climático que atingiu o país, *El niño*.

O *El niño* é a anomalia positiva na temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, junto à Costa Oeste da América do Sul, que perturba o padrão de circulação atmosférica, assim mudando o regime de chuvas das regiões brasileiras, diminuindo a sua incidência no centro do país e aumentando o volume de chuvas na região sul do país (CUNHA, 2000).

A escassez de água tornou-se uma preocupação crescente para os produtores de soja, especialmente em áreas suscetíveis às condições climáticas extremas. Estudos recentes como o de Silva et al. (2018) e Ferreira et al. (2021), destacaram o impacto negativo do estresse hídrico na produtividade e qualidade da soja. Além disso, o estudo de Oliveira et al. (2016) e Santos et al. (2020) destacaram os efeitos do estresse hídrico na fisiologia das plantas, incluindo redução das taxas fotossintéticas e alterações no desenvolvimento das raízes. As estratégias de gestão da água, tais como a utilização de variedades mais tolerantes à seca e práticas de irrigação eficientes, estão a tornarem-se cada vez mais importantes para mitigar os impactos negativos do stress hídrico na produção de soja.

Boa parte da oscilação da produção da soja, no Brasil, é devido a longos períodos de estiagem. A nível mundial essa oscilação gira em torno de 50% (WANG et al., 2003). Diante desse quadro, os produtores de soja, no Brasil, precisam inovar para conseguir vencer as adversidades climáticas e assim produzir em anos difíceis. Uma das alternativas, de baixo custo, que tem apresentado bons resultados para suavizar a consequência da limitação hídrica é a associação de microrganismos promotores de crescimento e hidrocapacitadores. Os resultados apontados por Silva (2019) mostraram que a inoculação de bactérias do gênero *Bacillus* com a cultura da soja reduziu os efeitos provocados pela estiagem.

Espécies de *Bacillus* spp., têm demonstrado eficácia em simbioses com plantas, principalmente quando infectadas por microrganismos patogênicos, proporcionando controle biológico. Além disso, este gênero, isoladamente ou em combinação com outras bactérias promotoras de crescimento, tem demonstrado eficácia na redução dos efeitos do stress nas plantas, auxiliando o metabolismo das plantas e aumentando os níveis de fitormônios no organismo vegetal (MARIANO et al., 2013; RODRIGUES, 2019; KUMAR et al., 2016; KIM et al., 2017).

Posto isto, pode-se perceber a real importância de aprender a contornar as adversidades produtivas, já que a cultura da soja implica diretamente na economia do país. Com o avanço da biotecnologia, essas bactérias, que são próprias do solo, são multiplicadas em laboratórios e utilizadas em diversas culturas, reduzindo o uso de agroquímicos e tornando-se uma alternativa sustentável. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com bactérias hidrocapacitadoras na cultura da soja em seu desenvolvimento vegetativo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da Soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta dicotiledônea da família Fabaceae, amplamente cultivada em todo o mundo devido ao seu alto valor econômico e nutricional. A morfologia da soja é caracterizada por uma série de traços distintivos que influenciam seu crescimento, desenvolvimento e produção. As principais partes da planta incluem raiz, caule, folhas, flores e vagens. As raízes da soja apresentam um sistema radicular pivotante, com uma raiz primária que se desenvolve a partir do embrião, dando origem a raízes laterais que exploram o solo em busca de água e nutrientes (LYNCH, 2013).

O caule da soja é ereto e pode variar em altura de acordo com o genótipo e as condições de crescimento, sendo geralmente ramificado na base. A raiz da planta de soja é pivotante, penetrando profundamente no solo em busca de água e nutrientes. Ela é responsável pela absorção de água e nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta. As raízes também desempenham um papel importante na fixação do nitrogênio atmosférico em associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (VIEIRA, 2017).

As folhas são compostas por três folíolos de formato oval e apresentam uma disposição alternada ao longo do caule. As flores da soja são pequenas, de cor branca ou roxa, e são agrupadas em racimos axilares. Cada flor possui uma estrutura reprodutiva composta por estames e um pistilo, que após a polinização desenvolve-se em uma vagem contendo as sementes (TANG et al., 2017).

As vagens da soja são longas e estreitas, contendo geralmente de duas a quatro sementes ovais, de cor variável entre o amarelo, marrom e preto, dependendo da cultivar. A morfologia da soja é influenciada por uma série de fatores ambientais e genéticos, e compreender essas características é fundamental para otimizar a produção e o manejo dessa cultura essencial (LAM et al., 2018).

Essa abordagem morfológica também é essencial para identificar características desejáveis em programas de melhoramento genético, visando aumentar a produtividade e a adaptabilidade da soja a diferentes condições de cultivo (CARVALHO et al., 2021). A morfologia da soja reflete sua adaptabilidade e importância como cultura agrícola em todo o mundo. Seu ciclo de vida, que abrange

desde a germinação até a produção de novas sementes, é influenciado por uma série de fatores ambientais e práticas agrícolas. O estudo detalhado da morfologia da soja é fundamental para compreender seu crescimento, desenvolvimento e manejo eficaz em diferentes condições de cultivo (EMBRAPA, 2021).

## **2.2 Importância da soja no agronegócio brasileiro**

O agronegócio brasileiro cresceu cerca de 6% no ano de 2023, representando 30% do PIB (Produto Interno Bruto) do país. Esse salto é reflexo do aumento da produção de soja (IBRE/FGV, 2024). A safra 22/23 de soja no Brasil foi considerada como um recorde, com produção de cerca de 322,8 milhões de toneladas. Este volume de grãos apresentou um aumento de 18,4% em relação a safra passada. Esse resultado veio através do aumento de áreas produtivas e de avanços na biotecnologia, com melhorias genéticas (CONAB, 2023).

Dessa forma, o mercado da soja é amplamente direcionado a diversos setores de alimentos, que vão desde vendas *in natura*, farelos, óleos, derivados e até mesmo biocombustíveis, que fazem parte do setor industrial do biodiesel. Assim, sob qualquer ponto de vista do agronegócio, é perceptível o enorme progresso ocorrido ao longo dos anos, no caso da soja, sua expansão se deve em grande parte ao aumento da importância dos grãos e seus derivados para a economia interna e externa do mercado (SILVA, 2021).

