

**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

FLÁVIO HENRIQUE DOS SANTOS TOSTA

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (MSPs) NA CULTURA
DA SOJA**

MORRINHOS-GO

2023

**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
GRADUAÇÃO EM BACHAREL EM AGRONOMIA**

FLÁVIO HENRIQUE DOS SANTOS TOSTA

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (MSPs) NA CULTURA
DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

Orientador: Prof Dr. Emerson Trogello

MORRINHOS-GO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

T716m Tosta, Flávio Henrique dos Santos.

Microrganismos solubilizadores de fósforo (MSPs) na cultura da soja / Flávio Henrique dos Santos Tosta – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2023.

35 f. : il., color.

Orientador: Dr. Emerson Trogello.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2023.

1. Material biológico. 2. Fertilidade do solo. 3. Soja - Produtividade 4. Bacillus. I. Trogello, Emerson. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 633.34

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Poliana Ribeiro,

CRB1/3346

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

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Flávio Henrique dos Santos Tosta

Matrícula: 2018104220210163

Título do Trabalho: MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (MSPs) NA CULTURA DA SOJA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 16/08/2023

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 incluídos 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.

Morrinhos, 15/08/2023.

Flávio Tosta

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente

EMERSON TROGELLO

Data: 15/08/2023 12:48:18-0300

Verifique em <https://validar.jf.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

Ata nº 64/2023 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 30 dias do mês de Junho de 2023, às 08:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta por: Emerson Trogello (orientador), Túlio de Almeida Machado (membro) e Claudinei Martins Guimaraes (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Microorganismos solubilizadores de fósforo (MSPs) na cultura da soja" do discente FLÁVIO HENRIQUE DOS SANTOS TOSTA, Matrícula nº 2018104220210163 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC. Em seguida houve arguição do discente pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante com **NOTA 9,0**. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Emerson Trogello

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Túlio de Almeida Machado

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Claudinei Martins Guimaraes

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Claudinei Martins Guimaraes, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 03/08/2023 11:16:59.
- Tulo de Almeida Machado, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/08/2023 11:10:02.
- Emerson Trojello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/06/2023 13:37:13.

Este documento foi emitido pelo SUJAP em 30/06/2023. 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: 509455
Código de Autenticação: fcc0ad736d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

FLÁVIO HENRIQUE DOS SANTOS TOSTA

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (MSPS) NA CULTURA
DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado ao Instituto Federal de Ciência
e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos,
como parte das exigências para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Morrinhos-GO, 30 de junho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emerson Trogello
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Tulio Almeida Machado
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Claudinei Martins Guimarães
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Dedicatórias

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me proporcionou a vida e as minhas faculdades, se não fosse por ele tenho certeza de que não estaria aqui. Dedico, também, à minha família, em especial aos meus pais e avós e bisavó, por todo o suporte, amor e incentivo, vocês foram os meus exemplos.

Viva o Brasil! Viva a liberdade!

Agradecimentos

Como referido por Frédéric Bastiat “Provém a nós, de Deus, o dom que inclui todos os outros, a vida – física, intelectual e moral”. Então, primeiramente, agradeço a Deus e Jesus Cristo nosso salvador, por tudo que fez em minha vida a proteção que me forneceu nos momentos em que precisei e os milagres que fez em minha vida, tenho convicção que se não fosse por sua vontade não estaria aqui.

Olavo de Carvalho uma vez disse: “Amar a Deus sobre todas as coisas não é propriamente uma obrigação. É uma graça extraordinária, o mais alto grau de consciência que um ser humano pode alcançar. Quando Deus manda você fazer uma coisa que só ele pode fazer por você, o que ele quer é que você a peça”. Concluo dizendo que pedi a ele, pedi a ele que me desse sabedoria e resiliência, ele me forneceu, pedi a ele uma companheira ele colocou Marya Eduarda em minha vida, pedi a ele amigos ele colocou no meu caminho Vinicius Alcântara, Vitor Giroldo, João Felipe, Marcos Araújo, Rafaella Alves, Vitor Cardili e Gabriel Barbosa.

Há coisas que são boas por instantes, outras por algum tempo, apenas algumas são para sempre, o amor da família são coisas para sempre. Agradeço aqui meu avô Durval Tosta por tudo que me proporcionou e todos os ensinamentos, às minhas avós Armezinda Tosta, Vera Lucia e Armelinda por sempre cuidarem de mim, meu irmão Durval Neto, à minha mãe Fabiana Tosta mulher extraordinário e exemplo que me formou um homem, ao meu pai Juliano Tosta que me proporcionou tudo e sempre foi meu espelho.

Agradeço, por fim, ao meu orientador Professor Emmerson Trogello e aos membros da banca Professores Tulio Machado e Claudinei Guimarães, por todo auxílio e orientação. Agradeço, também, ao Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, e todos os professores que participaram da minha formação.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3. OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GERAL	13
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1. EXPERIMENTO EM CAMPO.....	14
4.1.1. Local de estudo	14
4.1.2. Delineamento experimental.....	16
4.1.3. Condução do experimento	16
4.1.4. Características avaliadas.....	17
4.1.5. Análise de pecíolo - seiva.....	19
4.1.6. Análise econômica	19
4.1.7. Análise estatística	20
4.2. EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	20
4.2.1. Local do estudo	20
4.2.2. Delineamento experimental.....	20
4.2.3. Condução do experimento	21
4.2.4. Características avaliadas.....	21
4.2.5. Análise estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO.....	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

RESUMO

Os microrganismos *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* têm a capacidade de solubilizar o fósforo indisponível no solo, promover o crescimento das plantas e melhorar a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Assim, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito e o desempenho de inoculante composto pelas cepas de B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) no crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja, bem como a viabilidade econômica e eficiência do uso de fertilizantes fosfatados. Neste estudo realizado em Morrinhos, Goiás, Brasil, foram conduzidos experimentos em campo e em casa de vegetação nos anos de 2022 e 2023. No campo, comparou-se um tratamento controle com a inoculação das cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*). Na casa de vegetação, foram avaliados inoculantes com *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*. No experimento realizado em campo, adotou-se o delineamento experimental de blocos em faixa, composto por dois tratamentos e dez repetições (2x10). No experimento conduzido em casa de vegetação, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições (4x3). A inoculação com essas bactérias aumentou o estande de plantas, absorção de fósforo, número de nós e altura da planta ao fim do ciclo, além de proporcionar maior produtividade e retorno sobre o investimento de 94,12%. As avaliações do índice de clorofila foliar, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes confirmaram que a inoculação com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* é uma excelente técnica para melhorar o crescimento das plantas de soja, especialmente das raízes. Portanto, a inoculação dessas cepas é uma tecnologia sustentável que beneficia o crescimento, a produtividade e a utilização eficiente de fertilizantes fosfatados na cultura da soja.

PALAVRAS CHAVES: *Glycine max*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, fósforo.

ABSTRACT

The microorganisms *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* have the ability to solubilize unavailable phosphorus in the soil, promote plant growth, and improve the efficiency of phosphate fertilizers. The objective of the present research was to evaluate the effect and performance of an inoculant composed of the strains B119 (*Bacillus megaterium*) and B2084 (*Bacillus subtilis*) on the growth, development, and productivity of soybeans, as well as the economic viability and efficiency of phosphorus fertilizer use. In this study conducted in Morrinhos, Goiás, Brasil, field and greenhouse experiments were carried out in 2022 and 2023. In the field, a control treatment was compared with the inoculation of strains B119 (*Bacillus megaterium*) and B2084 (*Bacillus subtilis*). In the greenhouse, different inoculants with *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* were evaluated. In the field experiment, a split-plot design was adopted, comprising two treatments with ten replications each (2x10). Conversely, in the greenhouse experiment, a completely randomized design was employed, consisting of four treatments with three replications each (4x3). The results showed that the inoculation with these bacteria increased plant stand, phosphorus uptake, number of nodes, and plant height at the end of the cycle. Additionally, it led to higher productivity and a return on investment of 94,12%. Evaluations of leaf chlorophyll index, aboveground biomass, and root biomass confirmed that the inoculation with *Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis* is an excellent technique to improve the growth of soybean plants, especially the roots. Therefore, the inoculation of these strains is a sustainable technology that benefits growth, productivity, and the efficient utilization of phosphate fertilizers in soybean cultivation.

PALAVRAS CHAVES: *Glycine max*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

A soja cultivada (*Glycine max* [L.] Merrill) é uma leguminosa originária da costa leste da Ásia, de forma mais precisa na China, país que é berço do grão e que está introduzido na cultura asiática há milhares de anos (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). A soja é uma cultura de grande relevância mundial e uma das mais cultivadas, atualmente é uma importante fonte de Óleo e a principal fonte de proteína para as rações que irão chegar ao consumidor, principalmente, através de Ovos, Leite e Carnes (FANCELLI, 2017).

A soja é uma cultura agrícola de grande importância econômica, e a utilização adequada de fertilizantes fosfatados desempenha um papel crucial em seu cultivo. O fósforo (P) é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Esse nutriente é fundamental para síntese de moléculas como DNA, RNA, ATP e NADPH, fosfolipídios das membranas, além de participar dos processos cruciais para a vida das plantas como a fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos, fixação de N₂ e ativação de proteínas por meio de fosforilações (FERNANDES; SOUZA; SANTOS, 2018).

A problemática da utilização do fósforo na agricultura brasileira deve-se ao fato de que os solos brasileiros são, de maneira geral, carentes desse nutriente. Esta carência se dá em consequência do material de origem e da forte interação do P com o solo, onde, a maior parte do P fica sorvido no solo em forma de compostos estáveis e indisponíveis para as plantas (PINTO, 2012; CORRÊA; MAUAD; ROSOLEM, 2004; LEITE et al., 2022).

