

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS CRISTALINA**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**RENDIMENTO E VIABILIDADE DE SOJA EM DIFERENTES DOSES DE
FÓSFORO ASSOCIADO A MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE
FÓSFORO**

WALIF CAIXETA

2024

WALIF CAIXETA

**RENDIMENTO E VIABILIDADE DE SOJA EM DIFERENTES DOSES DE
FÓSFORO ASSOCIADO A MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE
FÓSFORO**

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

Orientador: Prof. Dr. Cássio Jardim Tavares

Coorientador(a): Dra. Geisiane Alves Rocha

CRISTALINA-GOIÁS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

C138r

Caixeta, Walif.

Rendimento e viabilidade de soja em diferentes doses de fósforo associado a microrganismos solubilizadores de fósforo [manuscrito] / Walif Caixeta. – Cristalina, GO: IF Goiano, 2024.
20 fls. : tabs.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Jardim Tavares.
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Geisiane Alves Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Cristalina, 2024.

1. BioNitroPhos. 2. Glycine max. 3. Bacillus firmus. 4. Bacillus megaterium. 5. Bacillus haynesii. I. Tavares, Cássio Jardim. II. Rocha, Geisiane Alves. III. Título. IV. Instituto Federal Goiano.

CDU 633.1

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 ns 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 (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monograa (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Walif Caixeta

Matrícula:

2020110200240372

Título do trabalho:

Rendimento e viabilidade de soja em diferentes doses de fósforo associado a microrganismos solubilizadores de fósforo

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento condencial: Não Sim, justique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 16 / 12 / 2024

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 inclusos 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 nanciado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Cristalina-GO

Local

16 / 12 / 2024

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais



Documento assinado digitalmente
WALIF CAIXETA
Data: 16/12/2024 15:52:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente
CASSIO JARDIM TAVARES
Data: 16/12/2024 15:39:34-0300
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

Formulário 114/2024 - GENS-CRIS/CMPCRIS/IFGOIANO

BACHARELADO EM AGRONOMIA

Rendimento e viabilidade de soja em diferentes doses de fósforo associado a microrganismos solubilizadores de fósforo

Autor(a): Walif Caixeta

Orientador(a): Cássio Jardim Tavares

Coorientador(a): Geisiane Alves Rocha

TITULAÇÃO: Bacharel em Agronomia

APROVADA em 13 de dezembro de 202024

Prof. Dr. Cássio Jardim Tavares

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Profa. Dra. Geisiane alves Rocha

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Documento assinado eletronicamente por:

- Cassio Jardim Tavares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2024 16:01:50.
- Wilker Alves Moraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2024 16:35:35.
- Geisiane Alves Rocha, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/12/2024 14:48:17.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 660258

Código de Autenticação: a9037bd805



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Cristalina

Rua Araguaia, Loteamento 71, SN, Setor Oeste, CRISTALINA / GO, CEP 73850-000

(61) 3612-8500

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus por guiar meus passos e permitir que pudesse chegar a lugares imensuráveis.

A meu pai que me deu todo suporte e ajuda para que pudesse concluir esta importante etapa de minha vida.

Ao professor Cássio Jardim por todo apoio, ensinamentos, lições e paciência do início ao fim desta etapa.

Ao Gabriel Santin por ceder o espaço em sua fazenda para realização do trabalho e toda ajuda fundamentais.

À professora Geisiane Alves juntamente com seu orientado Hiago R. por todo apoio necessário

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) por fornecer a estrutura necessária para a condução da pesquisa. Aos parceiros Polo de Irrigação do Planalto de Central de Goiás, CEBIO, FAPEG, Sindicato Rural de Cristalina, Prefeitura Municipal de Cristalina, Centro de Informações Meteorológicas e Hidrológicas de Goiás (CIMEHGO), Associação de Irrigantes do Estado de Goiás (IRRIGO), Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba) e aos produtores rurais. Recebeu financiamento do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR TED nº 4781265) e Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO – Processo nº 59800.002147/2023-66).

E por todos aqueles que de alguma forma prestaram seu apoio.

Obrigado!!!



Rendimento e viabilidade de soja em diferentes doses de fósforo associado a microrganismos solubilizadores de fósforo

Yield and viability of soybeans at different doses of phosphorus associated with phosphorus-solubilizing microorganisms

Rendimiento y viabilidad de soja a diferentes dosis de fósforo asociadas a microrganismos solubilizadores de fósforo

DOI: 10.55905/revconv.17n.13-127

Originals received: 11/01/2024

Acceptance for publication: 11/25/2024

Walif Caixeta

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina

Endereço: Cristalina - Goiás, Brasil

E-mail: walifcaixetaaa@gmail.com

Gabriel Batista Santin

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina

Endereço: Cristalina - Goiás, Brasil

E-mail: gabrielbatistasantin@hotmail.com.br

Geisiane Alves Rocha

Doutora em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina

Endereço: Cristalina - Goiás, Brasil

E-mail: geisiane.alves@ifgoiano.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8167-0652>