## **2.3 Fatores que influenciam a cultura da soja**

O cultivo da soja é realizado em todas as regiões do Brasil. Entretanto para obter sucesso com o cultivo do grão devem levar-se em conta alguns fatores como: preparo do solo, seleção de cultivar, época de plantio, semeadura, fotoperíodo, manejo correto de herbicidas, fungicidas e inseticidas, profundidade de plantio, sanidade e qualidade das sementes (VAZQUEZ et al., 2008).

Conforme Vivian (2013), a produtividade da cultura pode ser determinada pela interação genótipo-ambiente, ou seja, a interação entre o genótipo da planta, o ambiente de produção e seu manejo, de modo que quando alguns desses fatores não se desenvolvem, há uma tendência de queda de produtividade. É de suma importância o conhecimento prévio da cultura relacionado às fases de

desenvolvimento das plantas, a fisiologia e as interações com o ambiente, estes itens atuam juntos para uma boa produtividade.

O avanço em estudos de melhoramento genético de cultivares possibilitou a obtenção de materiais para todos os tipos de solos. Apesar disso, deve-se escolher uma área com solos bem drenados, profundos para que possa haver um bom desenvolvimento radicular da cultura. É recomendado evitar solos pedregosos e de perfil raso (VIVIAN, 2013).

Apesar de responder ao fotoperíodo, a temperatura é indiscutivelmente um dos principais impulsionadores do crescimento da soja. Como é uma cultura de verão, temperaturas baixas naturalmente não são favoráveis ao seu desenvolvimento. A faixa ideal de temperatura para o crescimento da soja está entre 20°C e 30°C, enquanto temperaturas abaixo de 10°C ou acima de 40°C podem prejudicar o desenvolvimento das plantas, resultando em distúrbios fisiológicos como a má formação das vagens (PAS, 2005).

Além da temperatura, outro fator limitante no crescimento da cultura da soja é a baixa disponibilidade hídrica. Conforme destacado por Carvalho et al. (2017), dependendo da variedade de soja, a necessidade hídrica da cultura durante seu ciclo de desenvolvimento pode variar de 450 mm a 850 mm, atingindo pico de evapotranspiração de até 7,5 mm por dia durante o período reprodutivo da cultura.

Conforme destacado por Taiz et al. (2017), a escassez de água pode levar ao fechamento dos estômatos, à supressão da fotossíntese e à interrupção do crescimento das plantas, afetando a produtividade da cultura. Portanto, a escolha do local de cultivo é crucial para mitigar os riscos de déficit hídrico, especialmente para a soja cultivada em áreas sem irrigação.

## **2.4 Estresse hídrico**

O estresse hídrico pode ser entendido de duas formas: solo inundado e solo seco. Tanto um como o outro é prejudicial à planta. O começo do estresse hídrico acontece quando a planta não consegue mais fazer os ajustes necessários relacionados à absorção de água. Déficit hídrico é qualificado como solo seco (LOPEZ; LIMA, 2015). Para uma germinação adequada, a semente requer absorver pelo menos 50% de seu peso em água. Quanto ao teor de água no solo, este deve

ficar entre 50 e 85% da capacidade máxima de água disponível para garantir condições ideais (BUAINAIN; VIERA, 2011).

Segundo Fioreze et al. (2011), a disponibilidade de água, juntamente com outros elementos climáticos, exerce influência sobre a produtividade agrícola. Na cultura da soja, o período reprodutivo é especialmente vulnerável à escassez de água, mas a demanda hídrica da cultura cresce ao longo do seu desenvolvimento, alcançando o pico durante o florescimento e o enchimento dos grãos (FIETZ; URCHEI, 2002).

Uma vez, exposta ao déficit hídrico, a planta exibe características como redução de estatura, diminuição da área foliar e espaçamento entrenós mais curto. Os tecidos vegetais tendem a murchar e os folíolos se fecham para minimizar a exposição foliar. Com o aumento da severidade do estresse, em muitos casos, isso pode levar à morte das plantas (FELISBERTO, 2015).

## **2.5 Bactérias promotoras de crescimento de plantas**

Segundo Glick (2012), as Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP) constituem um conjunto de microrganismos de vida livre com potencial para estimular o desenvolvimento vegetal, seja diretamente ou indiretamente por meio de suas ações. Elas podem colonizar a rizosfera ou penetrar nos tecidos das plantas, estabelecendo assim uma relação simbiótica que beneficia tanto as plantas quanto os microrganismos.

As BPCP possuem propriedades funcionais que incluem: aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, promover o crescimento e desenvolvimento vegetal por meio da produção de hormônios, agir na quebra de moléculas de poluentes orgânicos e modular a solubilização de metais, além de auxiliar no controle de doenças e patógenos vegetais através da síntese de antibióticos e metabólitos antifúngicos (SOMERS et al., 2004; NOVO et al., 2018).

Na rizosfera, ocorre a interação entre as BPCP e as plantas. Nesse microambiente, o fenômeno da rizodeposição, que é a liberação de exsudatos radiculares, é observado durante o desenvolvimento das plantas. Os tipos e composições dos rizodepósitos podem atrair microrganismos benéficos e repelir aqueles prejudiciais. Os exsudatos radiculares liberados por várias espécies vegetais na rizosfera incluem uma variedade de compostos como aminoácidos,

açúcares, ácidos orgânicos, ácidos graxos, flavonoides e enzimas, os quais fornecem às plantas vitaminas, hormônios e outros componentes que promovem o desenvolvimento bacteriano. Por sua vez, as BPCP fornecem nutrientes fitodisponíveis, reduzindo o estresse biótico e abiótico, e protegendo a planta contra patógenos (GLICK, 2012; RASHID et al., 2016; VENTURI; KELL, 2016; NOVO et al., 2018).

## **2.6 *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus haynesii* e o *Bacillus circulans*.**

A espécie *Bacillus aryabhatai* L., descoberta nos estratos atmosféricos, foi consecutivamente encontrada na rizosfera de plantas de mandacaru do nordeste brasileiro. Essa bactéria tem sido associada a uma possível alternativa biológica para promover a tolerância ao déficit hídrico em culturas de milho e soja, demonstrando crescimento promovido por mecanismos como regulação de fitormônios, solubilização de nutrientes minerais e ação antagônica contra patógenos de plantas (MARIANO, 2022; SHIVAJI et al., 2009).

A bactéria *Bacillus circulans* L. é amplamente empregada no contexto agrônomo como solubilizadora de fosfatos, auxiliando no desenvolvimento das plantas ao disponibilizar fósforo, um macronutriente essencial com baixa mobilidade no solo. Além disso, essa espécie também demonstra potencial como agente de controle biológico de patógenos do solo (SINGH; KAPOOR, 1998; MARIANO, 2022).