Tendo em vista essa problemática, é nítido que a utilização de fertilizantes com fósforo inorgânico (Pi) para produção agrícola brasileira (2,2 Tg em 2015, crescendo para 4,6 Tg em 2050) não é sustentável, pois essa crescente demanda projetada, constituirá um significativo esgotamento nas reservas de fósforo que é um recurso escasso e de custo elevado para produção agrícola. Assim, alternativas que melhorem a utilização e eficiência de fertilizantes fosfatados, como a utilização de Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MSP), são imprescindíveis (WITHERS et al., 2018).

De maneira geral, os MSP são microrganismos promotores do crescimento de plantas, compostos por um grupo diversificado de bactérias e fungos, com

capacidade de converter formas insolúveis de fósforo em formas solúveis que podem ser absorvidas pelas plantas (ALORI; GLICK; BABALOLA, 2017).

Bacillus subtilis e *Bacillus megaterium* são duas espécies bem conhecidas de *Bacillus*, amplamente reconhecidas pela capacidade de solubilizar o fósforo. Como MSP, essas espécies bacterianas têm atraído atenção considerável devido a sua capacidade de melhorar o crescimento das plantas e aumentar a disponibilidade de fósforo no solo (OLIVEIRA et al., 2020).

Diante do exposto, é necessário verificar o desempenho desses inoculantes na cultura da soja, além de buscar o uso mais sustentável e eficiente de fertilizantes fosfatados, que são recursos escassos e de custo elevado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo o Banco mundial (2021), a população mundial em 2021 era de aproximadamente 7,8 bilhões de pessoas e o crescimento populacional continua aumentando em ritmo acelerado. Nesse contexto, a soja cultivada (*Glycine max* [L.] Merrill) tem e continuará tendo protagonismo na segurança alimentar mundial sendo a fonte de proteína mais importante (FANCELLI, 2017). No Brasil, a soja possui papel de destaque no agronegócio, setor que apresentou 24,8% de participação no PIB (Produto Interno Bruto) do país (CEPEA, 2022), onde apenas o faturamento com as exportações do complexo soja somou US\$ 60,95 bilhões em 2022 (MAPA, 2023).

O Brasil produzirá em torno de 155 milhões de toneladas de soja com uma produtividade média de 3.537 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023). Apesar do aumento da produtividade em 2023 (16,9%), um dos fatores limitantes da produção é a alta dependência e eficiência no uso de fertilizantes químicos, principalmente a de fertilizantes fosfatados, os quais são escassos e possuem custo elevado (CONAB, 2023; PAVINATO et al., 2020).

A essencialidade do fósforo (P) para as plantas é amplamente reconhecida, uma vez que desempenha um papel fundamental em processos metabólicos e no crescimento vegetal. O fósforo está envolvido na síntese de ATP, molécula fundamental na transferência de energia celular, e na formação de compostos de fosfato, como DNA e RNA. De acordo com Malavolta (2006), a disponibilidade

adequada de fósforo no solo é crucial para o desenvolvimento radicular, a absorção de nutrientes e o aumento da produtividade das plantas.

No entanto, em muitas regiões do mundo, inclusive no Brasil, o uso da adubação fosfatada tornou-se problemático devido a diversos fatores. Um dos grandes desafios relacionados à adubação fosfatada no Brasil é o esgotamento das reservas naturais de fósforo. A extração excessiva de fosfato tem levado ao esgotamento das reservas de alguns dos principais depósitos minerais no Brasil e no mundo (PAVINATO et al., 2020).

O fósforo (P) fica indisponível pelo processo de sorção (adsorção, fixação e precipitação) desse nutriente. Segundo (PINTO, 2012) “A adsorção ocorre quando o íon fosfato (adsorvato) é sorvido pelo componente do solo (adsorvente)”. O P é fixado nos colóides de argila do solo através de uma ligação eletrostática do íon fosfato ($H_2PO_4^-$) que pode ser simples ou dupla, dependendo do tipo de argila, quando há duas ligações coordenadas, o processo de dessorção é impedido, fixando o P aos colóides do solo. A precipitação ocorre quando há reação química do fósforo com íons de ferro (Fe), alumínio (Al) e cálcio (Ca), formando compostos insolúveis que ficam retidos no solo, é importante ressaltar que esse processo é influenciado pelo pH do solo, sendo que em pH neutros (entre 6 e 7) o P pode voltar para a solução do solo (PINTO, 2012). Assim, a maioria dos fertilizantes fosfatados adicionados no solo não ficam disponíveis para as plantas, e a adição em excesso desses para suprimir esse efeito pode levar a problemas ambientais como a contaminação da água e eutrofização (ALORI; GLICK; BABALOLA, 2017).

Microrganismos solubilizadores de fósforo são organismos de importância crucial no contexto agrícola, pois têm a capacidade de converter o fósforo presente no solo em formas solúveis e assimiláveis pelas plantas. Esses microrganismos, incluindo bactérias e fungos, desempenham um papel fundamental no ciclo do fósforo, tornando-o disponível para as plantas e contribuindo para o crescimento vegetal. A capacidade de solubilização de fósforo por esses microrganismos é uma estratégia eficaz para a promoção da fertilidade do solo e redução da dependência de fertilizantes fosfatados, além de desempenhar um papel essencial na sustentabilidade do solo e na preservação do ecossistema (SOUSA et al., 2021)

Dentre esses microrganismos, o gênero *Bacillus* se destaca, sendo bactérias gram-positivas compostas por aproximadamente 402 espécies que possuem

características fisiológicas, metabólicas e fenotípicas distintas. Esses, são capazes de solubilizar fósforo, produzir ácido indol-acético (AIA) e outros fitormônios, produzir sideróforos-quelantes específicos de íons ferros e realizar o biocontrole de patógenos de plantas (PAIVA et al., 2021).

Segundo experimentos realizados em laboratório e casa de vegetação, as cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*), são as mais eficientes na solubilização e mineralização do fósforo e promoção de crescimento de plantas, sendo selecionadas para produção de inoculantes industriais. Isso se deve a alta capacidade dessas bactérias em colonizar a rizosfera do milho e da soja e de produzir fitormônios, sideróforos e biofilme, pois são bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) que estimulam o desenvolvimento da planta, principalmente da raiz, o que aumenta a área de absorção de nutrientes das raízes das plantas (SOUSA et al., 2021; PAIVA et al., 2020).

A cepa B119 (*Bacillus megaterium*) atua solubilizando fosfatos de cálcio e de rocha e produzindo fosfatase. *Bacillus megaterium* é capaz também de solubilizar o fósforo inorgânico e hidrolisar o fósforo orgânico presente na matéria orgânica do solo, tornando-o disponível para as plantas. Em relação à mineralização do fósforo, é evidenciado a capacidade de algumas cepas de *Bacillus megaterium* de mineralizar o fósforo, como a cepa *Bacillus megaterium* B55 que demonstrou capacidade em mineralizar fósforo a partir de fontes orgânicas presentes no solo (BEHERA et al., 2017).

A cepa de B2084 (*Bacillus subtilis*) é capaz de solubilizar fosfato de cálcio e ferro e apresenta alta produção de ácido glucônico e enzima fitase (OLIVEIRA et al., 2020; GOMES et al., 2014; ABREU et al., 2017; VELLOSO et al., 2020).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito e o desempenho de inoculante composto pelas cepas de B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) no crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja, bem como a viabilidade econômica e eficiência do uso de fertilizantes fosfatados.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Avaliar o uso de inoculantes na cultura da soja a campo em relação a produtividade, viabilidade econômica, crescimento e desenvolvimento.
- Verificar se as plantas inoculadas absorveram mais fósforo aumentando a eficiência do uso de fertilizantes fosfatados.
- Avaliar o desempenho dos inoculantes *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* em promover o crescimento das plantas em casa de vegetação.
- Investigar os efeitos da co-inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* com *Azospirillum brasilense* e comparar os efeitos da promoção de crescimento das plantas com *Azospirillum brasilense*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi composta de 2 experimentos realizados em campo e em casa de vegetação. O experimento de campo, ocorreu durante a safra de soja 2022/2023, em uma fazenda no município de Morrinhos, Goiás, Brasil.

4.1. EXPERIMENTO EM CAMPO

4.1.1. Local de estudo

O experimento a campo foi conduzido em parte de uma área irrigada de uma fazenda particular, no município de Morrinhos, Goiás, Brasil (Figura 1), durante a safra de soja 2022/2023. A região da fazenda pertence ao bioma Cerrado, com clima AW segundo o sistema de classificação internacional de Köppen-Geiger (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014) e a altitude do local é 745 m.



Figura 1. Localização geográfica do campo experimental

O **solo** da área do experimento é de textura média e os valores de fósforo estão descritos na análise de **solo** (Tabela 1). A coleta de amostras foi conduzida nas parcelas experimentais, seguindo um critério de amostragem simples, garantindo a representatividade das áreas estudadas.

Posteriormente, as amostras simples obtidas em cada parcela experimental foram combinadas para formar uma amostra composta representativa da área de estudo como um todo. Essa amostra composta foi devidamente preparada e encaminhada ao laboratório para análise. No laboratório, a determinação do fósforo no solo foi realizada utilizando o método Mehlich.