Álvaro Henrique Candido de Souza

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina

Endereço: Cristalina - Goiás, Brasil

E-mail: alvaro.candido@ifgoiano.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8367-1242>

Cássio Jardim Tavares

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina

Endereço: Cristalina - Goiás, Brasil

E-mail: cassio.tavares@ifgoiano.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2813-8442>



RESUMO

O fósforo (P) é um nutriente essencial às plantas, sendo um dos principais elementos para a produção de alimentos, porém, parte do total adicionado ao solo se torna indisponível às plantas. A adição de bactérias solubilizadoras de fosfato tem sido apontada como uma forma viável de aumentar a disponibilização do P adsorvido no solo às plantas e promover o crescimento vegetal. O objetivo do experimento foi avaliar respostas da soja submetida a diferentes dosagens de fósforo, associado ou não, ao solubilizador BioNitroPhos[®]. Utilizou o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições. Testou 8 tratamentos, sendo T1 a testemunha sem aplicação de fósforo, T2 com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, T3 com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, T4 com 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, T5 com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T5 com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T6 com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T7 com 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®] e T8 BioNitroPhos[®]. A cultura da soja responde em rendimento em grãos para a adubação fosfatada e utilização de bactéria solubilizadora de fósforo. A de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®] promoveu maior retorno econômico.

Palavras-chave: BioNitroPhos, *Glycine max*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus haynesii*.

ABSTRACT

Phosphorus (P) is an essential nutrient for plants, being one of the main elements for food production, however, part of the total added to the soil becomes unavailable to plants. The addition of phosphate-solubilizing bacteria has been identified as a viable way to increase the availability of P adsorbed in the soil to plants and promote plant growth. The objective of the experiment was to evaluate the responses of soybeans subjected to different dosages of phosphorus, associated or not, with the BioNitroPhos[®] solubilizer. A randomized block design was used, with 4 replications. Tested 8 treatments, with T1 being the control without phosphorus application, T2 with 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅, T3 with 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅, T4 with 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅, T5 with 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T5 with 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T6 with 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T7 with 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅ + BioNitroPhos[®] and T8 BioNitroPhos[®]. The soybean crop responds in terms of grain yield to phosphate fertilizer and the use of phosphorus-solubilizing bacteria. The 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅ + BioNitroPhos[®] promoted greater economic return.

Keywords: BioNitroPhos, *Glycine max*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus haynesii*.

RESUMEN

El fósforo (P) es un nutriente esencial para las plantas, siendo uno de los principales elementos para la producción de alimentos, sin embargo, parte del total agregado al suelo deja de estar disponible para las plantas. La adición de bacterias solubilizadoras de fosfato se ha identificado como una forma viable de aumentar la disponibilidad de P adsorbido en el suelo para las plantas y promover su crecimiento. El objetivo del experimento fue evaluar las respuestas de la soja sometida a diferentes dosis de fósforo, asociadas o no, al solubilizador BioNitroPhos[®]. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con 4 repeticiones. Se probaron 8 tratamientos, siendo T1 el testigo sin aplicación de fósforo, T2 con 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, T3 con 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, T4 con 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, T5 con 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T5 con 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T6 con 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®], T7 con 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®] y T8 BioNitroPhos[®]. El cultivo de soja responde en términos de rendimiento de



grano a los fertilizantes fosfatados y al uso de bacterias solubilizadoras de fósforo. Los 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + BioNitroPhos[®] promovieron mayor retorno económico.

Palabras clave: BioNitroPhos, *Glycine max*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus haynesii*.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), é uma leguminosa de grande importância no cenário mundial por seu vasto aproveitamento em diversos setores e por sua exigência a condições de clima ser extensa, sendo uma cultura viável por seu custo benefício em comparação a outras culturas, além de possuir alto valor proteico sendo opção na alimentação e nutrição (Silva *et al.*, 2022), sendo atualmente cultivada em quase todo território brasileiro.

A busca por cultivares que se adaptassem a climas de interesse, tornou possível que a soja fosse cultivada em diversas regiões, o que impulsionou grandemente o seu comércio no cenário mundial. O Brasil se encontra como maior produtor dessa oleaginosa com cerca de 45,98 milhões de hectares de soja cultivados apresentando produção estimada em 147,35 milhões de toneladas na safra 2023/2024, onde o estado de Mato Grosso lidera em âmbito nacional em produção (Conab, 2024).

A perspectiva é um aumento de demanda de soja por fatores como aumento da população mundial, o aumento da renda associado a mudança em hábitos alimentares gerando incremento na demanda de proteína animal que por vezes é produzida a partir do farelo de soja, como também por fatores como demanda internacional por etanol além do crescimento da população brasileira (Silva *et al.*, 2022).

Um desafio para produção agrícola brasileira pode ser compreendido pelo índice de solos pobres em nutrientes, gerando uma demanda de recursos minerais limitantes para o cultivo, o que acarreta aumento do custo de produção e dependência na importação de insumos. Em 2022 o mercado nacional somou 37,72 milhões de toneladas sendo 86% importado (Silva *et al.*, 2023).