A espécie endofítica *Bacillus haynesii* L. não apenas demonstra atividade antagônica contra patógenos, mas também atua como promotora de crescimento. Ademais, essa bactéria é capaz de produzir um biofilme bacteriano de polissacarídeos que desempenha diversas funções, incluindo descontaminação de metais pesados no solo e proteção contra o ressecamento de tecidos radiculares (SAHU et al., 2020; MARIANO, 2022; MAURYA et al., 2022).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no dia 09 de janeiro de 2024, em uma casa de vegetação localizada no município de Confresa – MT, -10.646623545341308, -51.58145342418265 E, com a altitude de 240 metros, com o ciclo de luz natural e com o clima classificado como tropical semiúmido. A cultivar utilizada foi a CZ37B31I2X. As sementes vieram com tratamento de sementes industrial com os produtos: Standak Top (Piraclostrobina 25 g/L; Tiofanato-metílico 225 g/L; Fipronil 250 g/L), Poncho (Clotianidina 600 g/L) e Votivo Prime (*Bacillus firmus* cepa I-1582 240 g/L).



**Figura 1** - Cultivar utilizada com tratamento de sementes industrial (TSI)

Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Foram utilizadas 24 bandejas plásticas brancas com a capacidade de 7L cada. O substrato utilizado foi areia não autoclavada. Nessas condições, o experimento contou com 4 tratamentos, sendo eles: 1 - Semente Inoculada Irrigada (SII), 2 - Semente Não Inoculada Irrigada (SNI), 3 - Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e 4 - Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados com seis repetições. Em cada repetição utilizou-se 13 sementes de soja, totalizando 312 sementes plantadas.

Foi realizado o sorteio para obter a casualização dos tratamentos, o qual foi feito por meio do site da internet: <<https://www.4devs.com.br/sorteador>>. O posicionamento obtido no sorteio segue através da Figura 2.

1 – SII	3 – SISI	4 – SNSI
3 – SISI	2 – SNI	3 – SNSI
4 – SNSI	4 – SNSI	1 – SII
2 – SNI	1 – SII	2 – SNI
2 – SNI	2 – SNI	2 – SNI
4 – SNSI	1 – SII	4 – SNSI
1 – SII	3 – SISI	3 – SISI
3 – SISI	4 – SNSI	1 – SII

**Figura 2** - Croqui do experimento

Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Inoculou-se cerca de 500 gramas de sementes. As sementes foram inoculadas manualmente com o auxílio de um copo graduado até 1L e uma seringa graduada de 10mL, conforme a Figura 3.



**Figura 3** - Materiais utilizados para realizar a inoculação das sementes

Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Primeiramente foi inoculado com *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080)  $7 \times 10^9$  UFC/mL. A dose utilizada foi a recomendada pelo fabricante de 4,8mL/ kg de semente. Após a primeira inoculação foi realizado o plantio dos tratamentos 2 – SNI e 4 – SNSI. Logo após o plantio, foi realizada a inoculação das sementes dos tratamentos 1 – SII e 3 – SINI, foi inoculado com hidrocapacitador, o formulado comercial contendo três espécies de bactérias, a *Bacillus aryabhatai* CBMAI1120  $2,1 \times 10^{12}$ , *Bacillus circulans* CCT0026  $3,0 \times 10^{11}$  e o *Bacillus haynesii* CCT7926  $8,8 \times 10^{11}$ . A dose utilizada foi a recomendada pelo fabricante do produto de 2mL /kg de sementes.

O plantio foi realizado no dia 9 de janeiro de 2024, às 16h40, em areia previamente umedecida manualmente com o auxílio de uma luva para evitar a contaminação das sementes. As sementes foram semeadas em linhas, simulando as linhas de plantio de uma lavoura.

Durante o desenvolvimento das plantas foi utilizado um regador com a capacidade de 5 litros para realizar a irrigação dos tratamentos SII e SNI, e outros 5 litros para os tratamentos SISI e SNSI. As regas eram realizadas uma vez ao dia no período da tarde.



**Figura 4** - Linha de plantio das sementes das sojas nas bandejas.

Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

No dia 13 de janeiro de 2024, foi possível observar o início do processo de emergência com 4 DAP (Dias Após Plantio). Com 7 DAP foi realizada a contagem e os cálculos para averiguar a germinação entre as plantas que foram inoculadas e não inoculadas com o hidrocapacitador.

Quando as plantas estavam predominantes no estágio de V4 para V5 foi interrompida a irrigação dos seguintes tratamentos SISI e SNSI, com 34 DAP, no dia 12 de fevereiro de 2024. A irrigação foi interrompida para poder analisar por quantos dias as plantas conseguiria sobreviver sem irrigação, analisar se haveria alguma diferença de dias em relação aos tratamentos inoculados para não inoculados.

No dia 29 de março de 2024 com 56 DAP, as plantas dos tratamentos SII e SNI que ainda continuavam a ser irrigadas e as plantas dos tratamentos SISI e SNSI que tiveram a irrigação interrompida foram colhidas. Em seguida avaliou-se o comprimento de raiz (CR) em centímetro com o auxílio de uma régua graduada de 30 cm; número de nós (NN), número de folhas (NF), número de Flores/canivetes (NC) e altura de plantas (AP).

Os dados foram submetidos análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (TUKEY, 1953), com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). Quando houve interação entre as variáveis analisadas foi feito o desdobramento dos dados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância dos resultados obtidos (**Tabela 1**), foram observadas diferenças significativas entre as plantas irrigadas e não irrigadas. Houve também diferença entre as plantas inoculadas e não inoculadas. Observou-se interação entre os fatores inoculação e irrigação.

**Tabela 1** - Análise de variância para sementes de soja, Confresa, MT, 2024.

Fonte de variação	CR cm	NN	NF	NC	AP cm	MSP g
Inoculação	0,0001*	0,6938*	0,0063*	0,6836 <sup>ns</sup>	0,0170*	0,0368*
Irrigação	0,001*	0,0000*	0,0993*	0,4153 <sup>ns</sup>	0,0000*	0,0002*
Inoculação*Irrigação	0,0078*	0,0019*	0,0040*	0,0025*	0,0029*	0,2463 <sup>ns</sup>
Erro						
CV%	34,33	12,27	18,32	44,37	15,60	12,72
Média Geral	42,0348	5,9687	4,9947	1,5937	22,3338	14,4958

\*= Significativo; ns= Não significativo; CV%= Coeficiente de variação; CR= comprimento de raiz (cm); Dados avaliados pelo Teste F a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o comprimento de raiz (**Tabela 2**), foram observados resultados com diferenças significativas quando comparados à condição de inoculação e irrigação, onde as plantas inoculadas se expressaram melhor em ambos os fatores, com ênfase na situação de déficit hídrico.