Tabela 1. Análise física e química de solo (0 – 20 cm) do campo experimental

Propriedade do solo	2022	Propriedade do solo	2022
Argila (%)	31	CTC (cmolc dm ³)	6,01
pH (CaCl ₂)	5,8	Saturação de Bases (V%)	66
P- Fósforo (Mg dm ³)	27,1	Saturação de Alumínio (m%)	0
K - Potássio (Mg dm ³)	125	Zn (mg dm ³)	5,8
Matéria Orgânica (dag kg ¹)	3,1	S (mg dm ³)	14,4
Al (Cmolc dm ³)	0	Mn (mg dm ³)	7
Ca (Cmolc dm ³)	4,2	Cu (mg dm ³)	2,8
Mg (Cmolc dm ³)	1,5	B (mg dm ³)	0,66
H+Al (Cmolc dm ³)	3,08		

4.1.2. Delineamento experimental

Neste estudo de campo, foi adotado o delineamento de blocos em faixa (Figura 2), com dois tratamentos e dez repetições (2x10). Em total, foram utilizadas 20 unidades experimentais, cada uma medindo 196 m² (equivalente a 14 m x 14 m).

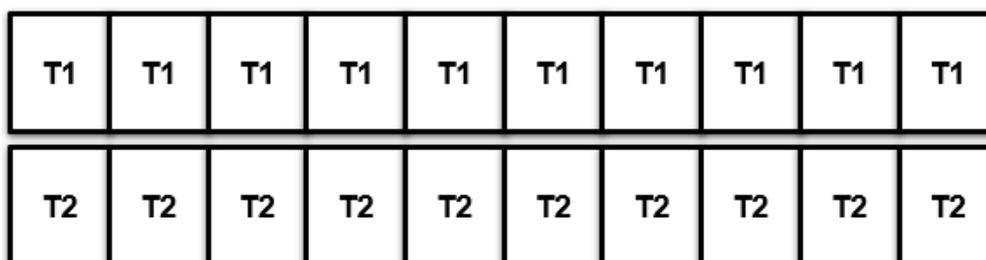


Figura 2. Delineamento experimental (2X10) para o experimento em campo

4.1.3. Condução do experimento

O tratamento Controle foi caracterizado pelo tratamento de sementes padrão utilizado na propriedade, composto pelos seguintes produtos comerciais e doses: CoMoNi – 200 mL 100kg⁻¹, Certeza N – 200 mL 100kg⁻¹, Much – 250 mL 100kg⁻¹, Fipronil – 150 mL 100kg⁻¹. No tratamento com inoculantes, utilizou-se o mesmo tratamento semente padrão, adicionando-se o inoculante com as cepas de *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*. A inoculação foi realizada no local com um tratador de sementes mecânico (Figura 3). As cepas presentes no inoculante são: B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*), foram aplicadas na dose de 200 mL 100kg⁻¹, com concentração de 4 × 10⁹ CFU mL⁻¹ [Registro comercial I Nu. PR 003401-0.000034 no Ministério da Agricultura Brasileiro (MAPA)].



Figura 3. Tratamento de sementes e inoculação de *Bacillus spp.*

A semeadura de soja foi realizada dia 8 de outubro de 2022, logo após a inoculação das sementes. Foi utilizada a cultivar de hábito indeterminado GUEPARDO (67168RSF IPRO), com distribuição linear de 15 sementes por metro. A semeadora utilizada foi uma Case modelo EASYRISER, dosadores pneumáticos e com 17 linhas, a uma velocidade de 7,0 km h⁻¹. Adubação no sulco foi com 150 kg ha⁻¹ de MAP (Fosfato monoamônico). As práticas culturais durante a condução da cultura foram realizadas de acordo com as recomendações para o cultivo da soja. Aplicações de herbicidas, inseticidas e fungicidas foram realizadas de acordo com o monitoramento e a necessidade de aplicação. A colheita foi realizada em 4 de fevereiro de 2023.

4.1.4. Características avaliadas

A primeira avaliação de plantas por metro linear foi realizada no estágio V3 [Classificação fenológica segundo FEHR e CAVINESS (1977)], onde, estendeu-se uma fita métrica de 10 metros e realizou-se a contagem de todas as plantas, com três repetições por unidade amostral (Figura 4A).

As avaliações a seguir foram realizadas com base na média obtida de 10 medições por parcela. A altura da planta foi mensurada com uma fita métrica (Figura 4B), com primeira mensuração realizada no estágio fenológico V3 e outra durante o estágio fenológico R6. A massa fresca de parte aérea (Figura 4C) e raiz (Figura 4D)

foram determinadas com auxílio de balança digital de precisão em R1. O número de nós, vagens e grãos por planta foram realizados através de contagem manual (Figura 4E), em R6. Para o peso de mil grãos (PMG), 100 grãos foram contados manualmente e pesados em uma balança digital de precisão, em R8. Um sensor de umidade do modelo G10I Gehaka (Figura 4F) foi utilizado, para padronizar a umidade dos grãos em 13%, e, posteriormente a medida foi extrapolada para mil grãos (Figura 4G). Por fim, a produtividade em sacos (60 Kg) por hectare foi estimada pela a Equação 1.

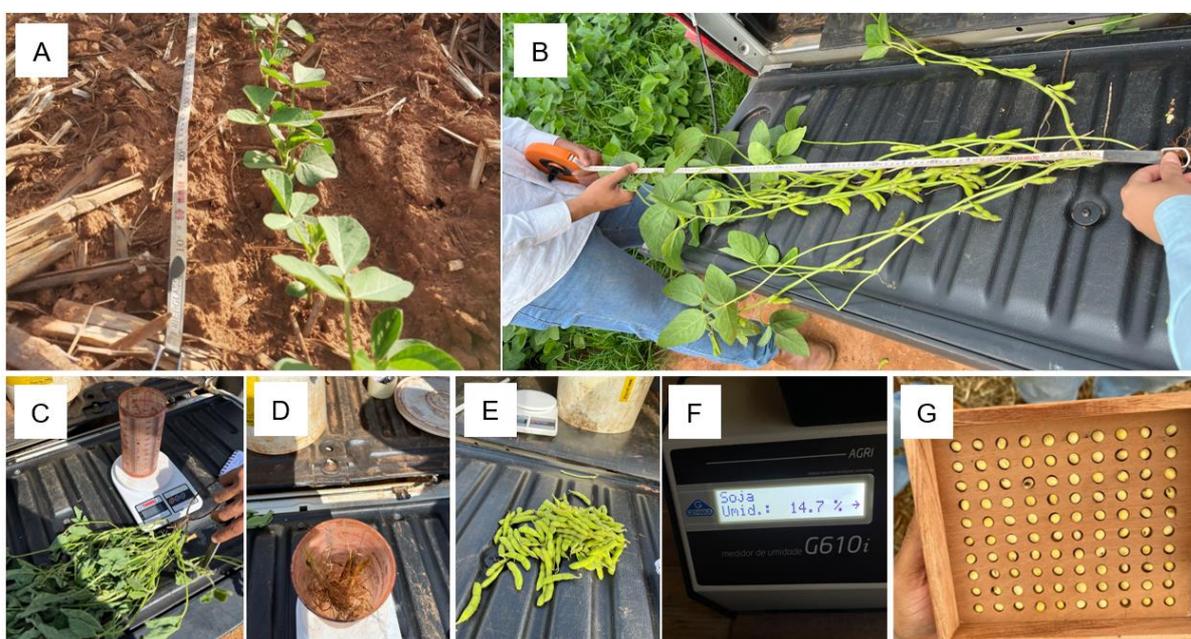


Figura 4. Avaliação de (a) estande de plantas, (b) altura de planta, (c) massa fresca da parte aérea, (d) massa fresca da raiz, (e) contagem manual do número de nós, vagens e grãos por planta, (f) sensor de umidade do modelo G10i gehaka, (g) peso de mil grãos (PMG).

$$\text{PROD} = \frac{(\text{plantas/ha}) \times (\text{vagens/planta}) \times (\text{grãos/vagem}) \times (\text{pmg})}{60000} \quad (1)$$

Em que PROD = Produtividade (Sc ha^{-1}), PMG = Peso de mil grãos (g).

4.1.5. Análise de pecíolo - seiva

A análise de seiva foi realizada em laboratório, por meio da avaliação do pecíolo, para determinar a quantidade de P (g kg^{-1}) nas plantas. Os pecíolos foram coletados no estágio fenológico R1, antes da plena floração, dentre as folhas mais novas, totalmente expandidas. Os pecíolos foram cortados, imediatamente acondicionados em sacos de papel e transportados para o laboratório (Figura 5).



Figura 5. Pecíolos coletados para análise de seiva

4.1.6. Análise econômica

Para a análise econômica foram calculados o lucro bruto (Equação 2), lucro líquido (Equação 3) e o ROI (Return on investment), (Equação 4). A cotação da saca de soja (60 kg) foi estabelecida de acordo com as cotações médias Cepea (2023) durante o período da colheita.

$$\text{LUCRO BRUTO (R\$/ha)} = \text{IPDTV (Sc ha}^{-1}\text{)} \times \text{PSJA (R\$ Sc}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Em que IPDTV = Incremento de produtividade, PSJA = Preço da saca de soja.

$$\text{LUCRO LÍQUIDO (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{lucro bruto (R\$ ha}^{-1}\text{)} - \text{custo inoculante (R\$ ha}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

$$\text{ROI (\%)} = \frac{\text{lucro líquido (R\$ ha}^{-1}\text{)} - \text{custo inoculante (R\$ ha}^{-1}\text{)}}{\text{custo inoculante (R\$ ha}^{-1}\text{)}} \times 100 \quad (4)$$

4.1.7. Análise estatística

Os dados do experimento de campo foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F ($p \leq 0,05$).