Considerado limitante, um nutriente tem função vital para a planta promovendo reações essenciais para seu desenvolvimento. O Fósforo (P) é um macronutriente que tem papel fundamental por participar de atividades fisiológicas como transferência de energia, macronutriente necessário desde a síntese de DNA e divisão celular (Wahab *et al.*, 2023). No



solo grande parte dos fosfatos se encontram como fosfatos insolúveis de ferro, alumínio e cálcio (Timofeeva *et al.*, 2022).

O P disponível no solo para as plantas podem ser encontrados em forma orgânica (PO) e inorgânica (PI), a diferença está em sua capacidade de solubilidade ou estabilidade, assim possui diferente disposição a absorção das plantas (Naylor *et al.*, 2020). No solo é predominantemente encontrado em formas inorgânicas (Silva *et al.*, 2023). A capacidade de sorção do fósforo (P) varia em intensidade e magnitude conforme os constituintes do solo. No metabolismo pode ser compreendido como mediador da síntese de carboidratos e atuação na ativação e inativação de enzimas (Silva *et al.*, 2023).

Diante isso, se torna necessário a suplementação de P nos solos agrícolas por meio do uso de fertilizantes químicos, sendo preciso buscar estratégias alternativas e viáveis para esse processo. Agentes quelantes, fosfatases e ácidos orgânicos produzidos por plantas e microrganismos podem solubilizar compostos insolúveis de P no solo, entre eles o uso de inoculantes microbianos como bactérias solubilizadoras de fosfato (BSP), estas que desempenham papel importante nos três principais componentes do ciclo de P do solo (Naylor *et al.*, 2020).

Os microrganismos solubilizadores de fosfato possuem diversos mecanismos capazes de aumentar a disponibilidade de fósforo no solo (Silva *et al.*, 2023). Bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* têm capacidade a formação de endósporos o que permite que se adaptem a extremas condições abióticas como dessecações, variações de pH, mudanças de temperatura e exposições a pesticidas (Bahadir *et al.*, 2018).

Portanto a inoculação desses microrganismos combinados com fertilizantes minerais ou orgânicos é uma estratégia integrada de grande importância visando o aumento de disponibilidade de fosfato para as plantas aumentando a eficiência agrônômica dos fertilizantes (Timofeeva *et al.*, 2022).

Este trabalho buscou analisar diferentes respostas pela planta de soja à associação entre microrganismos solubilizadores de fósforo a diferentes fontes de adubação a fim de buscar uma estratégia viável e rentável para sua produção.

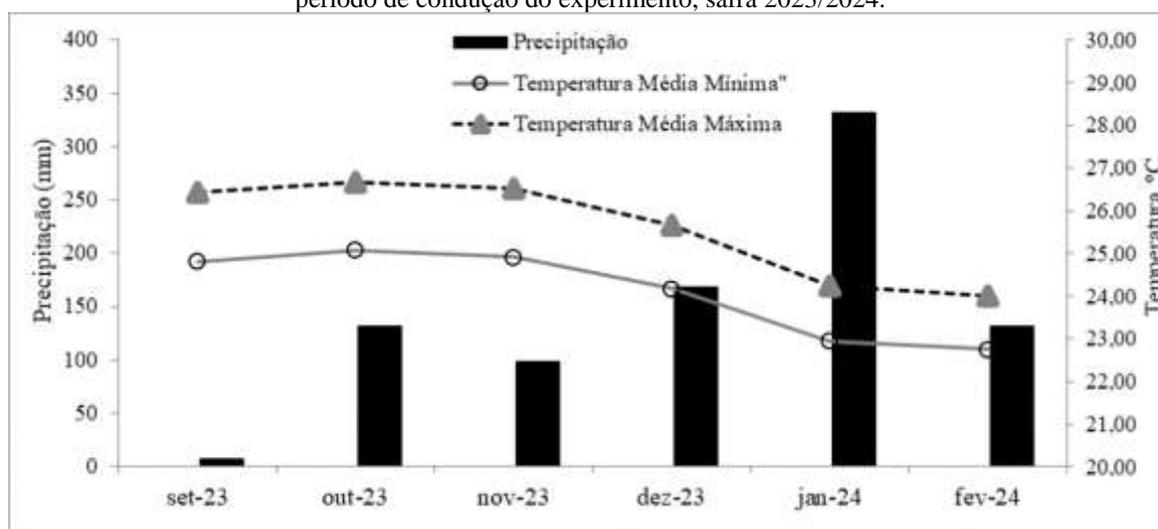


2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em condição de campo na fazenda Terra Nova (17°05'54"S 47°27'18"W), no período entre setembro de 2023 a março de 2024. O solo da propriedade é predominante do tipo latossolo vermelho-amarelo e apresentou as seguintes características físico-químicas na camada de 0-20 cm: pH em CaCl₂: 5,70; K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC em 0,37; 3,40; 1,80; 2,20; 5,57; 7,77; cmol_c.dm⁻³, respectivamente. P(resina) S, K, com 64,70; 14,58; 143 mg.dm⁻³, respectivamente. E valores dos micronutrientes: B, Cu, Fe, Mn, Zn, em 0,45; 1,70; 48; 7,5; 3,60 mg.dm⁻³, respectivamente. O teor de matéria orgânica em 4,2% e apresentou teor de areia e de argila de 21,3 e 55,2%, respectivamente. Após a interpretação da análise de solo foi realizado a correção de acidez do solo com calcário dolomítico, aplicando 3 t ha⁻¹, adubação potássica com 120 kg de K₂O ha⁻¹, e 2 kg de boro ha⁻¹.

