

INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO CAMPUS Posse

Uso de *Bacillus megatherium* para solubilização de fósforo na cultura da soja

MYKAELLE MOREIRA DE SOUZA

Posse, GO

2025

MYKAELLE MOREIRA DE SOUZA

Uso de *Bacillus megatherium* para solubilização de fósforo na cultura da soja

Monografia apresentada à Banca Examinadora
do Curso de especialização em Bioinsumos
Instituto Federal Goiano como exigência
parcial para obtenção do título de especialista
em Bioinsumos.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Felisberto Pereira

Posse, GO

2025

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

M838	Moreira de Souza, Mykaelle Uso de <i>Bacillus Megatherium</i> para solubilização de fósforo na cultura da soja / Mykaelle Moreira de Souza. Posse Goiás 2025. 26f. il. Orientador: Prof. Dr. Lucas Felisberto Pereira. Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de 0730426 - Especialização em Bioinsumos - Posse (Campus Posse). I. Título.
------	--



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

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

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|---|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☒ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo: _____

Nome completo do autor: _____

Matrícula: _____

Título do trabalho: _____

Uso de Bacillus megaterium para solubilização de fósforo na cultura da soja

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10 / 12 / 25

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

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Rose Jovir
Local

05 / 12 / 25
Data

Myrielle Mariana de Souza
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo: _____

Assinatura do(a) orientador(a) _____



Documento assinado digitalmente

LUCAS FELISBERTO PEREIRA

Data: 05/12/2025 14:30:02-0300

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



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

Ata nº 14/2025 - CCBAGR-POS/CE-POS/GE-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 3 CEBIO/IF Goiano

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dezoito dias do mês de setembro de dois mil e vinte e cinco, às 15 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Lucas Felisberto Pereira (orientador), Prof. Danilo Gomes de Oliveira (membro interno) e Prof. George de Oliveira Barros (membro interno), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado Uso de *Bacillus megatherium* para solubilização de fósforo na cultura da soja, de Mykaelle Moreira de Souza, estudante do curso de Lato Sensu em Bioinsumos do IF Goiano 3 Campus Posse, sob Matrícula nº 2024107304260008. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Campus, 19 de setembro de 2025.

(Assinado eletronicamente)
Lucas Felisberto Pereira
Orientador(a)

(Assinado eletronicamente)
Danilo Gomes de Oliveira
Membro da Banca Examinadora

(Assinado eletronicamente)
George de Oliveira Barros
Membro da Banca Examinadora

Documento assinado eletronicamente por:

- **Lucas Felisberto Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 17/10/2025 14:36:12.
- **Danilo Gomes de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 17/10/2025 14:50:58.
- **George Oliveira Barros, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 17/10/2025 15:36:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 19/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 746306

Código de Autenticação: 80ac0a2386



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Posse
Rodovia GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, SN, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000
(62) 9390-5391, (62) 3605-3698

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por me conceder forças, saúde e sabedoria para chegar até aqui. Sua presença foi essencial em cada passo desta trajetória.

A minha família, minha mãe Maria Ilda Pereira de Souza, meu pai Marco Antônio Moreira de Carvalho, meu irmão Marcos Moreira de Carvalho Filho, minhas irmãs Tatyane Pereira de Carvalho e Michelly Moreira de Souza. Ao meu filho Benício Moreira da Silva e ao meu marido Tiago Neves Pereira Valente, minha sincera gratidão pelo apoio constante, amor incondicional e incentivo nos momentos mais desafiadores. Sem vocês, esse caminho teria sido muito mais difícil.

Agradeço também ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse, que foi fundamental para a realização desta pesquisa e também as Instituições de apoio a **FAPEG**, **FUNAPE** e **CEBIO**.

. Agradecimentos aos professores Danilo Gomes de Oliveira e George Oliveira Barros pela presteza e colaboração com este trabalho

Por fim, deixo meu profundo agradecimento ao meu orientador, Dr. Lucas Felisberto Pereira, por toda a dedicação, paciência e orientação técnica. Sua contribuição foi indispensável para o desenvolvimento e finalização deste trabalho.



BIOGRAFIA DO ALUNO

Nascida em Guarani de Goiás, formada em Técnica Agropecuária pelo IFGoiano 2016 e Engenheira Agrônoma pelo Centro Universitário Leonardo Da Vinci 2025.

RESUMO

Para aumentar a produtividade da soja no cerrado microrganismos solubilizadores de fósforo estão sendo utilizados como alternativa para aperfeiçoar a eficiência na utilização de fósforo no solo disponibilizando para as plantas. Neste trabalho a adição de bactérias solubilizadoras de fósforo *Bacillus megaterium*, pode contribuir com a maior disponibilização de fósforo e maior crescimento da cultura, uma vez que tais bactérias também atuam como promotoras de crescimento vegetal. Os tratamentos implantados neste trabalho foram: T1 = sem suprimento de fósforo e sem inoculação de *Bacillus megaterium*; T2 = somente com o suprimento de fósforo e sem a inoculação de *Bacillus megaterium*; T3 = sem fornecimento de fósforo e inoculado com *Bacillus megaterium*; T4 = com fornecimento recomendado de fósforo e inoculado com *Bacillus megaterium* na soja. As variáveis resposta analisadas foram: Massa fresca da parte aérea, massa fresca do sistema radicular, diâmetro, altura e número de vagens. A matéria fresca de raiz teve maior peso quando os tratamentos passaram por adubação com fósforo. A soja teve uma maior altura em cm, maior diâmetro em mm e maior unidades de vagens quando adubada com fósforo e inoculada com o *Bacillus megaterium*, tornando favorável a associação da adubação com o inoculante biológico sobre a resposta produtiva da soja

Palavras-chave: Biológico. Produtividade. Microrganismo.