4.2. EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

4.2.1. Local do estudo

O experimento foi conduzido nos meses de maio e junho de 2023 em casa de vegetação do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, GO. A temperatura da casa de vegetação, foi monitorada durante o ensaio e apresentou valores médios de 27 ± 2 °C.

4.2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 4 tratamentos e três repetições (4x3), totalizando 36 unidades experimentais. Foram utilizados os seguintes tratamentos:

- 1) Controle (semente sem tratamento);
- 2) Inoculação com AbV5 *Azospirillum brasilense* (50 mL 100kg⁻¹);
- 3) Inoculação com B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) (200 mL 100kg⁻¹);
- 4) Co - inoculação com B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) (200 mL 100kg⁻¹) + AbV5 *Azospirillum brasilense* (50 mL 100kg⁻¹).

4.2.3. Condução do experimento

Para realizar a inoculação dos tratamentos, primeiramente, foram pesadas 500 gramas de sementes sem tratamento para cada tratamento, com auxílio de balança digital de precisão (Figura 6A). As doses foram ajustadas para a quantidade de sementes, para realizar a inoculação, sendo: *Azospirillum* (0,25 mL) e *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* (1 mL). Foi utilizada uma pipeta graduada de 1 mL para realizar as dosagens (Figura 7D). Após isso, os tratamentos foram diluídos em 300 mL de água com auxílio de becker e proveta, para facilitar a inoculação das sementes (Figura 6B e D). Os tratamentos foram realizados e as sementes acondicionadas por 20 minutos (Figura 6C). Por fim, as sementes inoculadas foram semeadas em vasos de 8L contendo solo, em casa de vegetação (Figura 6E).

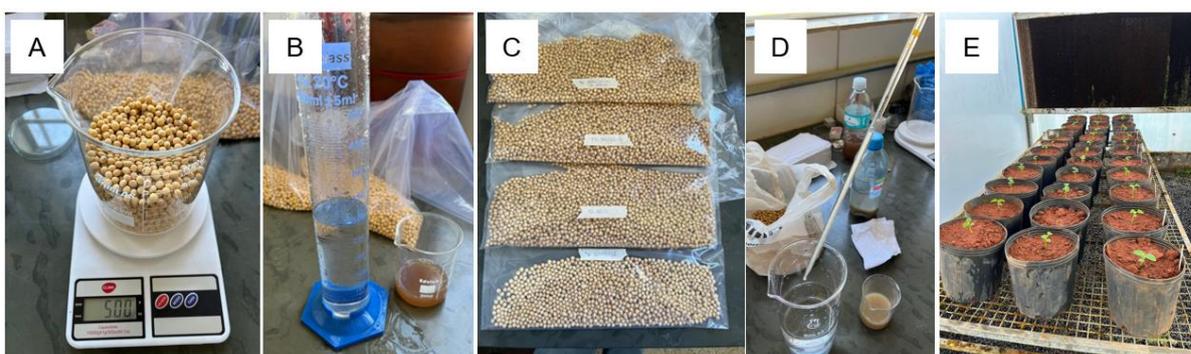


Figura 6. (a) Pesagem das sementes, (b) Diluição dos inoculantes, (c) Sementes, (d) Dosagem dos inoculantes e (e) Vasos.

4.2.4. Características avaliadas

Foi realizada a avaliação do índice de clorofila foliar (ICF), através de um clorofilômetro modelo ClorofiLOG (Figura 7A), o qual utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila (=635nm e 660nm) e um outro no infravermelho próximo (=880nm). A medição foi padronizada e o ICF foi medido apenas na folha do meio do primeiro trifólio completamente expandido, no estágio fenológico V2. Foram consideradas 5 medições para formar um valor médio que representava o valor do ponto de cada tratamento e em cada repetição.

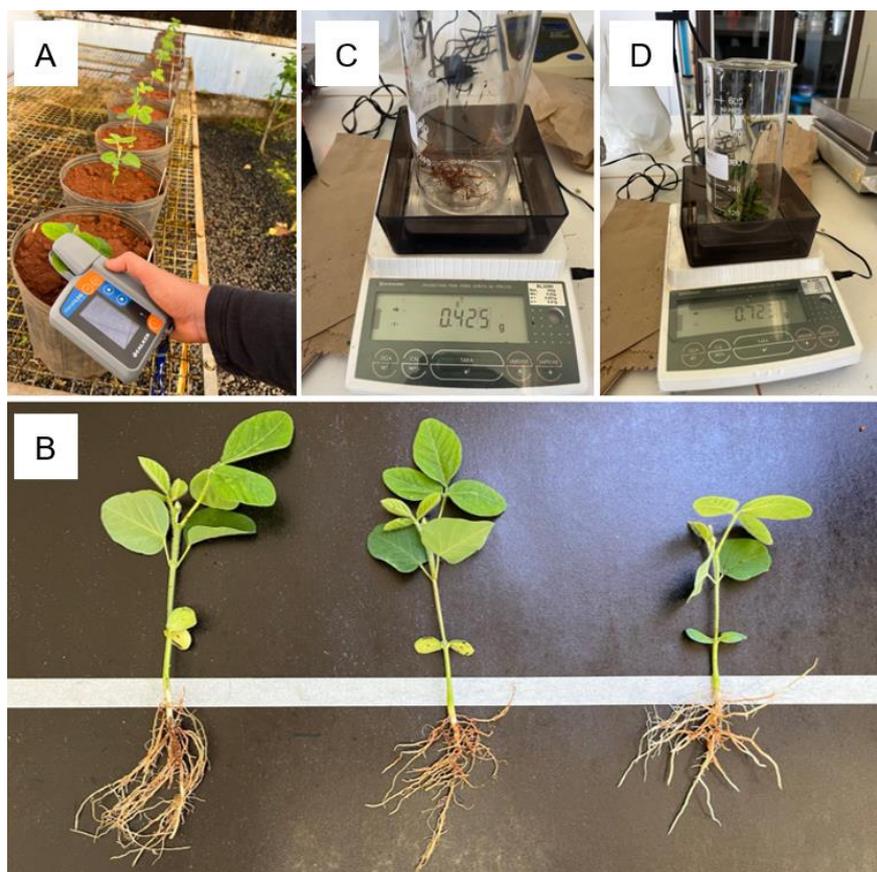


Figura 7. (a) Avaliação do índice de clorofila foliar (ICF), (b) Amostras limpas, (c) Massa seca da raiz e (d) Massa seca da parte aérea.

As avaliações de massa seca de raiz e parte aérea, foram realizadas no estágio fenológico V2, as amostras foram retiradas dos vasos e lavadas em água corrente e a fotografias realizadas (Figura 7B). Em seguida, as amostras foram secas em estufa, a 65°C, por um período de três dias, e ao fim da secagem as amostras foram pesadas com auxílio de uma balança digital de precisão (Figura 7C e D).

4.2.5. Análise estatística

Os dados do experimento em casa de vegetação foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F ($p \leq 0,05$), e as médias das variáveis com significâncias foram comparadas pelos testes de Tukey ($p \leq 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação com as cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) não influenciou na altura de planta de soja em V3 (Figura 8), corroborando com Santos et al. (2021) que, ao avaliar essas bactérias na cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.), não observaram diferença na altura de planta, nos primeiros estádios fenológicos.

De outro modo, o uso do inoculante proporcionou maior estande de plantas por metro (Figura 8). *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* são capazes de produzir fitormônios que auxiliam o crescimento e desenvolvimento do vegetal (OLIVEIRA et al., 2020), dessa forma a produção e disponibilidade desses hormônios devem ter promovido uma emergência maior e uniforme das plantas e conseqüentemente, um maior estande de plantas.

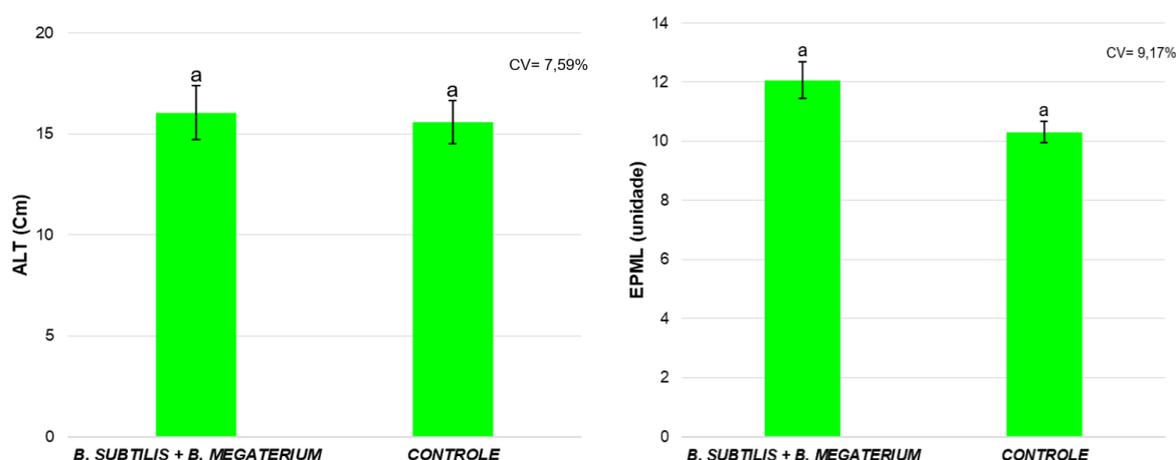


Figura 8. Altura de planta (ALT), estande de plantas por metro linear (EPML) de soja nos diferentes tratamentos. Valores médios de 10 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

As plantas inoculadas com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* obtiveram maior absorção de fósforo (Figura 9). Apresentando 29,9% a mais de fósforo na composição da seiva em relação às plantas não inoculadas. Isso se deve ao maior desenvolvimento das raízes secundárias proporcionadas por essas bactérias e à maior quantidade de fósforo disponível na solução do solo (SOUSA et al., 2021; PAIVA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020). Não houve diferença estatística das

médias de massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz, nas avaliações de campo (Figura 9). Santos et al. (2021), avaliando a influência desses inóculos na massa seca da parte área de aveia branca em campo, também, não encontrou diferenças significativas.