É evidente que as plantas inoculadas se destacaram em comparação com as não inoculadas. Entre os tratamentos que foram irrigados todos os dias, as plantas inoculadas com os *Bacillus* spp., obtiveram um melhor resultado em comparação a não inoculada, o mesmo se repete nos tratamentos em que a irrigação foi interrompida, o tratamento inoculado se sobressaiu em relação ao não inoculado. Em um experimento realizado por Junior (2022), observou que as plantas de soja que foram inoculadas com *Bacillus subtilis*, apresentou uma maior massa seca, resultados que corrobora com o de Marinho (2020), onde observou o mesmo efeito em plantas de feijão caupi, em que as plantas inoculadas com *Bacillus* spp., apresentaram maior comprimento e massa de raiz, resultados que respaldam os encontrados na pesquisa em questão. Kavamura (2012) observou esse fenômeno em plantas de milho sob estresse hídrico. As bactérias utilizadas para a inoculação demonstraram a capacidade de promover o crescimento das plantas, possivelmente

devido à produção de fitormônios como AIA, ácido abscísico e giberelina (LEE et al., 2012).

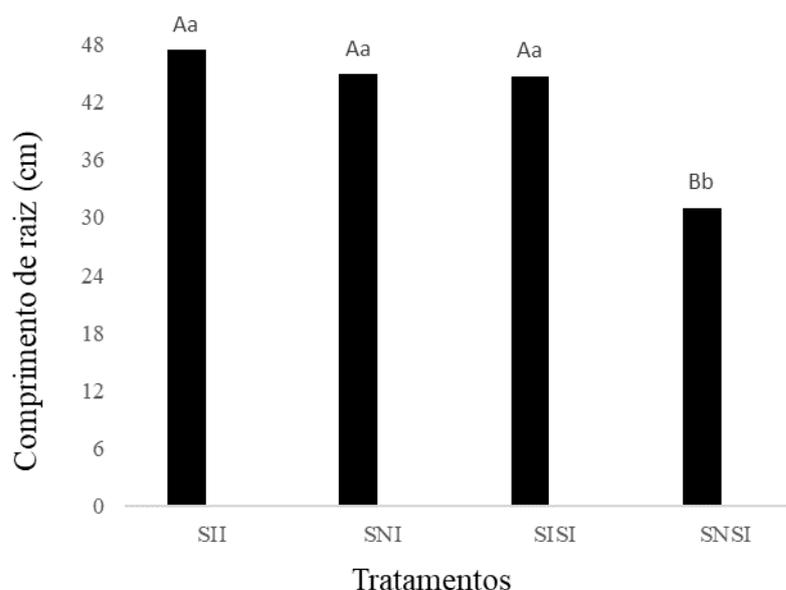
**Tabela 2** - Comprimento de raiz da soja (CR), Confresa, MT, 2024.

Tratamentos	Médias	
	Inoculação	Sem inoculação
Irrigação	47,4604 Aa	44,9604 Aa
Sem Irrigação	44,7104 Aa	31,0083 Bb

\*Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação. Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas e letras minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Podemos observar no **Gráfico 1** com relação ao comprimento das raízes que o tratamento SII (semente inoculada irrigada) sobressaiu em relação ao tratamento SNI (semente não inoculada irrigada), todavia não houve diferença estatística entre eles. Apesar disso observou-se que houve uma melhor resposta da planta com a inoculação das bactérias promotoras de crescimento (BPC). Nota-se que mesmo sem irrigação no tratamento SISI (Semente Inoculada Sem Irrigação) quando comparado com o tratamento SNSI (Semente Não Inoculada Sem Irrigação) que houve uma diferença significativa no comprimento da raiz, sugerindo que as bactérias promotoras de crescimento auxiliaram a planta mesmo em condição de déficit hídrico, corroborando com os resultados apresentados por Kavamura (2012).



**Gráfico 1 - Comprimento de raízes de soja**

\*Tratamentos: Semente Inoculada Irrigada (SII); Semente Não Inoculada Irrigada (SNI); Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação conforme o Teste de Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o parâmetro de número de nós (NN), foi observado na **Tabela 3**, resultado significativo quando comparado entre plantas inoculadas e não inoculadas, onde as plantas inoculadas apresentaram aproximadamente dois nós por média a mais do que as plantas que não foram inoculadas.

O estudo conduzido por Park et al. (2017) demonstrou que a aplicação de *Bacillus aryabhattai* em plantações de arroz e soja resultou em um notável aumento tanto no número de folhas (NF) e nós (NN) na parte aérea das plantas quanto na eficiência do desenvolvimento radicular, especialmente em condições de deficiência hídrica, e o trabalho conduzido por Ruaro (2023) corrobora com os resultados de Park et al. (2017) que se assemelham com os resultados do presente estudo.

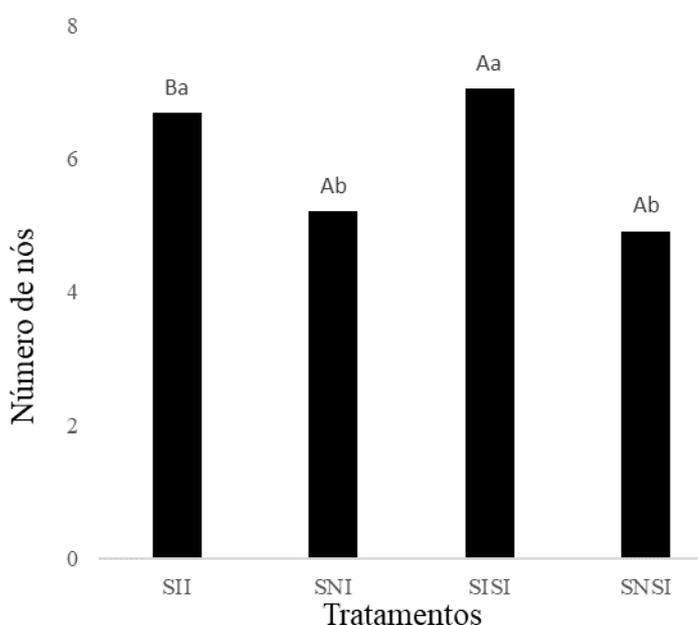
**Tabela 3 - Avaliação do número de nós em soja (NN), Confresa, MT, 2024**