ABSTRACT

To increase soybean productivity in the cerrado, phosphorus-solubilizing microorganisms are being used as an alternative to improve the efficiency of phosphorus use in the soil, making it available to plants. In this study, the addition of phosphorus-solubilizing bacteria (*Bacillus megaterium*) can contribute to greater phosphorus availability and enhanced crop growth, as these bacteria also act as plant growth promoters. The treatments implemented in this study were: T1 = no phosphorus supply and no *Bacillus megaterium* inoculation; T2 = only phosphorus supply and no *Bacillus megaterium* inoculation; T3 = no phosphorus supply and inoculated with *Bacillus megaterium*; T4 = with recommended phosphorus supply and inoculated with *Bacillus megaterium* in soybeans. The response variables analyzed were: shoot fresh weight, root fresh weight, diameter, height, and number of pods. Root fresh weight had greater weight when the treatments received phosphorus fertilization. Soybeans had a greater height in cm, a greater diameter in mm and more pod units when fertilized with phosphorus and inoculated with *Bacillus megaterium*, making the association of fertilization with the biological inoculant favorable on the productive response of soybeans.

Keyword: Biological. Productivity. Microorganism.

ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Fotoaéreo do Campo experimental aolado direito do IF Goiano Campus Posse.....	2
FIGURA 2- Cultivar Olimpo IPRO	4
FIGURA 3 A - Sistema de irrigação.....	6
FIGURA 3 B - Manejo cultural da soja	6
FIGURA 4 A - Amostras das plantas de soja colhidas e levadas para o laboratório para lavagem das raízes e a secagem para Massa Fresca da Parte Aérea (MFA), Massa Fresca do Sistema Radicular (MFR), Diâmetro (D), Altura (H) e Número de Vagens (NV).....	7
FIGURA 4 B - Planta inteira.....	7

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Características do solo de acordo com os tratamentos	3
TABELA 2- Classificação do solo de acordo com os tratamentos e análise de micronutrientes.....	3
TABELA 3- Análise de solo	4
TABELA 4- Efeito da adubação ou não com fósforo e a inoculação ou não com <i>Bacillus megaterium</i> sobre as características de produção de massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, altura, diâmetro e número de vagens	8

LISTA DE SIGLAS

CTC	– Capacidade de troca catiônica
DI	– Diâmetro
H	– Altura
MFA	– Massa fresca da parte aérea
M.O.	– Matéria orgânica
MPF	– Massa fresca da raiz
NV	– Numero de vagens
P	– Fósforo
Pi	– Fósforo inorgânico
Po	– Fósforo orgânico

SUMÁRIO

1.	Introdução	1
2.	Metodologia	2
3.	Resultados e discussão	8
4.	Conclusões	11
5.	Referências bibliográficas.....	12

Introdução

Solos com baixa concentração de fósforo (P) tem se tornado um grande entrave para a agricultura brasileira, uma vez que esse nutriente é essencial para o crescimento das plantas, principalmente quanto ao desenvolvimento do sistema radicular da soja. A disponibilidade de fósforo no solo é influenciada pelo pH e a textura. Normalmente esta deficiência é suprida de forma rápida com o uso de fertilizantes à base de fósforo, porém com custos mais altos. No entanto, pesquisas tem se desenvolvido com o objetivo de reduzir a dependência de fertilizantes e promover uma agricultura mais econômica e ambientalmente responsável (Silva, 2021; Mendes et al., 2022).

Existe uma tendência mundial que busca alternativas mais sustentáveis, para atender a elevada demanda por adubos fosfatados no Brasil, especialmente por ser o maior produtor de soja do mundo nos últimos anos. Com uma dependência de fertilizantes químicos, em especial aos adubos fosfatados, que grande parte desse insumo é importado, o que torna o país vulnerável às oscilações do mercado e às políticas de empresas multinacionais (Sattar et al., 2019). Muitas pesquisas com o foco em práticas mais ecológicas e com menor uso de insumos, ou seja, têm se procurado tecnologias que possam reduzir o uso e a dependência desses insumos importados, promovendo ao mesmo tempo a manutenção ou até mesmo o aumento da produção de grãos (Rezende et al., 2021).