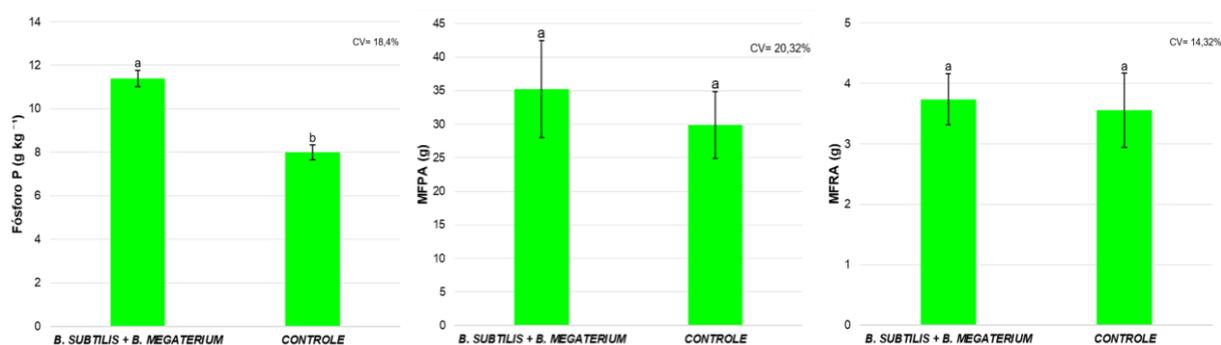


Figura 9. Quantidade de fósforo (P) na seiva em (g/kg), massa fresca da raiz (MFRA), massa fresca da parte aérea (MFPA). Valores médios de 10 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

As plantas inoculadas com as cepas de *Bacillus* demonstraram uma maior altura de planta e um maior número de nós por planta no estágio fenológico R6 (Figura 10). De acordo com Neto et al. (2010), a altura das plantas de soja está diretamente relacionada às doses de fósforo absorvidas pelas plantas. A maior absorção de fósforo pelas plantas inoculadas com as cepas de *Bacillus* desempenhou um papel crucial no aumento significativo da altura das plantas e no incremento do número de nós observados. Esse maior suprimento de fósforo provavelmente estimulou o crescimento das estruturas aéreas e o surgimento de novos nós nas plantas de soja. Assim, a maior absorção de fósforo pelas plantas inoculadas deve ter contribuído para o aumento da altura e do número de nós nessas plantas.

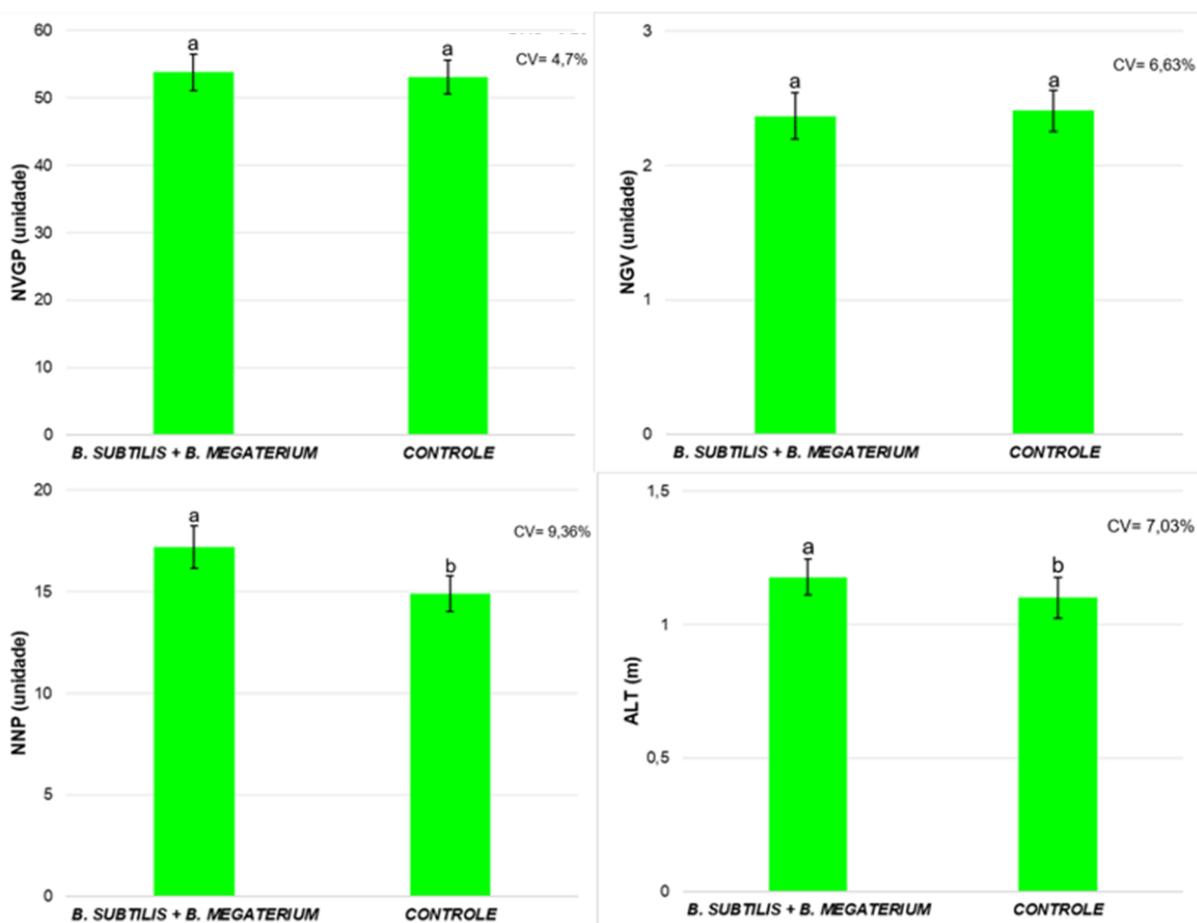


Figura 10. Número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVGP), número de nós por planta (NNP), altura de planta (ALT). Valores médios de 10 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Não foram encontradas diferenças significativas nos tratamentos em relação ao número de vagens por planta e número de grãos por vagem (Figura 10). O peso de mil grãos foi estatisticamente maior para o controle (Figura 11). O número de vagens e grãos por planta e o peso de mil grãos são componentes produtivos variáveis a modificação do arranjo de plantas, pois são diretamente influenciados pela genética e pelo ambiente (ZANON et al. 2018).

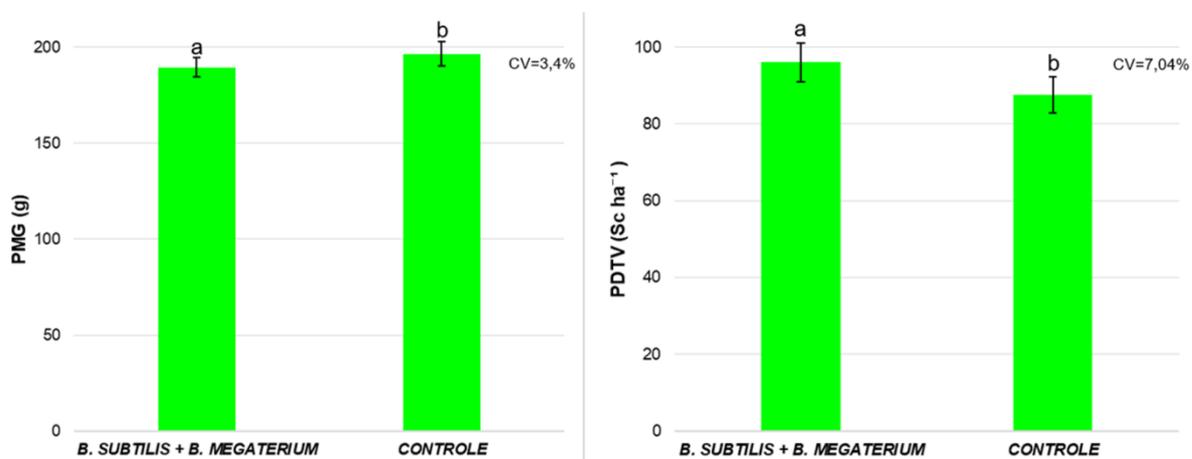


Figura 11. Peso de mil grãos (PMG), produtividade (PDTV). Valores médios de 10 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Embora o tratamento com *B. megaterium* e *B. subtilis* tenha apresentado mesmo número de vagens e grãos por planta e menor peso de mil grãos em comparação ao tratamento controle, a produtividade final desse tratamento foi 8,87% maior (Figura 11). Isso deve ter ocorrido porque a utilização dessas bactérias forneceu maior estande de plantas e maior absorção de fósforo pelas plantas. Então, as plantas inoculadas com *B. megaterium* e *B. subtilis* conseguiram manter uma quantidade satisfatória de vagens por planta, número de grãos por vagem e PMG em um estande de plantas maiores, em relação ao controle.