Tratamentos	Médias	
	Inoculação	Sem inoculação
Irrigação	6,6875 Ba	5,2083 Ab
Sem Irrigação	7,0625 Aa	4,9166 Ab

\*Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação. Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas e letras

minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Observa-se no **Gráfico 2** que os tratamentos irrigados inoculados e não inoculados apresentaram diferença significativa, demonstrando que a inoculação com os produtos biológicos associados com a irrigação das plantas tem melhor desempenho frente ao tratamento apenas com a irrigação sem inoculação das sementes. Já quando se analisou os tratamentos com inoculação e não inoculados com e sem irrigação, notou-se claramente que o hidrocapacitador auxilia a planta em relação à formação do número de nós em condição de inoculação com déficit hídrico do que o tratamento sem inoculação e sem irrigação (SNSI), conforme também foi observado por Park et al., 2017; Ruaro, 2023.



**Gráfico 2** - Números de nós da soja em diferentes tratamentos.

\*Tratamentos: Semente Inoculada Irrigada (SII); Semente Não Inoculada Irrigada (SNI); Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação, conforme o Teste de Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o parâmetro número de folhas (NF) (**Tabela 4**), observa-se que houve diferença significativa entre as plantas não inoculadas que estavam irrigadas. Nessa condição as plantas apresentaram aproximadamente uma folha por média a mais do que os demais tratamentos.

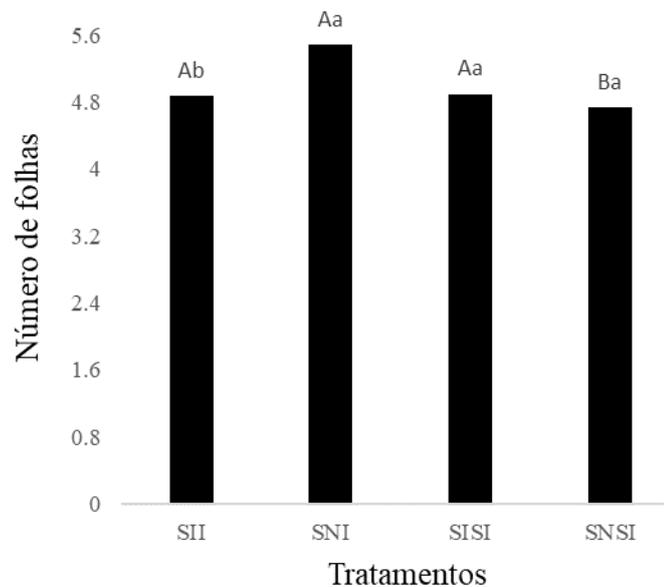
No trabalho realizado por Santos (2024) em plantas de feijão onde foram inoculadas com *Bacillus* spp., não houve aumento no número de folhas. Os autores relataram aumento no número de folhas quando houve aumento na adubação nitrogenada. No trabalho de Passos (2023) em plantas de tomateiro onde houve inoculação com os *Bacillus aryabattai*, *Bacillus haynesii* e *Bacillus circulans*, observou-se um menor número de folhas comparadas aos demais tratamentos realizados. No trabalho realizado por Solanha (2023) onde se testou as mesmas bactérias na cultura do trigo para analisar se haveria algum ganho de perfilho por planta, observou-se que as bactérias não aumentaram o número de perfilho. Os dados acima mencionados corroboram com os resultados apresentados no presente estudo e observado na **Tabela 4**.

**Tabela 4** - Número de folhas da soja (NF), Confresa, MT, 2024.

Tratamentos	Médias	
	Inoculação	Sem inoculação
Irrigação	4,8750 Ab	5,4791 Aa
Sem Irrigação	4,8958 Aa	4,7291 Ba

\*Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação. Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas e letras minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Observou-se através do **Gráfico 3** que o tratamento da semente não inoculada irrigada (SNI) obteve um melhor desempenho para o parâmetro número de folhas do que o tratamento que utilizou a inoculação e a irrigação (SII). Já para os tratamentos sem irrigação houve uma diferença quanto à inoculação, sendo que isto influencia este parâmetro avaliado na soja.



**Gráfico 3** - Número de folhas da soja em diferentes tratamentos.

\*Tratamentos: Semente Inoculada Irrigada (SII); Semente Não Inoculada Irrigada (SNI); Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação, conforme o Teste de Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o parâmetro de número de canivetes (NC) apresentado na **Tabela 5**, notou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos irrigados, entretanto, percebeu-se uma discrepância considerável entre as plantas inoculadas que estavam sob déficit hídrico, onde as mesmas tiveram um número maior de flores/canivete.

Segundo estudo realizado por Junqueira (2019), a aplicação de bioinsumos contendo *Bacillus* spp. promoveu um aumento significativo na produção de flores nas plantas de soja. Matos (2023), em seus experimentos relatou também que houve um aumento de flores nas plantas de soja em que foram aplicadas bioinsumos a base de *Bacillus* spp.

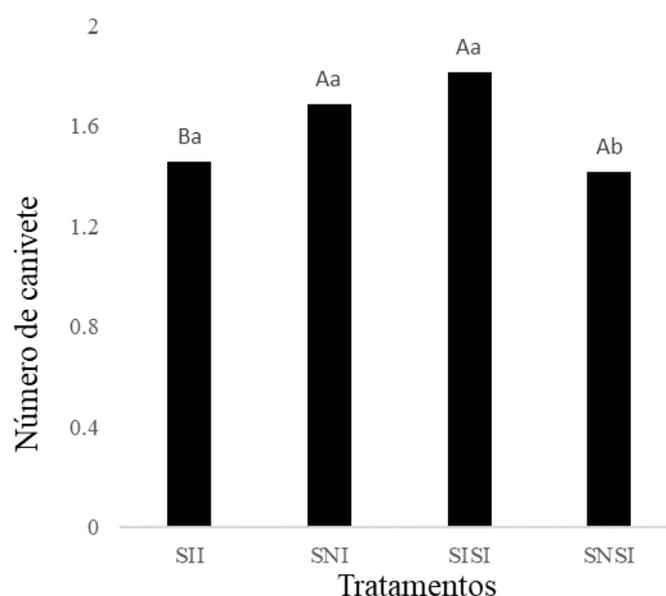
É importante ressaltar que o aumento no número de flores leva ao aumento no número de vagens e, por conseguinte, na produtividade da cultura. Nesse contexto, os resultados deste estudo sugerem que a aplicação de bactérias do gênero *Bacillus* pode ser uma estratégia promissora para elevar a produção de flores na cultura da soja e corroboram com os resultados de Junqueira, 2019; Matos, 2023.