Segundo Oliveira-Paiva et al., (2020) é importante destacar os microrganismos solubilizadores de nutrientes no solo, que vêm se tornando cada vez mais foco de estudo quando se objetiva uma agricultura mais sustentável. Esses microrganismos estabelecem associações com as plantas, melhorando a disponibilidade de nutrientes que estão retidos no solo e aumentando sua absorção. Entre os microrganismos mais relevantes, destaca-se o gênero *Bacillus*, composto por bactérias Gram-positivas com cerca de 360 espécies. Esse gênero é conhecido por apresentar uma ampla diversidade de características metabólicas e fenotípicas, o que o torna versátil em diferentes ambientes agrícolas. Bactérias solubilizadoras de fosfato têm sido utilizados como biofertilizantes. Dentre esses gêneros estão as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* que solubilizam o fósforo que está retido e imobilizado nas partículas do solo, fazendo com que a planta absorva este fósforo, aumentando sua produtividade (Inual et al., 2009).

O uso de microrganismos na agricultura, traz vantagens como maior desenvolvimento fenológico e economia de uso de insumos. Sendo necessários mais estudos com as bactérias do gênero *Bacillus megaterium* que são menos exploradas que as do gênero *Rizhobium*, dependendo de mais avaliações sobre as interações entre este microrganismo e parâmetros de produtividade da soja (Schwaab e Aguiar, 2019).

A soja, por ser uma cultura de grande importância econômica, já demonstrou excelentes resultados ao uso de insumos biológicos, como a inoculação de microrganismos. Porém, novas

pesquisas com o uso de microrganismos do gênero *Bacillus*, estão sendo testados, pois esses organismos não apenas promovem a solubilização de nutrientes como também, a resistência a patógenos, além de ajudar a otimizar a absorção de nutrientes essenciais, como fósforo e potássio (Silva, 2021).

Diante do exposto, neste trabalho tem-se a hipótese de que a adição de bactérias solubilizadoras de fósforo, como o *Bacillus megaterium*, pode contribuir com a maior disponibilização de fósforo e maior crescimento da cultura, uma vez que tais bactérias também atuam como promotoras de crescimento vegetal.

Metodologia

O trabalho foi realizado na Escola Fazenda do Instituto Federal Goiano Campus Posse, GO - 453, km 2,5, Fazenda Vereda do Canto - Distrito Agroindustrial, localização geográfica 14°06'32"S; 46°19'38"W (Figura 1).

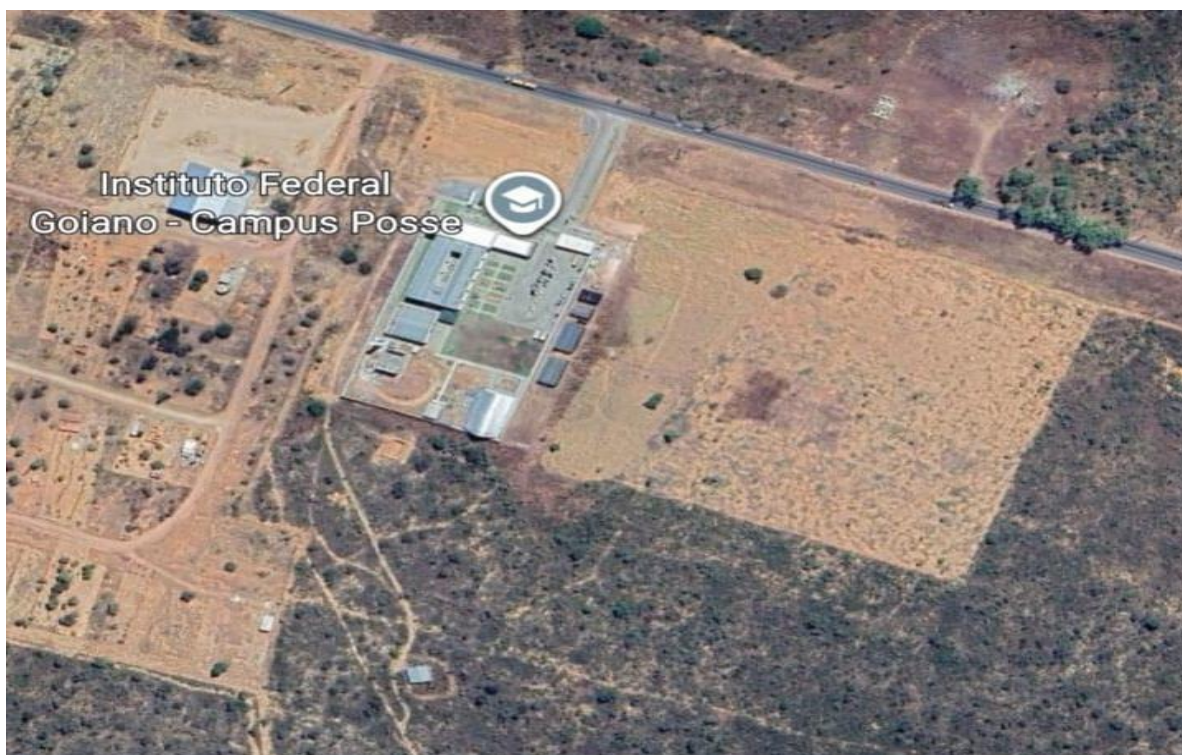


Figura 1. Foto aérea do Campo experimental ao lado direito do IFGoiano Campus Posse
Fonte: Google Earth

Os tratamentos implantados neste trabalho foram: Tratamento 1 (T1), sem suprimento de fósforo (P) e sem inoculação de *Bacillus megaterium*; Tratamento 2 (T2), somente com o suprimento de fósforo e sem a inoculação de *Bacillus megaterium*; Tratamento 3 (T3); sem fornecimento de fósforo e inoculado com *Bacillus megaterium* e Tratamento 4 (T4), com fornecimento recomendado de fósforo e inoculado com *Bacillus megaterium* na soja.