Por fim, a análise econômica demonstrou bons resultados (Tabela 6). O uso do produto a base de *B. megaterium* e *B. subtilis* incrementou 8,5 sacas por hectare na produtividade, utilizando a cotação de soja do período em 160 reais (CEPEA, 2023). O uso desse produto propiciou lucro bruto de 1360 reais por hectare, lucro líquido 1285 reais por hectare (quando subtraído o custo do produto) e retorno sobre o investimento (ROI) de 94,12%.

Tabela 6. Descrição da análise econômica e indicadores.

<i>B. subtilis</i> + <i>B. megaterium</i>	740	R\$/L
Dose	200	mL.100 kg ⁻¹
Soja (CEPEA, 2023)	160	R\$/Sc
Incremento de Produtividade	8,5	Sc/ha
Custo Total – Produto	75,48	R\$/ha
Lucro Bruto	1360	R\$/ha
Lucro Líquido	1285	R\$/ha
ROI (Return on Investment)	94,12	%

Para o experimento em casa de vegetação, o Índice de Clorofila Foliar (ICF) foi estatisticamente maior apenas na inoculação isolada de *B. subtilis* + *B. megaterium*, os demais tratamentos não foram estatisticamente diferentes (Figura 12). A presença de clorofila e a cor verde das folhas estão diretamente relacionadas com a quantidade de nitrogênio presente nas folhas. Isso ocorre porque entre 50% e 70% do nitrogênio presente nas folhas está nos cloroplastos, onde desempenha um papel fundamental na síntese e estrutura das moléculas de clorofila. Além disso, o nitrogênio também está envolvido na produção de massa seca da planta e na taxa fotossintética. Portanto, a concentração de clorofila e a coloração verde das folhas são indicadores da quantidade de nitrogênio disponível para a planta e seu metabolismo fotossintético (BACELAR et al., 2015). Sendo assim, infere-se que o uso de *B. subtilis* + *B. megaterium* proporcionou plantas mais vigorosas, o que foi evidenciado pelos parâmetros maiores de Índice de Clorofila Foliar (ICF).

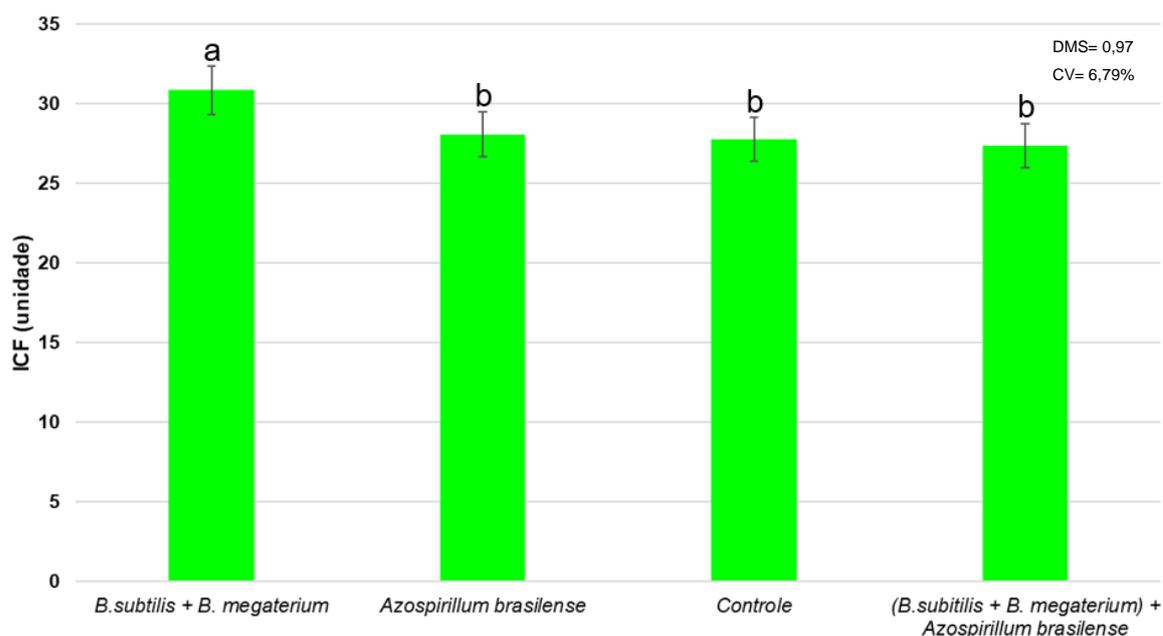


Figura 12. Índice de Clorofila Foliar (ICF). Valores médios de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Para massa seca da parte aérea (Figura 13), a massa foi significativamente maior nas plantas inoculadas com *B. subtilis* + *B. megaterium* quando comparadas aos demais tratamentos, a co-inoculação de (*B. subtilis* + *B. megaterium*) + *Azospirillum brasilense* foi estatisticamente igual ao tratamento controle e a inoculação isolada de *Azospirillum brasilense* foi significativamente menor do que o tratamento controle. Notavelmente, as plantas inoculadas com a combinação de *B. subtilis* e *B. megaterium* demonstraram uma maior massa seca da parte aérea em comparação com os demais tratamentos. Esses achados demonstram que a co-inoculação dessas duas cepas bacterianas pode promover um efeito sinérgico no crescimento e desenvolvimento das plantas. Por outro lado, a co-inoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* com *Azospirillum brasilense* não resultou em um aumento significativo na massa seca da parte aérea em relação ao tratamento controle. Isso indica que a interação entre essas cepas bacterianas pode ser complexa e necessita de estudos adicionais para compreender melhor seus efeitos sobre o desempenho das plantas. Além disso, é interessante notar que a inoculação isolada de *Azospirillum brasilense* resultou em uma massa seca da parte aérea

significativamente menor quando comparada ao tratamento controle. Essa redução pode estar relacionada à alta produção de auxinas pelo *Azospirillum brasilense*, que pode afetar o desenvolvimento das plantas em determinadas condições.

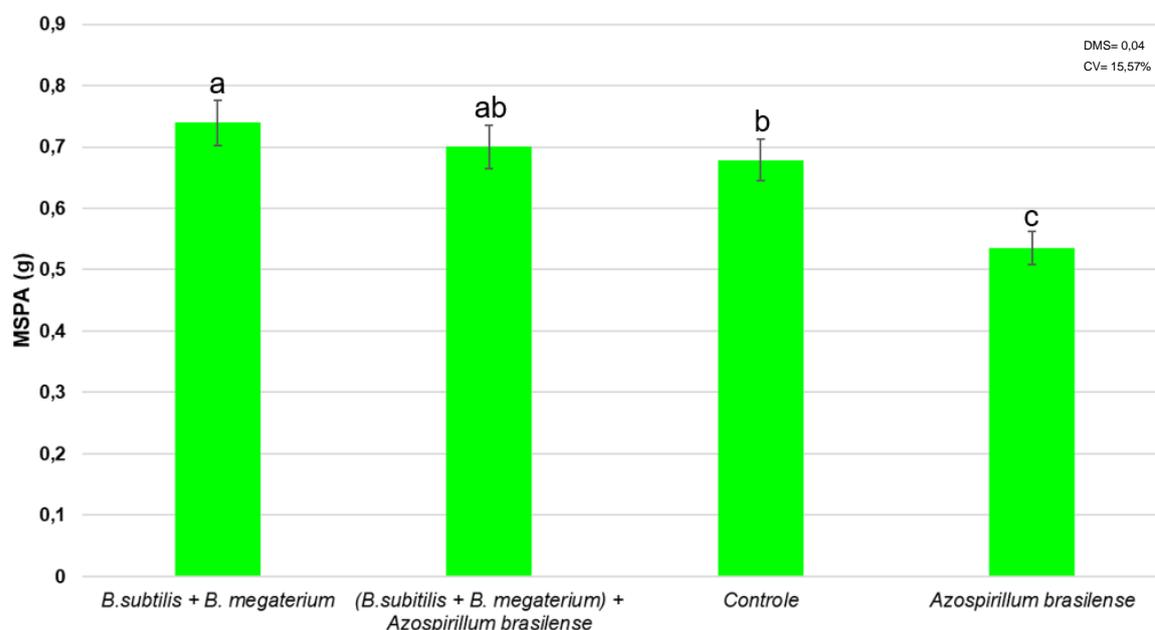


Figura 13. Massa seca da parte aérea (MSPA). Valores médios de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Para massa seca da raiz (Figura 14), a inoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium* ou a co-inoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium* + *Azospirillum brasilense* apresentaram as maiores massas de raízes, sendo estatisticamente iguais entre si e significativamente maiores que o tratamento controle e a inoculação isolada de *Azospirillum brasilense*. Inoculantes contendo *B. subtilis* + *B. megaterium*, promoveram um aumento de até 28,57% e 9,45% para massa seca das raízes e massa seca da parte aérea, respectivamente, em comparação ao tratamento controle. A inoculação isolada de *B. subtilis* + *B. megaterium* ou a co-inoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium* + *Azospirillum brasilense* promovem um melhor desenvolvimento da parte aérea e das raízes da soja (Figura 15). Esse efeito positivo provavelmente está relacionado à capacidade dessas bactérias em produzir fitormônios que estimulam o crescimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2020). No

entanto, é necessário conduzir futuros experimentos para otimizar as doses e potencializar os efeitos da co-inoculação mencionada. Além disso, é importante investigar porque a inoculação isolada de *Azospirillum brasilense* teve efeitos negativos em alguns parâmetros durante as fases iniciais do desenvolvimento da soja neste experimento.