**Tabela 5** - Número de canivetes da soja (NC), Confresa, MT, 2024.

Tratamentos	Médias	
	Inoculação	Sem inoculação
Irrigação	1,4583 Ba	1,6875 Aa
Sem Irrigação	1,8125 Aa	1,4166 Ab

\*Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação. Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas e letras minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Ao analisar o **Gráfico 4**, nota-se que entre os tratamentos das sementes de soja inoculadas ou não inoculadas, a irrigação não influenciou neste parâmetro de número de canivetes. Todavia ao se comparar o tratamento inoculado e sem irrigação, observa-se que o hidrocacitador auxiliou a planta significativamente neste parâmetro, principalmente com déficit hídrico. Este resultado é importante frente ao contexto de mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos. Trabalhos como este podem nortear os produtores em um futuro próximo com relação a sua produção/produktividade em condições adversas.



**Gráfico 4** - Número de canivetes da soja em diferentes tratamentos.

\*Tratamentos: Semente Inoculada Irrigada (SII); Semente Não Inoculada Irrigada (SNI); Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação, conforme o Teste de Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o parâmetro de altura de plantas (AP) (**Tabela 6**), observou-se que houve uma diferença significativa, onde os tratamentos em que houve inoculação se sobressaíram em relação às plantas que não foram inoculadas. As plantas inoculadas apresentaram uma diferença de três a quatro centímetros a mais quando comparadas as plantas não inoculadas.

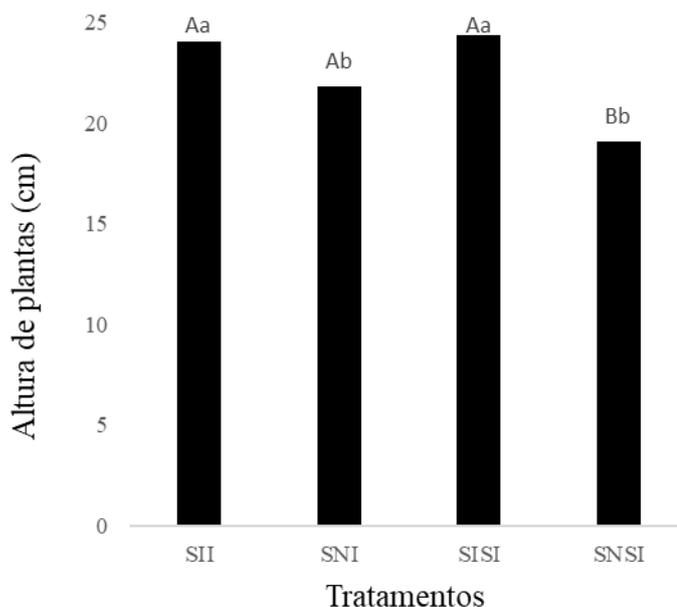
Diversos estudos indicam efeitos benéficos do uso de bioinsumos no crescimento vegetativo da soja. Karimi et al. (2019), por exemplo, observaram um aumento significativo na altura das plantas de soja tratadas com bioinsumos. Guimarães et al. (2020) também relataram resultados positivos, incluindo um aumento significativo na altura das plantas, no número de ramos e na massa seca da parte aérea da soja, corroborando com o estudo presente como pode ser observado na **Tabela 6** e no **Gráfico 5**.

**Tabela 6** - Altura de plantas da soja (AP), Confresa, MT, 2024.

Tratamentos	Médias	
	Inoculação	Sem inoculação
Irrigação	24,0770 Aa	21,8020 Ab
Sem Irrigação	24,3833 Aa	19,0729 Bb

\*Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação. Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas e letras minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

No **Gráfico 5**, observa-se a altura da soja inoculada e não inoculada, sinalizando que para este parâmetro a água da irrigação está diretamente ligada a altura da planta. Apesar de a inoculação ser eficiente mesmo no tratamento inoculado sem irrigação, observou-se que estes complexos de bactérias promotoras de crescimento se adaptam bem em condições climáticas adversas.



**Gráfico 5** - Altura de plantas da soja em diferentes tratamentos.

\*Tratamentos: Semente Inoculada Irrigada (SII); Semente Não Inoculada Irrigada (SNI); Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação, conforme o Teste de Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o parâmetro de massa seca de plantas (MSP) (**Tabela 7**), houve diferença significativa entre os tratamentos inoculados em relação aos não inoculados, onde as plantas inoculadas obtiveram um maior peso em relação às outras.

No estudo de Oliveira (2020), em que se fez o uso de *Bacillus* spp. na cultura do feijão, observou-se que as plantas inoculadas pela bactéria, tiveram um aumento expressivo na sua massa seca. Kamavura (2012) também observou este comportamento em plantas de milho, onde as inoculadas tiveram maior peso em relação às demais. Dados estes que corroboram com os resultados obtidos na **Tabela 7** e no **Gráfico 6**.

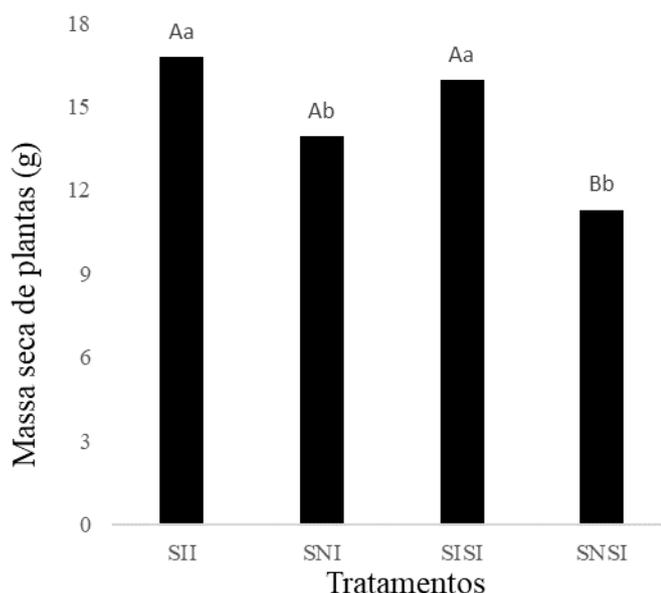
**Tabela 7** - Massa seca de plantas da soja (MSP), Confresa, MT, 2024.