O clima na região é caracterizado de acordo com Koppen como tropical de altitude (tipo Cwa), com duas estações do ano bem definidas, sendo um período de estiagem e outro chuvoso com temperaturas médias amenas. Os dados de temperatura e precipitação durante a execução do trabalho foram obtidos por meio do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da Sala de Situação da Agricultura Irrigada do IF Goiano – Campus Cristalina que possui uma estação meteorológica a 2 km do local do experimento (Figura 1).

Figura 1. Temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação no município de Cristalina (GO) durante o período de condução do experimento, safra 2023/2024.



Fonte: Sala de Situação de Agricultura Irrigada – Projeto Ametista - Estação Passo Fundo (2024).



A área vem sendo cultivada a mais de dez anos com soja em primeira safra e milho ou sorgo em segunda safra em condição de sequeiro. A dessecação foi realizada 14 dias da semeadura utilizando glifosato ($1222 \text{ g e.a ha}^{-1}$), flumioxazina (950 g ia ha^{-1}), cletodin (96 g ia ha^{-1}) e óleo mineral, sendo que havia palhada de milho e *Urocloa brizantha* cv BRS-Piatã do cultivo anterior, com uso de pulverizador autopropelido, com volume de aplicação de 60 l ha^{-1} .

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições. Cada parcela foi composta por 4 linhas de soja com 4m de comprimento. O experimento teve 8 tratamentos, sendo T1 a testemunha sem aplicação de fósforo, T2 com 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , T3 com 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , T4 com 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 , T5 com 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 + BioNitroPhos[®], T6 com 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 + BioNitroPhos[®], T7 com 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 + BioNitroPhos[®] e T8 BioNitroPhos[®].

O produto utilizado foi o solubilizador de fósforo(P) Bionitrophos[®] (*Bacillus firmus*; *Bacillus megaterium*; *Bacillus haynesii*), na concentração de $1,0 \times 10^{12}$ células viáveis mL^{-1}) e usando a dosagem de 300 ml ha^{-1} , sendo que a testemunha não recebeu aplicação do produto nem adubação. Para a aplicação dos tratamentos que comprederam as doses de fósforo associados ou não ao solubilizador utilizou o adubo fosfato monoamônico (MAP) que conta com no mínimo 9% de nitrogênio amoniacal e 48% de fósforo.

A semeadura foi realizada no dia 27/10/2023, depositando 13 sementes por metro linear da cultivar de soja CZ 36B962X a uma profundidade de 5 cm e espaçamento entre linhas de 0,45 m. A semente foi inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* 750 ml ha^{-1} (concentração: $5,0 \times 10^8$ UFC por ml), 100 ml ha^{-1} de *Azospirillum brasilense* (2×10^8 UFC por ml) e 50 g ha^{-1} de *Bacillus amyloliquefasciens* (1×10^{10} UFC por grama); 100 ml de *Trichoderma harzianum* (2×10^8 CV por ml).

No estágio V3 pós emergência, visando controle de plantas daninhas comuns na área como: Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), Picão-preto (*Bidens pilosa*), Vassourinha (*Scoparia dulcis*) e Capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) foi realizada pulverização com pulverizador autopropelido com dosagem: glifosato (1222 g ha^{-1}), cletodin (96 g ha^{-1}) e óleo mineral (340 g ha^{-1}).

Buscando o manejo de doenças comuns na área como: Ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*), Mancha-Alvo (*Corynespora cassiicola*), Cercosporiose (*Cercospora kikuchii*), Míldio (*Peronospora manshurica*), Oídio (*Erysiphe difusa*) e manejo de pragas comuns na área



como: Mosca-branca (*Bemisia tabaci*), Percevejo-marrom (*Euschistus heros*), Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e manejo de adubação foliar foram realizadas três aplicações com pulverizador autopropelido com vazão de 60 L ha⁻¹, na fase V7, R2 e R5. Utilizou picoxistrobina (54 g ha⁻¹); ciproconazol (24 g ha⁻¹); clorotalonil (720 g ha⁻¹); inidopropido (100 g ha⁻¹); 1,5 g ha⁻¹ de Co, 30 g ha⁻¹ de Mo, 2,7 g ha⁻¹ de Ni, 15 g ha⁻¹ de Zn, 45 g ha⁻¹ de Mn. Em R8, na maturidade fisiológica, foi realizado a dessecação em pré colheira utilizando Diquat (1.148 g i.a ha⁻¹), Carfentrazona (20 g i.a ha⁻¹), e óleo mineral (796 g i.a ha⁻¹).