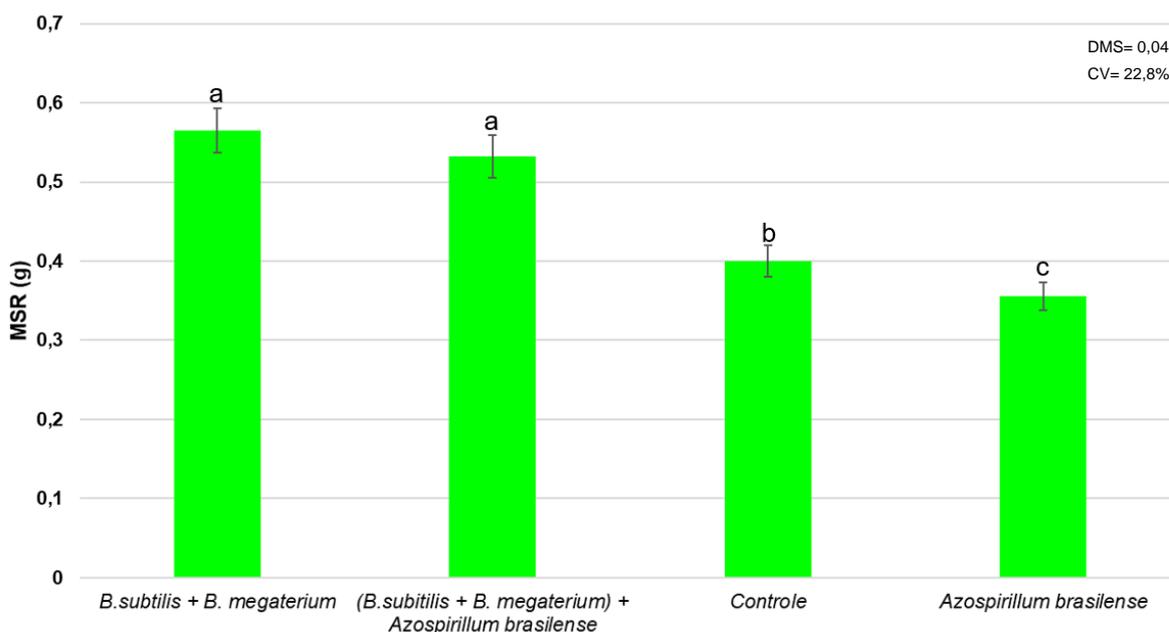


Figura 14. Massa seca da raiz (MSR). Valores médios de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

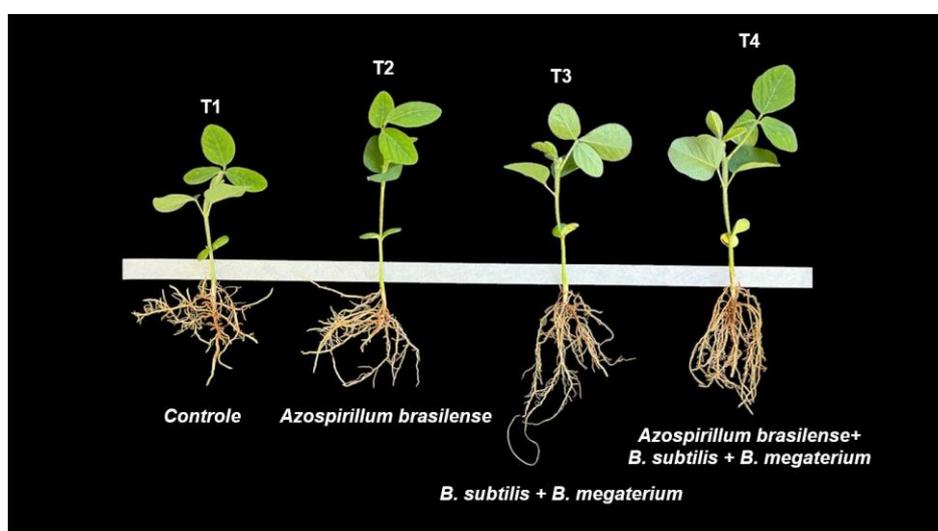


Figura 15. Avaliação fotográfica dos tratamentos.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, fica evidente que a inoculação das cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) é uma estratégia altamente eficiente para aumentar a produtividade da cultura de soja. A combinação dessas bactérias promotoras de crescimento resultou em um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente em relação às raízes. O sistema radicular mais robusto proporcionado pela inoculação pode ser um fator crucial para o aumento da produtividade, uma vez que raízes bem desenvolvidas são capazes de explorar o solo de forma mais eficiente em busca de água e nutrientes.

Além disso, o uso dessas cepas bacterianas também apresenta benefícios em relação à eficiência no uso de fertilizantes fosfatados. A inoculação com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* pode promover uma maior absorção de fósforo pelas plantas, reduzindo a dependência de fertilizantes fosfatados e, conseqüentemente, diminuindo os custos de produção. Isso contribui para um melhor desempenho econômico da cultura de soja, proporcionando ganhos financeiros aos produtores.

Com um bom desempenho econômico e os benefícios adicionais de melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, o uso das cepas B119 e B2084 apresenta-se como uma estratégia promissora para aprimorar a produtividade e a sustentabilidade da cultura de soja.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALORI, E.T.; GLICK, B.R.; BABALOLA, O.O. MICROBIAL PHOSPHORUS SOLUBILIZATION AND ITS POTENTIAL FOR USE IN SUSTAINABLE AGRICULTURE. MICROBIAL PHOSPHORUS SOLUBILIZATION AND ITS POTENTIAL FOR USE IN SUSTAINABLE AGRICULTURE, [S. L.], V. 8, 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/ARTICLES/10.3389/FMICB.2017.00971/FULL](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.00971/full). ACESSO EM: 7 MAIO 2023.
- ABREU, C. S. DE; FIGUEIREDO, J. E. F.; OLIVEIRA, C. A.; SANTOS, V. L. DOS; GOMES, E. A.; RIBEIRO, V. P.; BARROS, B. DE A.; LANA, U. G. DE P.; MARRIEL,

I. E. MAIZE ENDOPHYTIC BACTERIA AS MINERAL PHOSPHATE SOLUBILIZERS. GENETICS AND MOLECULAR RESEARCH, V. 16, N. 1, P. 1-13, 2017.

BACELAR, BETÂNIA MARIA FILHA SOARES ET AL. USO DO MEDIDOR DE CLOROFILA PORTÁTIL (CLOROFILÔMETRO) NA ADUBAÇÃO NITROGENADA DE PASTAGENS, [S. L.], 2015. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://AINFO.CNPTIA.EMBRAPA.BR/DIGITAL/BITSTREAM/ITEM/216348/1/CP_AFRO-18443-DOC-161.PDF](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216348/1/CP_AFRO-18443-DOC-161.pdf). ACESSO EM: 14 JUN. 2023.

BANCO MUNDIAL: POPULAÇÃO TOTAL. [S. L.], 2021. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://DATA.WORLDBANK.ORG/INDICATOR/SP.POP.TOTL](https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL). ACESSO EM: 9 MAIO 2023.

BEHERA, B. C., YADAV, H., SINGH, S. K., MISHRA, R. R., & SETHI, B. K. (2017). BIOFERTILIZERS: A POTENTIAL APPROACH FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE DEVELOPMENT. ENVIRONMENTAL AND SUSTAINABILITY INDICATORS, 2(4), 137-141.

CEPEA. INDICADOR DA SOJA CEPEA/ESALQ - PARANÁ. [S. L.], 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.CEPEA.ESALQ.USP.BR/BR/INDICADOR/SOJA.ASPX](https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx). ACESSO EM: 22 MAIO 2023.

CEPEA. PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. [S. L.], 2022. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.CEPEA.ESALQ.USP.BR/BR/PIB-DO-AGRONEGOCIO-BRASILEIRO.ASPX](https://www.cepea.esalq.usp.br/br/ PIB-DO-AGRONEGOCIO-BRASILEIRO.aspx). ACESSO EM: 9 MAIO 2023.

CONAB. BOLETIM DA SAFRA DE GRÃOS: 9º LEVANTAMENTO - SAFRA 2022/23. [S. L.], 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.CONAB.GOV.BR/INFO-AGRO/SAFRAS/GRAOS/BOLETIM-DA-SAFRA-DE-GRAOS](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos). ACESSO EM: 9 MAIO 2023.

CORRÊA, JULIANO CORULLI, MAUAD, MUNIR E ROSOLEM, CIRO ANTÔNIO. FÓSFORO NO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE SOJA INFLUENCIADOS PELA ADUBAÇÃO FOSFATADA E COBERTURA VEGETAL. PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA [ONLINE]. 2004, V. 39, N. 12 [ACESSADO 9 MAIO 2023], PP. 1231-1237. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0100-204X2004001200010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200010)>. EPUB 14 FEV 2005. ISSN 1678-3921. [HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0100-204X2004001200010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200010).

ESTEVEES, EDUARDO ET AL. SAP ANALYSIS: A POWERFUL TOOL FOR MONITORING PLANT NUTRITION. SAP ANALYSIS: A POWERFUL TOOL FOR MONITORING PLANT NUTRITION, [S. L.], 2021. DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/HORTICULTURAE7110426](https://doi.org/10.3390/horticulturae7110426). DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.MDPI.COM/2311-7524/7/11/426](https://www.mdpi.com/2311-7524/7/11/426). ACESSO EM: 5 JUN. 2023.

FANCELLI, A.L. (ED.). SOJA: CONDICIONANTES DA ALTA PRODUTIVIDADE. [S. L.: S. N.], 2017.