A classificação climática Aw, clima tropical com estação seca no inverno. As características do solo seguem na tabela de análise de solo (Tabela 1).

Tabela 1. Características do solo de acordo com os tratamentos

Tratamento	pH ¹	Ca ²	Mg ²	Al ²	H + Al ²	K ²	M.O. ³	P(meh) ⁴	P(res) ⁴	P(rem) ⁴
T1 sem P sem Biológico	6,74	13,80	11,25	0,00	9,00	0,22	17,31	5,47	-	63,67
T2 com P sem biológico	5,93	11,30	7,50	0,00	13,00	0,34	23,30	9,60	-	64,70
T3 sem P com biológico	6,67	13,80	11,25	0,00	10,00	0,17	22,37	5,33	-	63,67
T4 com P com Biológico	6,08	15,00	8,75	0,00	12,00	0,23	23,19	11,53	-	63,30

¹ = pH avaliado em CaCl₂; ² = mmol cdm⁻³; ³ = g.dm⁻³; ⁴ = mg.dm⁻³ (ppm) Meh = mehlich; res = resina; rem = remanescente

Na Tabela 2, os solos classificados como arenosos, sendo sua matriz constituída de 95% de areia e em média, 3% de argila, e o quantitativo de micronutrientes.

Tabela 2. Classificação do solo de acordo com os tratamentos e a análise de micronutrientes

Tratamento	S ¹	B ¹	Cu ¹	Fe ¹	Mn ¹	Zn ¹	Argila ²	Silte ²	Areia ²
T1 sem P sem Biológico	1,66	0,39	0,06	16,32	0,32	0,01	29,58	7,39	963,02
T2 com P sem biológico	1,77	0,51	0,06	17,44	0,26	0,01	31,58	7,89	960,52
T3 sem P com biológico	2,81	0,56	0,06	15,57	0,29	0,01	32,47	8,11	959,41
T4 com P com Biológico	1,04	0,64	0,05	16,65	0,21	0,01	27,61	6,90	965,41

¹ = Micronutrientes mg.dm⁻³(ppm); ² = Textura(g.kg⁻¹)

Neste trabalho, utilizou-se a cultivar Olimpo IPRO (Brasmax INTACTA RR2 PRO), cultivar que possui o grupo de maturação 8, sendo assim, adaptada para condições encontradas no Cerrado, em especial, temperaturas elevadas, escassez hídrica, solos ácidos e latitude pronunciadamente alta. Esta cultivar têm alto potencial produtivo, estabilidade produtiva, excelente desenvolvimento inicial e ampla adaptação a região com ciclo de 105 à 122 dias (Figura2).



Figura 2: cultivar Olimpo IPRO

A área utilizada para o experimento tratou-se de uma área recém aberta, e nesta, foi realizada uma análise de solo que indicou a necessidade de correção do solo (Tabela 3). A aplicação de calcário dolomítico aconteceu três meses antes da implantação do experimento, em que foram aplicados a lanço em e em área total, a quantidade de 5 t/ha.

Tabela 3. Análise de solo

Tratamento	SB	CTC ef	CTC pH 7,0	V%	M%	Ca/Mg ¹	Ca/K ¹	Mg/K ¹
T1 sem P sem Biológico	25,27	25,27	34,27	73,74	-	1,23	62,73	51,14
T2 com P sem biológico	19,14	19,14	32,14	59,55	-	1,51	33,24	22,06
T3 sem P com biológico	25,22	25,22	35,22	71,61	-	1,23	81,18	66,18
T4 com P com Biológico	23,98	23,98	35,98	66,65	-	1,71	65,22	38,04

SB = saturação de base, CTC ef = capacidade de troca catiônica efetiva; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = porcentagem por saturação por bases; M% = porcentagem por saturação por ácidos; ¹ relação entre os minerais

Após a correção do solo, foi realizado o plantio de braquiária para preparar o solo, com vistas a fornecer a cultura da soja matéria orgânica e para que fosse feita a estruturação do solo para então receber a cultura da soja. Assim, a calagem foi feita no mês de março/24, plantio da braquiária abril/24, dessecação da braquiária e plantio da soja outubro/24. Para que a reação do calcário fosse facilitada e crescimento inicial da braquiária, houve irrigação durante os três primeiros meses de estabelecimento da cultura da braquiária de 5mm/dia, fornecida via aspersão convencional.

Os tratamentos implantados neste trabalho foram:

T1 = sem suprimento de fósforo e sem inoculação de *Bacillus megaterium*;

T2 = somente com o suprimento de fósforo e sem a inoculação de *Bacillus megaterium*;

T3 = sem fornecimento de fósforo e inoculado com *Bacillus megaterium*

T4 = com fornecimento recomendado de fósforo e inoculado com *Bacillus megaterium* na soja.