Tratamentos	Médias	
	Inoculação	Sem inoculação
Irrigação	16,7833 Aa	13,9333 Ab
Sem Irrigação	15,9666 Aa	11,3000 Bb

\*Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação. Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas e letras

minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Para o parâmetro de massa seca de plantas (MSP) (**Gráfico 6**), notou-se que as plantas inoculadas se expressaram melhores tanto no tratamento irrigado quanto não irrigado, assim tendo uma maior massa do que as plantas que não foram inoculadas.



**Gráfico 6** - Massa seca de plantas da soja em diferentes tratamentos.

\*Tratamentos: Semente Inoculada Irrigada (SII); Semente Não Inoculada Irrigada (SNI); Semente Inoculada Sem Irrigação (SISI) e Semente Não Inoculada Sem Irrigação (SNSI). Letras maiúsculas comparam inoculação dentro de cada irrigação. Letras minúsculas comparam a irrigação dentro de cada inoculação, conforme o Teste de Tukey 5% ( $p < 0,05$ ). Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

## 5. CONCLUSÃO

O formulado comercial contendo as bactérias (*Bacillus aryabhathai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*) incrementou positivamente o desenvolvimento vegetativo das plantas aumentando o comprimento das raízes, número de nós, número de flores/canivetes, altura da planta e a massa seca da cultivar CZ37B31I2X.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pesquisas futuras sobre a interação entre bactérias e a cultura da soja podem explorar o uso de diversas doses do inoculante, além de avaliar sua aplicação (via sulco, sementes ou foliar) e conduzir testes de campo para analisar o desenvolvimento vegetativo e o aumento na produção de grãos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUAINAIN, A. M.; VIEIRA, P. A. **Seguro agrícola no Brasil: desafios e potencialidades**. Revista Brasileira de Risco e Seguro, v. 7, n. 13, p. 36-98, 2011.

CARVALHO, i. R. Et al. **Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. Regularidade de distribuição em diferentes velocidades de semeadura de soja em sistema plantio direto**. Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia contecc, 2017.

CARVALHO, L. M.; SILVA, R. A.; MENDES, J. P.; OLIVEIRA, T. S. (2021). **Desired traits in soybean breeding programs**. Journal of Agricultural Science, 78(4), 235-247

CONAB. **Com nova redução, estimativa para safra de grãos 2023/24 é de 306,4 milhões de toneladas**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5354-com-nova-reducao-estimativa-para-safra-de-graos-2023-24-e-de-306-4-milhoes-de-toneladas>>. Acessado em 13 de fevereiro de 2024.

CONAB. **Com novo recorde, produção de grãos na safra 2022/23 chega a 322,8 milhões de toneladas**. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5157-com-novo-recorde-producao-de-graos-na-safra-2022-23-chega-a-322-8-milhoes-de-toneladas>> Acessado em:15 de março de 2024.

DA CUNHA, Gilberto Rocca, EMBRAPA. **Meteorologia: fatos & mitos-2**. 2000.

DOS PASSOS, Emerson Gabriel Cardoso et al. **Uso de inoculantes em tomate para avaliação de redução de fertilizantes nitrogenados e potássicos**. Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde, v. 5, n. 3 (especial), p. 294-300, 2023.

DOS SANTOS, Carla Fernanda; LUCAS, Rosa Emília Squizani; DE FRANCISCO, André Luiz Oliveira. **Efeitos da inoculação de insumo biológico composto por *Bacillus megaterium* na cultura do feijão**. (Agronomia). Repositório Institucional, v. 2, n. 2, 2024.

FELISBERTO, Guilherme. **Caracterização de respostas morfológicas e fisiológicas de plantas de soja submetidas a estresse hídrico**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, L. C. et al. (2021). **Efeito do estresse hídrico na cultura da soja: uma revisão**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 15, e7327.

FGV – IBRE. **Monitor do PIB – FGV aponta crescimento de 3,0 da atividade econômica em 2023**. Disponível em: < <https://portalibre.fgv.br/noticias/monitor-do-pib-fgv-aponta-crescimento-de-30-da-atividade-economica-em-2023>>A cessado em 18 de março de 2024.

FIETZ, Carlos R.; URCHEI, Mário A. Deficiência hídrica da cultura da soja na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 262-265, 2002.

FIGLIORINI, Samuel Luiz et al. **Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação**. Revista Ceres, v. 58, p. 342-349, 2011.

GAZZONI, Decio Luiz. **A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas**. Ciência e Cultura, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.

GLICK, Bernard R. et al. **Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications**. Scientifica, v. 2012, 2012.

GUIMARÃES, D. O. et al. **Use of plant growth-promoting bacteria in the production of soybean seedlings under different levels of water stress**. Agronomy, v. 10, n. 6, p. 80, 2020.

JUNIOR, Aloisio Freitas Chagas et al. **Bacillus subtilis como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja**. Diversitas Journal, v. 7, n. 1, p. 0001-0016, 2022.

JUNQUEIRA, R. M. et al. **Efeito de bioestimulantes no crescimento e produtividade da soja**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 13, n. 4, p. 1886- 1898, 2019

KAVAMURA, Vanessa Nessner. **Bactérias associadas às cactáceas da Caatinga: Promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico**. 2012. Tese de Doutorado. University of São Paulo.

KIM, M. et al. **Plant growth promoting effect of *Bacillus amyloliquefaciens* H-2-5 on crop plants and influence on physiological changes in soybean under soil salinity.** *Physiology and molecular biology of plants*, v. 23, n. 3, p. 571-580, 2017.

KUMAR, M.-L. et al. **Synergistic effect of *Pseudomonas putida* and *Bacillus amyloliquefaciens* ameliorates drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.).** *Plant signaling & behavior*, v. 11, n. 1, p. e1071004, 2016

LAM, H. M. et al. (2018). **Resequencing of 31 wild and cultivated soybean genomes identifies patterns of genetic diversity and selection.** *Nature Genetics*, 42(12), 1053-1059.