No momento da colheita foram avaliadas variáveis altura de plantas (AP) e altura de inserção de primeira vagem (AIV), ambas com auxílio de uma fita métrica, e o diâmetro de coleto (DC) com auxílio de paquímetro universal, em 10 plantas por parcelas. Posteriormente, foi realizado a colheita manual das duas linhas centrais e descartando 0,5 m em cada lado onde foi mensurado o número de plantas. Dessas plantas, coletou cinco plantas de maneira aleatória por parcela para avaliar as variáveis: número de vagem por planta (NVP), grão por vagem (GV); massa de cem grãos (MCG), e rendimento de grãos (RG). Foi realizado a análise do teor de água de grãos pelo método da estufa e os valores de MCG e RG foram corrigidos para 13% b.u.

O rendimento financeiro e custo de adubação foi calculado sem levar em consideração o custo operacional da aplicação, considerando o valor dos insumos e do produto médios no mês de março de 2024, considerando o valor da saca de soja de R\$ 110,00, a tonelada de MAP de R\$ 3450,00 e o valor do solubilizador de R\$ 20,00 a cada 100 ml.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, comparados pelo teste de LSD a 5% de significância. As doses de fósforo foram analisadas por regressão. As análises foram realizadas utilizando o software Sisvar versão 5.8.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não foi observado diferenças estatísticas para as variáveis altura de inserção de primeira vagem, altura de plantas, diâmetro de coleto, população de plantas, número de grãos por vagem, índice de colheita, teor de água no grão de soja (Tabela 1) em função da aplicação de fósforo no solo associado ou não com solubilizador. Esse resultado provavelmente está relacionado ao fato da alta disponibilidade de fósforo na área 64 g dm⁻³ e que essas variáveis são características determinadas pela genética da cultivar e/ou pelas condições do ambiente.



Tabela 1. Quadrados médios e níveis de significância para as variáveis avaliadas na soja de acordo com a fonte de variação.

FV ^{1/}	G	Quadrado Médio									
		L	AIV	AP	DC	PP	MC	NVP	NG	RG	IC
		G					V				
Adubaç	7	4.86 ^{ns}	78.28 ⁿ	0.20	684020117.4	3.16*	59.84	0.01	1914980.9	0.04	0.005
ão			s	ns	2 ^{ns}	*	*	ns	2 ^{**}	ns	ns
Bloco	3	20.96	24.36 ⁿ	0.52	267870715.6	3.51 ⁿ	32.48	0.03	1206641.1	0.01	0.193
		ns	s	ns	6 ^{ns}	s	ns	ns	8 ^{ns}	ns	ns
Erro	21	5.87	68.93	0.26	351481638.2	0.84	35.15	0.01	579563.62	0.06	0.005
					3				6		
CV		18.65	7,82	6.78	7.90	4.72	14.31	4.63	19.94	24.9	0.56
										3	
Média		12.99	106.1	7.58	237191.33	19.4	41.42	2.76	3817.92	0.99	12.83
			9			5					

^{1/} FV = fonte de variação, GL = grau de liberdade, AIV = altura de inserção primeira vagem (cm), AP = altura de plantas (cm), DC = diâmetro do caule (mm), PP = população de plantas (plantas.ha⁻¹), MCG = massa de cem grãos (g), NVP = número de vagens por planta, NGV = número de grãos por vagem, RG = rendimento de grãos (kg.ha⁻¹), IC = índice de colheita, TA = teor de água grão (% b.u), CV = coeficiente de variação. ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste de F.

Fonte: autores (2024)

Por outro lado, o número de vagens por planta, a massa de cem grãos e o rendimento de grãos (Tabela 1) foram influenciados pela fonte de variação, mostrando que a adubação fosfatada associada ou não ao uso de solubilizadores afetam essas variáveis. Observou valores médios de altura de plantas de 1,06 m e diâmetro de coleta de 7,58 mm (Tabela 2). A população de plantas na área ficou em torno de 237 mil plantas por hectare. O índice de colheita obteve valores médios de 0,99 e o teor de água nos grãos de 12,83. A ausência de alteração na altura de inserção da primeira vagem e na altura de plantas é importante para evitar perdas na colheita devido escape de vagem da barra de corte da colhedora e plantas com elevadas alturas e com diâmetro de coleto pequeno são mais susceptíveis ao acamamento.

Tabela 2. Altura de inserção de primeira vagem (AIV), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), população de plantas (PP), número de grãos por vagem (NGV), índice de colheita (IC) e teor de água nos grãos de soja cv CZ 36B962X cultivado em diferentes manejos de adubação fosfatada.