A área de cada parcela neste trabalho foi de 20m², apresentando dimensões de 4x5m, com 5 repetições, totalizando 20 unidades experimentais que foram dispostas em Delineamento Inteiramente Casualizado, uma vez que a área foi considerada homogênea em termos de fertilidade inicial, mineralogia e topografia.

Foi utilizada a quantidade de 12 sementes/metro linear, de acordo com o recomendado para a cultivar Olimpo IPRO. As sementes utilizadas para o trabalho já estavam inoculadas com as estirpes de bactérias diazotróficas utilizadas, a saber, *Bradyrhizobium japonicum*. Já o *Bacillus megaterium* foi inoculado via solo 5, 10 e 15 dias após a emergência da cultura da soja. Para *B. megaterium*, foi utilizado a posologia de 5 L/ha de calda, que foi padronizado em relação a área e aplicado aos Tratamentos 3 e 4 com o auxílio de pulverizador costal. Foram realizados manejos de rotina, como aplicação de herbicida, inseticidas e fungicidas de acordo com a necessidade e capinas quando necessário (Figura 3A e 3B).

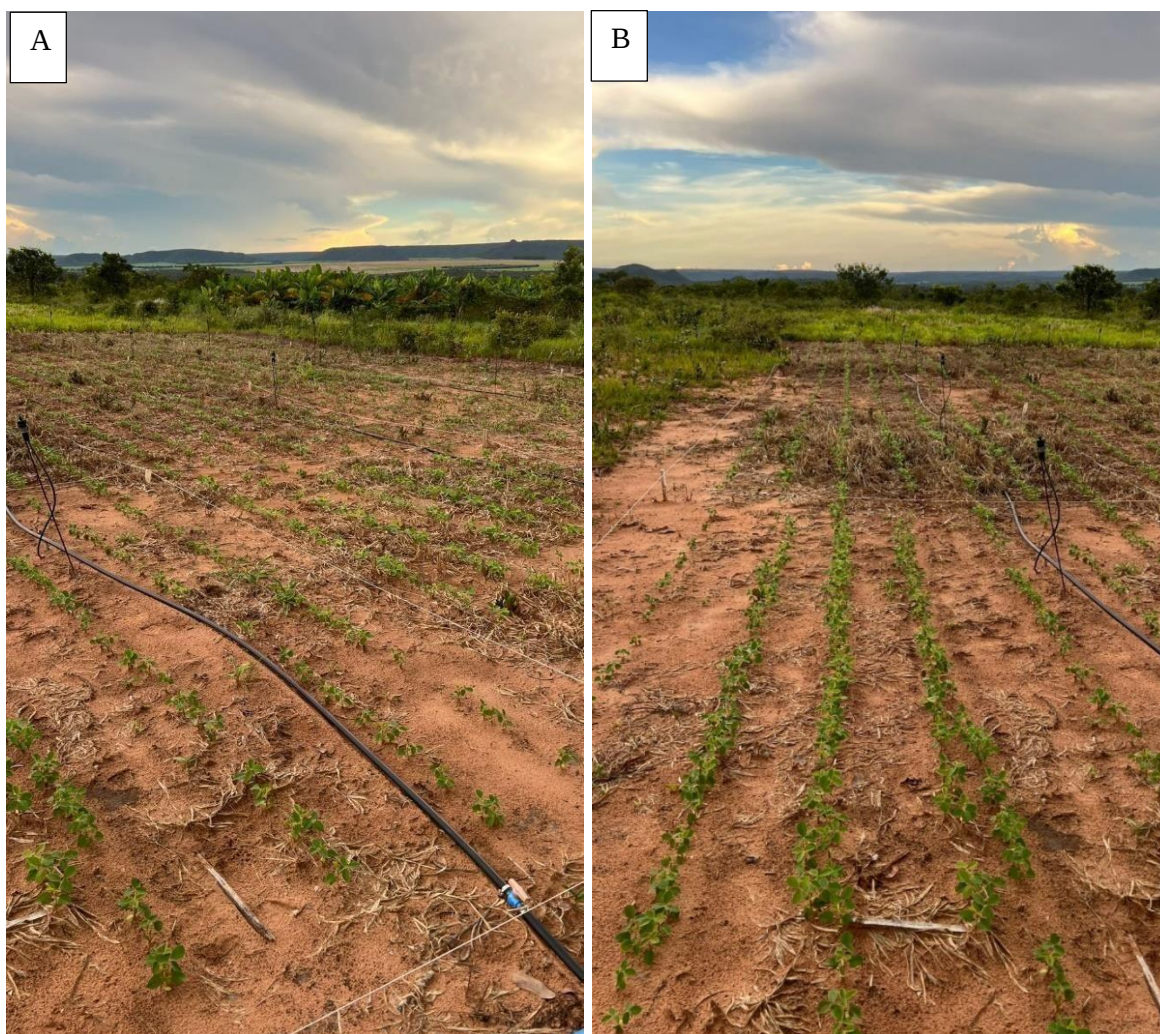


Figura 3A: sistema de irrigação e **Figura 3B:** Manejo cultural da soja

Foi tomada uma análise de solo para cada tratamento após a entrada da cultura no seu estágio reprodutivo, a saber R5, a para tal, umas três amostras simples foram retiradas de cada repetição, formando assim uma amostra composta, e desta forma, para cada tratamento foi retida 1 amostra composta, totalizando 4 amostras compostas, uma para cada tratamento, que foram enviadas para análise de solo via Empresa Júnior Cerrado Jr.