FEHR WR, CAVINESS CE. STAGES OF SOYBEAN DEVELOPMENT. IOWA: COOPERATIVE EXTENSION SERVICE; 1977. (SPECIAL REPORTS, 80). AVAILABLE FROM: [HTTPS://LIB.DR.IASTATE.EDU/SPECIALREPORTS/87](https://lib.dr.iastate.edu/specialreports/87).

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. (ED.). NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. 2. ED. [S. L.: S. N.], 2018.

GOMES, E. A.; SILVA, U. DE C.; MARRIEL, I. E.; PAIVA, C. A. O.; LANA, U. G. DE P. ROCK PHOSPHATE SOLUBILIZING MICROORGANISMS ISOLATED FROM MAIZE RHIZOSPHERE SOIL. REVISTA BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, V. 13, N. 1, P. 69-81, 2014

LEITE, RUBSON DA COSTA ET AL. INCREASE IN YIELD, LEAF NUTRIENT, AND PROFITABILITY OF SOYBEAN CO-INOCULATED WITH BACILLUS STRAINS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI. REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO [ONLINE]. 2022, V. 46 [ACCESSED 9 MAY 2023], E0220007. AVAILABLE FROM: <[HTTPS://DOI.ORG/10.36783/18069657RBCS20220007](https://doi.org/10.36783/18069657RBCS20220007)>. EPUB 27 JUNE 2022. ISSN 1806-9657. [HTTPS://DOI.ORG/10.36783/18069657RBCS20220007](https://doi.org/10.36783/18069657RBCS20220007).

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. IN: EXPORTAÇÕES DO AGRONEGÓCIO FECHAM 2022 COM US\$ 159 BILHÕES EM VENDAS: PREÇOS INTERNACIONAIS DAS COMMODITIES AGRÍCOLAS INFLUENCIARAM O DESEMPENHO. [S. L.], 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.GOV.BR/AGRICULTURA/PT-BR/ASSUNTOS/NOTICIAS/EXPORTACOES-DO-AGRONEGOCIO-FECHAM-2022-COM-US-159-BILHOES-EM-VENDAS](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-fecham-2022-com-us-159-bilhoes-em-vendas). ACESSO EM: 9 MAIO 2023.

MALAVOLTA, E. (2006). NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. EDITORA AGRONÔMICA CERES.

NETO, FRANCISCO DE ALCÂNTARA ET AL. ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA SOJA NA MICRORREGIÃO DO ALTO MÉDIO GURGUÉIA. PHOSPHORUS FERTILIZATION IN THE SOYBEAN CROP AT THE MICRO REGION OF ALTO MÉDIO GURGUÉIA, [S. L.], 2010. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.SCIELO.BR/J/RCA/A/JQHDXRJGVRXYTPNGHSDFNRH/?FORMAT=PDF#:~:TEXT=AS%20ALTURAS%20DAS%20PLANTAS%20DE,KG%20HA%2D1%20DE%20P2O5](https://www.scielo.br/j/rca/a/jqhdxrjgvrxytpnghsdfnrh/?format=pdf#:~:text=AS%20ALTURAS%20DAS%20PLANTAS%20DE,KG%20HA%2D1%20DE%20P2O5). ACESSO EM: 1 MAR. 2023.

OLIVEIRA, C.A. ET AL. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO BIOMAPHOS® (BACILLUS SUBTILIS CNPMS B2084 E BACILLUS MEGATERIUM CNPMS B119) NAS CULTURAS DE MILHO E SOJA, [S. L.], 2020. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.EMBRAPA.BR/BUSCA-DE-PUBLICACOES/-/PUBLICACAO/1126348/VIABILIDADE-TECNICA-E-ECONOMICA-DO-BIOMAPHOS-BACILLUS-SUBTILIS-CNPMS-B2084-E-BACILLUS-MEGATERIUM-CNPMS-B119-NAS-CULTURAS-DE-MILHO-E-SOJA](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126348/viabilidade-tecnica-e-economica-do-biomaphos-bacillus-subtilis-cnpms-b2084-e-bacillus-megaterium-cnpms-b119-nas-culturas-de-milho-e-soja). ACESSO EM: 9 MAIO 2023.

PAIVA, CHRISTIANE ABREU DE OLIVEIRA ET AL. COMUNICADO TÉCNICO 252. INOCULANTE À BASE DE BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO NAS CULTURAS DO MILHO E DA SOJA (BIOMAPHOS®): DÚVIDAS FREQUENTES E BOAS PRÁTICAS DE INOCULAÇÃO, [S. L.], 2021. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.EMBRAPA.BR/BUSCA-DE-PUBLICACOES/-/PUBLICACAO/1135409/INOCULANTE-A-BASE-DE-BACTERIAS SOLUBILIZADORAS-DE-FOSFATO-NAS-CULTURAS-DO-MILHO-E-DA-SOJA BIOMAPHOS-DUVIDAS-FREQUENTES-E-BOAS-PRATICAS-DE-INOCULACAO](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1135409/inoculante-a-base-de-bacterias-solubilizadoras-de-fosfato-nas-culturas-do-milho-e-da-soja-biomaphos-duvidas-frequentes-e-boas-praticas-de-inoculacao). ACESSO EM: 6 ABR. 2023.

PAIVA, C.A.O. ET AL. RECOMENDAÇÃO AGRONÔMICA DE CEPAS DE BACILLUS SUBTILIS (CNPMS B2084) E BACILLUS MEGATERIUM (CNPMS B119) NA CULTURA DO MILHO. RECOMENDAÇÃO AGRONÔMICA DE CEPAS DE BACILLUS SUBTILIS (CNPMS B2084) E BACILLUS MEGATERIUM (CNPMS B119) NA CULTURA DO MILHO, [S. L.], 2020. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.EMBRAPA.BR/BUSCA-DE-PUBLICACOES/-/PUBLICACAO/1120362/RECOMENDACAO-AGRONOMICA-DE-CEPAS-DE-BACILLUS-SUBTILIS-CNPMS-B2084-E-BACILLUS-MEGATERIUM-CNPMS-B119-NA-CULTURA-DO-MILHO](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1120362/recomendacao-agronomica-de-cepas-de-bacillus-subtilis-cnpms-b2084-e-bacillus-megaterium-cnpms-b119-na-cultura-do-milho). ACESSO EM: 9 MAIO 2023.

PAVINATO, P.S. ET AL. REVEALING SOIL LEGACY PHOSPHORUS TO PROMOTE SUSTAINABLE AGRICULTURE IN BRAZIL. REVEALING SOIL LEGACY PHOSPHORUS TO PROMOTE SUSTAINABLE AGRICULTURE IN BRAZIL, [S. L.], 2020. DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.1038/S41598-020-72302-1](https://doi.org/10.1038/S41598-020-72302-1). DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.NATURE.COM/ARTICLES/S41598-020-72302-1](https://www.nature.com/articles/S41598-020-72302-1). ACESSO EM: 8 MAIO 2023.

PINTO, FLÁVIO ARAUJO. SORÇÃO E DESSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DE CERRADO. 2012. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, [S. L.], 2012. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://FILES.CERCOMP.UFG.BR/WEB/UP/217/O/FL%C3%A1vio.pdf?1352468756](https://files.cercomp.ufg.br/web/UP/217/O/FL%C3%A1vio.pdf?1352468756). ACESSO EM: 8 MAIO 2023.

SANTOS, A. F. DOS; CORRÊA, B. O.; KLEIN, J.; BONO, J. A. M. .; PEREIRA, L. C.; GUIMARÃES, V. F.; FERREIRA, M. B. BIOMETRICS AND NUTRITIONAL STATUS OF WHITE OAT (*AVENA SATIVA* L.) CULTURE UNDER *BACILLUS SUBTILIS* AND *B. MEGATERIUM* INOCULATION, 2021.

SEDIYAMA, TUNEO; SILVA, FELIPE; BORÉM, ALUÍZIO (ED.). SOJA: DO PLANTIO À COLHEITA. [S. L.: S. N.], 2015.

SOUSA, S. M. DE; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. DE P.; GOMES, E. A. TROPICAL *BACILLUS* STRAINS INOCULATION ENHANCES MAIZE ROOT SURFACE AREA, DRY WEIGHT, NUTRIENT UPTAKE AND GRAIN YIELD. *JOURNAL OF PLANT GROWTH REGULATION*, V. 40, P. 867-877, 2021. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S00344-020-10146-9](https://doi.org/10.1007/S00344-020-10146-9).

VELLOSO, C. C. V.; OLIVEIRA, C. A.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. DE P.; CARVALHO, C. G.; GUIMARÃES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; SOUSA, S. M. GENOME-GUIDED INSIGHTS OF TROPICAL *BACILLUS* STRAINS EFFICIENT IN MAIZE GROWTH PROMOTION. *FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY*, V. 96, N. 9, FIAA157, 2020.

WITHERS, P.J.A., RODRIGUES, M., SOLTANGHEISI, A. ET AL. TRANSITIONS TO SUSTAINABLE MANAGEMENT OF PHOSPHORUS IN BRAZILIAN AGRICULTURE. *SCI REP* 8, 2537 (2018). [HTTPS://DOI.ORG/10.1038/S41598-018-20887-Z](https://doi.org/10.1038/S41598-018-20887-Z)

ZANON, ALENCAR JUNIOR ET AL. ECOFISIOLOGIA DA SOJA: VISANDO ALTAS PRODUTIVIDADES. 1. ED. SANTA MARIA: [S. N.], 2018. ISBN 978-85-54856-14-4.