Adubação Fosfatada	AIV (cm) ^{1/}	AP (cm)	DC (mm)	PP	NGV	IC	TA
0	14,67	105,86	7,07	241975,28	2,72	0,96	12,84
60	13,95	106,65	7,70	230555,53	2,74	1,13	12,83
120	12,05	109,45	7,70	224999,98	2,73	1,07	12,56



180	13,32	109,30	7,60	249999,97	2,82	0,94	12,67
60 + BioNitroPhos®	12,95	107,20	7,70	227777,75	2,79	0,84	12,69
120 + BioNitroPhos®	13,30	102,95	7,50	242037,01	2,75	0,95	12,71
180 + BioNitroPhos®	11,10	111,00	7,70	232407,38	2,88	1,11	12,65
BioNitroPhos®	12,65	107,15	7,75	227777,75	2,70	0,95	12,73

^{1/} Valores médios das variáveis analisados, não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2024)

O número de vagens por planta variou de 36 a 44 vagens por planta de soja, a massa de cem grãos de 17,59 a 20,51 gramas e o rendimento de grãos de 2511,65 a 4845,49 kg ha⁻¹ em função dos tratamentos (Tabela 3), demonstrando que a aplicação de fósforo influencia a resposta de plantas de soja para essas variáveis mesmo em solo com alto teor inicial de fósforo. Além disso, essas variáveis são correlacionadas positivamente, ou seja, o aumento do número de vagens por planta e da massa de grãos, promove maior rendimento de grãos.

Tabela 3. Número de vagens por planta (NVP), massa de cem grãos (MCG), rendimento de grãos (RG), e teor de água nos grãos de soja cv CZ 36B962X cultivado em diferentes manejos de adubação fosfatada.

Adubação Fosfatada	NVP*	MCG	RG	Incremento (kg ha ⁻¹)	Rendimento Financeiro (R\$ ha ⁻¹)	Custo Adubação (R\$ ha ⁻¹)	Diferença
0	36,00 b	17,59 c	2511,65 c	-	4604,6917	-	-
60	37,75 b	18,97 b	3506,28 bc	994,63	6428,18	398,08	1425,41
120	40,75 ab	19,46 ab	3577,06 ab	1065,41	6557,9433	796,15	1157,10
180	42,70 ab	20,51 ab	4262,01 a	1750,36	7813,685	1194,23	2014,76
60 + BioNitroPhos®	41,40 ab	20,07 ab	3956,91ab	1445,26	7254,335	458,08	2191,57
120 + BioNitroPhos®	41,95 ab	20,18 ab	4102,83 ab	1591,18	7521,855	856,15	2061,01
180 + BioNitroPhos®	44,25 a	20,36 a	4845,49 a	2333,84	8883,3983	1254,23	3024,48
BioNitroPhos®	42,30 ab	19,24 ab	3529,34 bc	1017,69	6470,4567	60,00	1805,77

* Médias seguidas por letras diferentes nas colunas são estatisticamente diferentes pelo teste de LSD a 5% de significância.

Fonte: Autores (2024)

O tratamento T7 (180 kg ha⁻¹ de fósforo + BioNitroPhos®) apresentou maior número de vagem por planta em comparação com o tratamento T1 e T2, não diferindo dos demais tratamentos (Tabela 3). Em relação a massa de cem grãos, foi observado que tanto a aplicação de fósforo quanto o uso do solubilizador promove incremento nessa variável, pois o T1 foi o