As variáveis resposta analisadas foram: Massa Fresca da Parte Aérea (MFA), Massa Fresca do Sistema Radicular (MFR), Diâmetro (D), Altura (H) e Número de Vagens (NV). Para tanto, 2 metros lineares foram colhidos de cada repetição, totalizando 24 plantas por repetição, e para cada foi retirada um valor médio (Figura 4A e 4B).



Figura 4A: Amostras das plantas de soja colhidas e levadas para o laboratório para lavagem das raízes e a secagem para Massa Fresca da Parte Aérea (MFA), Massa Fresca do Sistema Radicular (MFR), Diâmetro (D), Altura (H) e Número de Vagens (NV)

Figura 4B: Planta inteira

Os dados foram submetidos à análise estatística por meio Analysis variância System – SAS 2003. Adotou o teste de Tukey a 5% de nível de significância.

A normalidade das amostras foi validada pelo teste de Shapiro-Wilk (W) com alfa = 5%.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

Onde:

$x_{(i)}$ com parênteses envolvendo o índice de subscrito i é a i ésima estatística de ordem, ou seja, o i ésimo menor número da amostra; $\bar{x} = (x_1 + \dots + x_n) / n$ é a média da amostra e os dados foram considerados normais.

Resultados e Discussão

Para a variável resposta, massa fresca da parte aérea (g) (MFA), houve diferença estatística significativa para todos os tratamentos. Observou-se médias estatisticamente superiores para o T2, seguido do T4, T3 e menores valores para o T1 (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da adubação ou não com fósforo e a inoculação ou não com *Bacillus megaterium* sobre as características de produção de massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, altura, diâmetro e número de vagens

Avaliação	Tratamento				Estatística		
	T1 sem P sem Biológico	T2 com P sem biológico	T3 sem P com biológico	T4 com P com Biológico	DMS	CV (%)	Valor -P
MFA	1,85 d	10,00 a	4,71 c	7,35 b	1,211	42,89	0,001
MFR	1,38 b	2,16 a	1,17 b	1,89 a	0,3145	40,32	0,001
H	28,95c	30,93 b	25,96 d	33,46a	1,4190	10,07	0,001
DI	3,52 d	4,05 b	3,64 c	4,53 a	0,2868	15,42	0,001
NV	3,43 d	7,9 b	3,95 c	9,23 a	1,3214	45,64	0,001

MFA= Massa fresca da parte aérea (g), MFR= Massa fresca da raiz (g), H=Altura (cm), DI=Diâmetro (mm), NV= Número de vagens (unidades), DMS = Diferença mínima significativa; P = nível de significância pelo teste de Tukey; CV = coeficiente de variação em %

Para a variável resposta, massa fresca da raiz (MFR) (g), não houve diferença estatística significativa para os tratamentos T2 e T4, e para os tratamentos T1 e T3, os tratamentos com suplementação de P e sem suplementação de P puderam ser agrupados, de forma que a aplicação ou não do microrganismo solubilizador de fósforo não proporcionou nenhum efeito, sendo observado somente o efeito da adubação mineral (Tabela 1).

Para a altura (H) houve diferença estatística significativa para todos os tratamentos com maiores valores para o tratamento T4, seguido pelo T2, T1 e por fim, o T3 que apresentou os menores valores (Tabela 1). Já o diâmetro (DI) diferiu significativamente para todos os tratamentos com maior valor para o tratamento T4, seguido por T2, T3 e com menores valores observados para o T1.

Para o número de vagens, todos os tratamentos apresentaram diferença estatística significativa, sendo que para o tratamento T4 foi observado a maior quantidade de vagens, seguido por T2, T3 e T1.

Para massa fresca da parte aérea (g) (MFA) houve diferença significativa ($P < 0,01$) para todos os tratamentos, teve maior valor para T2 (10g) e menor valor para o T1(1,85g). Um dos principais motivos para os casos de resultados não satisfatórios para a altura de plantas, se deve a fatores abióticos, que estão interagindo com as bactérias (Bashan e De-Bashan, 2010).

Para a massa fresca da raiz (MFR) (g) não houve diferença significativa ($P > 0,01$) para os tratamentos T2 e T4, e para os tratamentos T1 e T3, porém houve diferença significativa ($P < 0,01$)

sendo o T2 e T4 diferindo do T1 e T3. Com os maiores valores numéricos encontrados para os tratamentos T2 e T4. O uso de bactérias do gênero *Bacillus megaterium*, com destaque na soja, traz benefícios como maior desenvolvimento e economia de insumos. Sendo menos explorados as que as do gênero *Rizhobium* (Schwaab & Aguiar, 2019).