LEE, Sol; KA, Jong-Ok; SONG, Hong-Gyu. **Growth promotion of *Xanthium italicum* by application of rhizobacterial isolates of *Bacillus aryabhattai* in microcosm soil.** *The Journal of Microbiology*, v. 50, p. 45-49, 2012.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção.** Editora UFV. Viçosa, p. 492, 2015

LYNCH, Jonathan P. **Steep, cheap and deep: an ideotype to optimize water and N acquisition by maize root systems.** *Annals of botany*, v. 112, n. 2, p. 347-357, 2013.

MARIANO, Baruch Ramos Cambui. **Produtividade do feijoeiro em resposta a inoculação de bactérias hidrocapacitoras sob deficit hídrico.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MARIANO, R. L. R. et al. **Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável.** *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, v. 1, p. 89-111, 2013.

MARINHO, Thais Antunes. **Fertilizante/corretivos de solo associados ou não com *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento do feijão-caupi.** 2020.

MATOS, Victor Augusto Carvalho Leão de et al. **BIOINSUMO NA CULTURA DA SOJA.** 2023.

MAURYA, Annapurna et al. **Biofilm formation and extracellular polymeric substance (EPS) production by Bacillus haynesii and influence of hexavalent chromium.** Bioresource Technology, v. 352, p. 127109, 2022.

NEUPOMUCENO, Alexandre; FARIAS, José; NEUMAIER, Norman. **Características da soja.** EMBRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja>> Acessado em: 10 de março de 2024.

NOVO, Luís AB et al. **Plant growth-promoting rhizobacteria-assisted phytoremediation of mine soils.** In: Bio-geotechnologies for mine site rehabilitation. Elsevier, 2018. p. 281-295.

OLIVEIRA, L. F. et al. (2016). **Respostas fisiológicas da soja à deficiência hídrica em diferentes estádios de desenvolvimento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 20(4), 352-358.

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, p. 10-19, 2020.

PARK, Yeon-Gyeong et al. **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, p. e0173203, 2017.

PAS, Campo. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da soja.** Embrapa, transferência de tecnologia, 2005.

QUEIROZ-VOLTAN, Rachel Benetti; NOGUEIRA, Sandra dos Santos Sevá; MIRANDA, MANOEL ALBINO COELHO DE. **Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, p. 929-938, 2000.

RASHID, Muhammad Imtiaz et al. **Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils.** Microbiological research, v. 183, p. 26-41, 2016.

RODRIGUES, S. ***Bacillus spp.* como promotores e no controle de *Sclerotium cepivorum* in vitro.** 2019. 44p. TCC (graduação)- Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Curitibanos. Agronomia. 2019.

RUARO, Jean Roberto. **Efeito de *Bacillus aryabhattai* sobre o comportamento fisiológico de sementes e plantas de soja em condições de estresse hídrico.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.

SAHU, P. K. *et al.* **Endophytic bacilli from medicinal-aromatic perennial Holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) modulate plant growth promotion and induced systemic resistance against *Rhizoctonia solani* in rice (*Oryza sativa* L.).** Biological Control, v. 150, p. 104353, nov. 2020. ISSN 1049-9644.

SANTOS, M. A. *et al.* (2020). **Efeito do estresse hídrico no desenvolvimento radicular da soja.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 55, e01319

SHIVAJI, S. *et al.* ***Janibacter hoylei* sp. nov., *Bacillus isronensis* sp. nov. and *Bacillus aryabhattai* sp. nov., isolated from cryotubes used for collecting air from the upper atmosphere.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 59, n. 12, p. 2977–2986, dez. 2009. ISSN 1466-5034,. Publisher: Microbiology Society,.

SILVA, Carla Dantas. **Cultura da soja (*Glycine max*): uma abordagem sobre a viabilidade do cultivo no município de Ribeiro do Pombal (BA).** Ribeira do Pombal: UniAGES, 2021.

SILVA, F. C. *et al.* (2018). **Impacto do déficit hídrico na produtividade e qualidade de grãos de soja.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 13(3), e5886.

SILVA, Maria Clara de Andrade Pereira da *et al.* **IMPACTO DA INOCULAÇÃO COM CEPAS DA BACTÉRIA *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE OS PROCESSOS FISIOLÓGICOS DE SOJA EXPOSTA À SECA.** 2019.

SINGH, S.; KAPOOR, K. K. **Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions.** Mycorrhiza, v. 7, n. 5, p. 249–253, fev. 1998. ISSN 1432-1890.

SOLANHA, Mateus *et al.* **Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus spp.* como alternativa mais sustentável na**

**agricultura.** Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde, v. 5, n. 3 (especial), p. 261-267, 2023.

SOMERS, Ellen; VANDERLEYDEN, Jos; SRINIVASAN, M. **Rhizosphere bacterial signalling.** Critical reviews in microbiology, v. 30, n. 4, p. 205-240, 2004.

TAIZ, I. Et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Porto alegre, ed. 6, 2017.

TANG, W., Zhang, W., Liu, D., Sun, J., Yu, H., Li, B., ... & Zhao, Z. (2017). **Morphological and anatomical characteristics of soybean.** Journal of Integrative Plant Biology, 59(9), 704-714.

TIMMUSK, Salme; TIMMUSK, Kadri; BEHERS, Lawrence. **Rhizobacterial plant drought stress tolerance enhancement: towards sustainable water resource management and food security.** Journal of Food Security, v. 1, n. 1, p. 6-9, 2013.

VAZQUEZ, Gisele Herbst; CARVALHO, Nelson Moreira de; BORBA, Maria Madalena Zocoller. **Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja.** Revista Brasileira de Sementes, v. 30, p. 1-11, 2008.

VENTURI, Vittorio; KEEL, Christoph. **Signaling in the rhizosphere.** Trends in plant science, v. 21, n. 3, p. 187-198, 2016.

VIEIRA, Rosana Faria. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas.** 2017.

VIVAN, Gisele Aparecida et al. **Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação.** Irriga, v. 18, n. 2, p. 282-292, 2013.

WANG, Bo et al. **Dissection of the genetic architecture of three seed-quality traits and consequences for breeding in Brassica napus.** Plant biotechnology journal, v. 16, n. 7, p. 1336-1348, 2018.

WANG, Trevor L. et al. **Can we improve the nutritional quality of legume seeds?.** Plant physiology, v. 131, n. 3, p. 886-891, 2003.