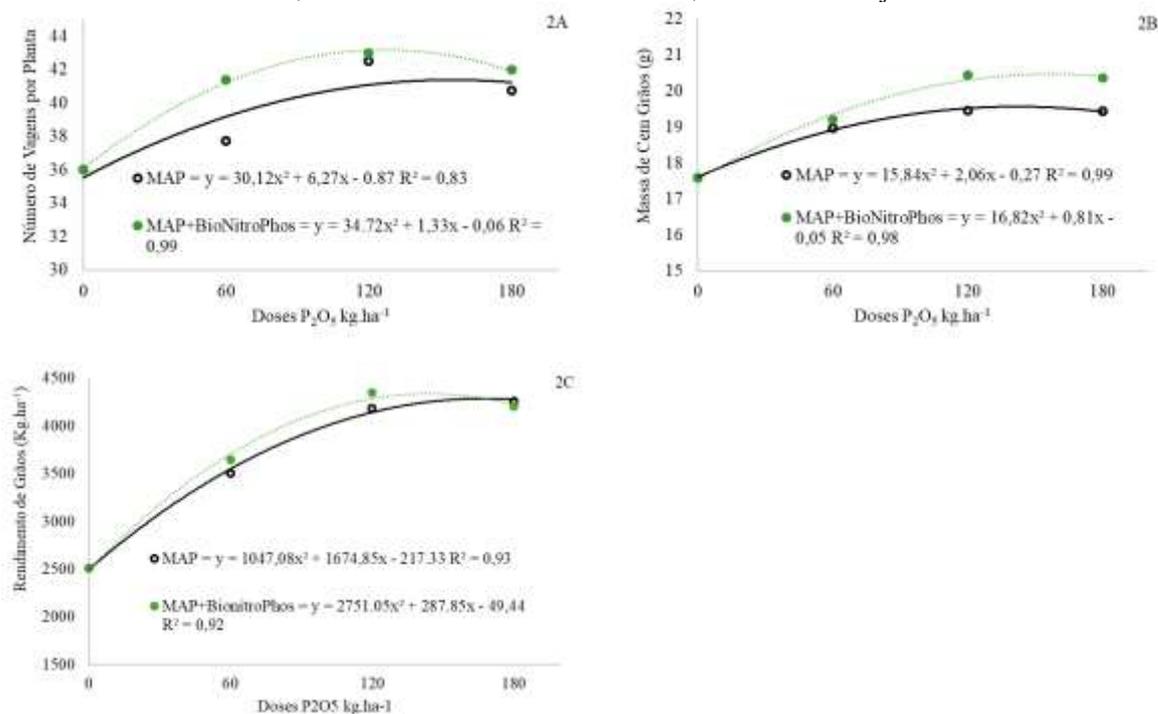


tratamento que obteve menor massa de grão. A aplicação de fósforo ou do solubilizador promoveu um incremento mínimo de 994 kg ha^{-1} em relação ao tratamento sem adubação.

Estudos de Sousa *et al.* (2016) cita que as maiores produtividades das culturas são observadas quando a disponibilidade de P no solo está na classe adequada ou acima dela, ou seja, com teores de P extraídos pelo método da resina acima de $15 \text{ a } 20 \text{ mg dm}^{-3}$, o que corrobora com esse trabalho visto que as produtividades foram elevadas em comparação a solos com teores menores a esta faixa.

Os melhores ajustes dos modelos que explicam o comportamento das variáveis número de vagens por planta (2A), massa de cem grãos (2B) e rendimento de grãos (2C) é o quadrático, ou seja, o aumento da dose de fósforo, associado ou não com BSP, aumenta a resposta das variáveis até um ponto máximo e depois começa a reduzir, provavelmente devido a interação do nutriente com os demais (Figura 2).

Figura 2. Número de vagens por planta (2A), massa de cem grãos (2B) e rendimento de grãos (2C) em função de doses de fósforo, associado ou não com solubilizador, na cultivar de soja CZ 36B962X.



Fonte: Autores (2024).

Observa que o T4 e T7 são estatisticamente iguais, ou seja, quando utiliza a maior dose de P_2O_5 (180 kg ha^{-1}) juntamente com a aplicação de BSP a planta não responde de forma



significativa a essa aplicação (Tabela 3), sendo possível visualizar no modelo também um decréscimo na variável, mostrando uma saturação pelo nutriente (Figura 2).

Mesmo com o aumento do custo de produção quando realiza a aplicação da maior dose de P_2O_5 associado ao solubilizador (T7) verifica-se maior retorno econômico nas condições testadas. Além disso, com o valor de fósforo já presente no solo, apenas o uso do solubilizador foi suficiente para fornecer uma resposta na planta igual a dose de 60 Kg ha^{-1} de P_2O_5 , contudo gerando um maior retorno ao produtor que a adubação fosfatada devido ao preço do produto (Tabela 3).

Estudos de Barros e Sedyama (2009) apontam que a variável altura da planta é influenciada pelo ambiente e que, o fotoperíodo induz diretamente a indução floral e como consequência afeta essa variável, isso está de acordo com este trabalho pois mesmo a planta sob diferentes tratamentos esta variável não foi afetada. O mesmo acontece para variável número de grãos que segundo Mundstock e Thomas (2005) essa variável é mais influenciada pela genética do que pelo ambiente de cultivo, reforçando que número de grãos e consequentemente as outras não foram influenciadas pois estão relacionadas a genética e ambiente.

Em relação a nutrição da planta, segundo Sousa *et al.* (2016) a resposta a adubação fosfatada pelas culturas depende de fatores como condições climáticas, teor inicial de P no solo, disponibilidade de outros nutrientes e variedade da cultivar, isso pode explicar a influência de fatores que levaram a respostas diferentes em relação a adubação fosfatada.

Estudos de Alori *et al.* (2017) cita que diversos estudos de inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato obtiveram melhoria no rendimento das plantas e no aumento da absorção de fósforo, este trabalho confirma isso visto que para o solo do experimento que conta com alto teor de fósforo apenas o uso do solubilizador foi suficiente para aumentar a produtividade, além de entregar produtividade semelhante ao tratamento com dose de 60 kg.ha^{-1} de adubo fosfatado e custando mais barato, sendo assim viável economicamente ao produtor e diminuindo a necessidade de fertilizantes.

Os estudos de Kaneko *et al.* (2020) relevaram que mesmo que o aumento da produtividade fosse lineares ao acréscimo de P_2O_5 a eficiência agrônômica atinge um ponto máximo, este trabalho revela que a um ponto limite para aproveitamento desse nutriente e que o acréscimo a partir desse ponto resultará em uma queda (figuras 2A, 2B, 2C), seja por saturação do nutriente ou a interação com os demais.