Para a altura (H) houve diferença significativa ($P<0,01$) para todos os tratamentos com maior valor em cm para o tratamento T4 com 33,46cm, seguido pelo T2 com 30,93cm, o T1 teve 28,95 cm e o T3 com 25,96 cm de altura. Em relação a altura da planta, variações inerentes a época da mensuração e principalmente a cultivar podem trazer resultados diferentes. Porém, neste sentido entendendo a resposta da planta observou-se no estudo de Santin (2024) resposta semelhante ao bio estímulo com o uso de adubação e o uso simultâneo do *Bacillus megaterium*.

O diâmetro teve diferença significativa ($P<0,01$) para todos os tratamentos com maior valor em mm para o tratamento T4, seguido por T2, T3 e T1. No estudo de Santin, (2024) encontrou diâmetro do caule variou entre 7,07 mm (tratamento sem fósforo) e 7,85 mm (tratamento com fósforo + biológico). Presume-se que plantas com diâmetros maiores de caule podem refletir em uma maior capacidade da planta em sustentar maior produção de grãos, embora o diâmetro do caule não tenha se mostrado diretamente relacionado ao rendimento de grãos.

Para o número de vagens (unidades) todos os tratamentos diferiram significativamente ($P<0,01$) para todos os tratamentos, sendo que para o tratamento T4 teve a maior quantidade de vagens, seguido por T2, T3 e T1. Semelhante aos resultados encontrados por Rocha et al., (2024) com maior número de vagens no cultivo da soja com *Bacillus megaterium* em relação ao tratamento controle. Diferentemente de Borsoi et al., (2024) que não encontrou diferença para o número de vagens adubando ou não ou adicionando ou não o *Bacillus megaterium* na semente da soja. Corroborando com os estudos de Alori et al. (2017) também indicam que microrganismos como *Bacillus* na eficácia da solubilização do fósforo em solos com baixa disponibilidade, como os do Cerrado. O uso desses microrganismos aumenta a disponibilidade de fósforo e, conseqüentemente, melhora o crescimento das plantas e a produção de grãos de soja.

Os solos do Cerrado são ácidos, com pH variando menos de 4 a pouco mais de 5. Esta forte acidez é em parte aos altos níveis de Al^{3+} , sendo tóxico para a cultura da soja. Baixa CTC, baixa soma de bases e alta saturação por Al^{3+} , caracterizam estes solos como profundamente distróficos e, por isto, originalmente, impróprios para a agricultura (Fageria, 2001). O que não foi observado neste estudo devido ao efeito positivo da calagem.

A influência da granulometria e do tipo de mineralogia pode influenciar a retenção do P em Latossolos sob solos cultivados no Cerrado, em que o P disponível (resina) pode estar correlacionado negativamente com características mineralógicas e granulométricas e, positivamente com os teores de matéria orgânica (M.O.). Tanto os óxidos livres totais, como os amorfos, tiveram correlações

negativas com o P-remanescente. Segundo Eberhardt et al. (2008) este mesmo padrão também observado para a gibbsita, goethita e hematita. Em relação a M.O considerando-se as vantagens do uso de composto orgânico promovem alteração nas características físicas e químicas do solo em sistemas produtivos, assim como o desconhecimento da interferência desse produto na microbiota do solo, existe a necessidade de se avaliar como o composto orgânico interfere na microbiota do solo das áreas onde ele é aplicado.

O P do solo pode ser dividido em P inorgânico (Pi) e P orgânico (Po), dependendo da natureza do composto ao qual está ligado. O P inorgânico é separado em duas partes, o P dos minerais primários e o P adsorvido. O Pi corresponde a cerca de 15 a 80% do P disponível no solo para as plantas que irá depender da sua biodisponibilidade. O Po é proveniente dos restos da biomassa vegetal que permanecem no solo, do tecido microbiano e da decomposição. Os processos biológicos são os responsáveis pela disponibilidade dessa forma de P no solo (OLIVEIRA et al., 2014; BINI & LOPEZ, 2016). Segundo Rheinheimer e Anghinoni, (2001), a contribuição do Po para a nutrição de plantas é de apenas 6% para solos que receberam adubação fosfatada e cerca de 43% para regiões nativas sem influência da ação antrópica. A disponibilidade de Po no solo está condicionada não apenas às características físico-químicas do solo, mas também à ação dos microrganismos e às condições climáticas que interferem na atividade microbiana. Os estudos abordando a disponibilidade de P, tanto nas formas orgânica quanto inorgânica, são desenvolvidos predominantemente em regiões úmidas e de clima temperado, restringindo a possibilidade de extrapolar os dados para as regiões tropicais secas. Os microrganismos são reconhecidos por suas habilidades em promover transformações bioquímicas dos nutrientes e por sua importância em prover vários elementos nutritivos de interesse das plantas. Microrganismos solubilizadores de fósforo estão sendo utilizados como alternativa para aperfeiçoar a eficiência na utilização de P no solo disponibilizando para as plantas, através do fluxo de P pela biomassa microbiana, pela solubilização do P inorgânico, pela mineralização do P orgânico, pela atividade enzimática de fosfatases, entre outros mecanismos (Campos et al., 2016). Na análise de solo na Tabela1, os maiores valores de M.O. estão nos tratamentos T2 e T4 e o maior valor de P (meh) pelo método da extração de P Mehlich para o tratamento T4 apenas, onde teve o maior número de vagens, ou seja, os melhores dados produtivos pela cultura da soja. Ressaltando desta forma o benefício do uso de bactérias do gênero *Bacillus megaterium* no melhor desempenho da cultura quando submetido a adubação com o P.

Conclusões

A matéria fresca de raiz teve maior peso quando os tratamentos passaram por adubação com fósforo.

A soja teve uma maior altura em cm, maior diâmetro em mm e maior unidades de vagens quando adubada com fósforo e inoculada com o *Bacillus megaterium*, tornando favorável a associação da adubação com o inoculante biológico sobre a resposta produtiva da soja.

Referências Bibliográficas

- ALORI, E.T.; GLICK, B.R.; BABALOLA, O.O. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in microbiology*, v. 8, p. 971, 2017.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth. A critical assessment. *Advances in Agronomy*, v. 108, p. 77–136, 2010.
- BECKER, D., MORETTO, T. A., PANTAROLLI FILHO, T. M., & DE FRANCISCO, A. L. O. Avaliação dos efeitos da adubação fosfatada e presença de microorganismos (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*) na produtividade da soja (*Glycine max*) (AGRONOMIA). **Repositório Institucional**, v. 3, n. 2, 2025.
- BINI, D., & LOPES, M. V. (2016). Transformação microbiana do P. In: *Microbiologia do solo*. Piracicaba, 149-163.
- BORSOI, A., FERREIRA, J. V. M., & ZUCK, E. M. (2024). Produtividade e características agronômicas da soja com bactérias solubilizadoras de fósforo associadas a inoculação. *Revista Cultivando o Saber*, 17, 250-257.
- CAMPOS, M. S., PAIVA, C. A. O., & MARRIEL, I. E. (2016). Isolamento e caracterização micromorfológica de microrganismos solubilizadores de fósforo presentes na rizosfera de milho. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Seminário de iniciação científica pibic/bic júnior, 10., 2016, Sete Lagoas.[Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- EBERHARDT, D. N., VENDRAME, P. R. S., BECQUER, T., & GUIMARÃES, M. D. F. (2008). Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 1009-1016.
- FAGERIA, N. K. (2001). Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 5, 416-424.
- INIU, R. N. (2009). Isolamento e identificação de bactérias solubilizadoras de fosforo e produtoras de auxinas em solo com cana-de-açúcar. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinarias, Jaboticabal.
- MENDES, W. D., SOBRINHO, C. A. M., MARTINS, W. S., MURAISHI, C. T., DE SOUZA, M. P., ADAMS, G. S., ... & DE CARVALHO, L. C. (2022). Efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura da soja no Brasil: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, 11(16), e65111637828-e65111637828.
- OLIVEIRA, L. B. D., TIECHER, T., QUADROS, F. L. F. D., TRINDADE, J. P. P., GATIBONI, L. C., BRUNETTO, G., & SANTOS, D. R. D. (2014). Formas de fósforo no solo sob pastagens naturais submetidas à adição de fosfatos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38, 867-878.

- OLIVEIRA-PAIVA, C.A.; COTA, L.V.; MARRIEL, I.E.; GOMES, E.A.; SOUSA, S.M. de; LANA, U.G.P.; SANTOS, F.C. dos; PINTO JÚNIOR, A.S.; ALVES, V.M.C. Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 210).
- REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; FRASCA, L. L. de M.; FARIA, D. R.; FILIPPI, M. C. C. de LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, p. e50810212725, 27 fev. 2021.
- RHEINHEIMER, D.S. & ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. Pesq. Agropec. Bras., 36:151-160, 2001.
- ROCHA, T. M., PARAGINSKI, R. T., PINTO, M. A. B., & DE CONTI, L. (2024). Qualidade fisiológica de sementes, desempenho a campo e viabilidade econômica da cultura da soja submetida à inoculação de sementes com diferentes produtos biológicos. *Revista de Ciência e Inovação*, 10(1), 1-21.
- SANTIN, G. B. (2024). Efeito do fósforo e cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na produtividade e viabilidade de soja.
- SAS – STATISTIC ANALYSIS SYSTEM. 2003. User's Guide. SAS Institute In., Cary, NC, USA. 2003.
- SATTAR, A.; NAVEEDA, M.; ALIA, M.; ZAHIRA, Z.; NADEEMB, S.; YASEENA, M.; MEENAC, V. S.; FAROOQD, M.; SINGHE, R.; RAHMANF, M.; MEENA, H.N. Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: a review. *Applied Soil Ecology*, v. 133, p. 146-159, 2019.
- SILVA, J. **Desafios no manejo de fósforo em solos agrícolas**. São Paulo: Editora Agropecuária, 2021.
- SCHWAAB, E. F., & DE AGUIAR, C. G. (2019). Interação de inoculantes nitrogenados com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* em soja. **Revista Cultivando o Saber**, 24-32.