Bactérias do gênero *Bacillus* possuem diferentes mecanismos de ação. Em condições de boa disponibilidade de nutrientes, os mecanismos relacionados a solubilização de minerais podem não ser expressos significativamente. Além disso, os benefícios da associação de bactérias promotoras de crescimento podem ser mais bem observados em condições de estresse, bióticos e abióticos, nos quais as plantas mostram seu melhor desempenho devido a indução de resistência promovida por tais microrganismos (Wang *et al.*, 2020).

Bactérias promotoras de crescimento fornecem o estímulo para a planta por meio da disponibilização de nutrientes, produção de fitohormônios, atividade antagonista a patógenos e indução de resistência. As espécies de *Bacillus* também são capazes de sintetizar auxinas, causando o estímulo ao desenvolvimento radicular (Elhaissofi *et al.*, 2022). Nesse contexto, quando se utiliza microrganismos na produção, muitas das vezes seu efeito é mais perceptível ao longo dos anos e sob condições estressantes para as plantas.

4 CONCLUSÃO

A utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo pode ser considerado uma tecnologia que aumenta o componente biológico nos sistemas de produção da soja, aumentando o rendimento de grãos. Além disso, o aumento de P_2O_5 influenciaram positivamente a produtividade e a retabilidade da cultura. É necessário ampliar os estudos em condições de campo para definição de doses e melhorar o entendimento das respostas à inoculação em diferentes condições edafoclimáticas e ao longo do tempo para entendimento do comportamento de inoculantes a longo prazo e impactos na saúde microbiológica do solo. Além disso, a análise de rentabilidade faz necessário para justificar a utilização dessas bactérias e entender a associação com outros microrganismos, nutrientes e em diferentes cultivares e sistemas de cultivos, faz-se necessário.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), Centro de Referência em Produção Sustentável e Irrigação, FAPEG (Macroprojeto CEBIO) por fornecer a estrutura necessária para a condução da pesquisa. Aos parceiros Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba), Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR TED nº 4781265) e Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO – Processo nº 59800.002147/2023-66).



REFERÊNCIAS

- 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.
- BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. **Turkish Journal of Botany**, v.42, p.183–196, 2018. DOI: 10.3906/bot-1706-51.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T. Luz, umidade e temperatura. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, PR: Mecenaz, 2009. p. 17-27.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento de safra de grãos 2024. Disponível em: file:///C:/Users/gabri/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z12Zlevantamento%20(3).pdf. Acesso em: set. 2024.
- ELHAISSOUFI, W.; GHOULAM, C.; BARAKAT, A.; ZEROUAL, Y.; BARGAZ, A. Phosphate bacterial solubilization: a key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. **Journal of Advanced Research**, v. 38, p. 13–28, 2022.
- KANEKO, F. H.; RINZO, R. T.; OLIVEIRA, B. L.; PRADO, J. A.; ASSIS, G. P. B.; PILETTI, L. M. M. S.; SILVA, I. P. F. Doses e fontes de fósforo na cultura da soja. **Agronomic crop journal**, v. 29, n. 4, p. 400-411, 2020.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **SOJA: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, p. 31, 2005.
- NAYLOR, D.; FANSLER, S.; BRISLAWN, C.; NELSON, W. C.; HOFMOCKEL, K. S.; JANSSON, J. K.; MCCLURE, R. Deconstructing the soil microbiome into reduced-complexity functional modules. **Applied and Environmental Science**, v. 11, e01349-20, 2020.
- SILVA, F. **Soja: do plantio à colheita**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.
- SILVA, L. I.; PEREIRA, M. C.; CARVALHO, A. M. X.; BUTTRÓS, V. H.; PASQUAL, M.; DÓRIA, J. Phosphorus-Solubilizing Microorganisms: A Key to Sustainable Agriculture. **Agriculture**, v.13, n.2, p. 462, 2023.
- SOUSA, D. M.; NUNES, R. S.; REIN, T. A.; JÚNIOR, J. D. D. **Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado**. Planaltina, DF junho, 2016 p.2-9.
- TIMOFEEVA, A.; GALYAMOVA, M.; SEDYKH, S. Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. **Plants**, v.11, n.16, 2119, 2022.
- WAHAB, A.; BATOOL, F.; MUHAMMAD, M.; ZAMAN, W.; MIKHLEF, R.M.; QADDOORI, S.M.; ULLAH, S.; ABDI, G.; SAQIB, S. Unveiling the Complex Molecular Dynamics of Arbuscular Mycorrhizae: A Comprehensive Exploration and Future Perspectives in Harnessing Phosphate-Solubilizing Microorganisms for Sustainable Progress. **Environmental and Experimental Botany**, p. 105633, 2023.



WANG, W.; SARPONG, C. K.; SONG, C.; ZHANG, X.; GAN, Y.; WANG, X.; YONG, T.; CHANG, X.; WANG, Y.; YANG, W. Screening, identification and growth promotion ability of phosphate solubilizing bacteria from soybean rhizosphere under maize-soybean intercropping systems. **BioRxiv**, 2020.