



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia  
Campus Ariquemes

**Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e  
Tecnológica**  
**Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia**  
**Campus Ariquemes**

**INFLUÊNCIA DE MICRORGANISMOS  
SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO EM SOLO  
CULTIVADO COM SOJA**

Ariquemes - RO

2025

**Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia**  
**Campus Ariquemes**

**Bruno Andrade Felipe Silva**

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

**Coorientador:** Dr. Luciano dos Reis Venturoso

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das exigências do curso Bacharel em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Ariquemes.

**Ariquemes - RO**

**2025**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Bruno Andrade Felipe.

Influência de microrganismos solubilizadores de fósforo em solo  
cultivado com soja / Bruno Andrade Felipe Silva, Ariquemes-RO, 2025.  
21 f.

Orientador(a): Prof. Dra. Lenita Aparecida Conus Venturoso.  
Coorientador(a): Prof. Dr. Luciano dos Reis Venturoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO,  
Ariquemes-RO, 2025.

1. Soja. 2. Fertilidade do solo. 3. Bactérias endofíticas. I. Venturoso,  
Lenita Aparecida Conus (orient.). II. Venturoso, Luciano dos Reis (coorient.).  
III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO.  
IV. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Renilce Silva Morais, CRB-11/906 (Campus Ariquemes)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA CAMPUS ARIQUEMES**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Influência de microrganismos solubilizadores de fósforo em solo cultivado com soja**

**Acadêmico:** Bruno Andrade Felipe Silva

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

**Coorientador:** Dr. Luciano dos Reis Venturoso

**Conceito Atribuído:** **Aprovado.**

---

Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

---

Dr. Luciano dos Reis Venturoso

---

Dr. Antonio Neri Azevedo Rodrigues

---

Esp. Marcelo Andreeis Pratis

**Data da Realização: 16/01/2025**

**Ariquemes – RO**

**2025**

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente, dedico à Deus, cuja sabedoria e orientação foram luz e força em cada passo desta jornada. A Ele, devo toda a minha gratidão.

Aos meus pais e família, meu eterno reconhecimento pelo amor, apoio incondicional e fé em meu potencial.

À minha companheira, cuja paciência e compreensão foram fundamentais para a realização deste projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por toda sua proteção, orientação e amor incondicional.

À minha mãe e ao meu pai, Luciana e Amador, por aceitarem e permitirem que eu seguisse um desafio, me dando todo o suporte possível dentro da realidade de cada um. E à minha família, pelo incentivo constante e compreensão.

À minha companheira, Raquel, pelo carinho, compreensão e suporte ao longo de toda a jornada.

Aos meus orientadores, Lenita Venturoso e Luciano Venturoso, por aceitarem o desafio, pela orientação e paciência para a realização deste projeto.

A todos os colegas que de alguma forma colaboraram direta ou indiretamente em alguma etapa do trabalho.

Aos demais professores que me incentivaram e influenciaram positivamente na minha trajetória acadêmica.

# **Influência de microrganismos solubilizadores de fósforo em solo cultivado com soja**

## **RESUMO**

A soja é uma das principais commodities globais e, no Brasil, lidera a pauta exportadora nacional, com destaque para grãos, farelo e óleo. No entanto, a fertilidade do solo, particularmente em solos ácidos com baixos teores de fósforo disponível, limita a produtividade da cultura. Nesse sentido, microrganismos solubilizadores de fósforo podem melhorar a disponibilidade desse nutriente para os cultivos. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da inoculação com as bactérias *Bacillus megaterium* BRM 119 e *Bacillus subtilis* BRM 2084 no desenvolvimento da cultura da soja e na disponibilidade de fósforo no solo. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Instituto Federal de Rondônia, campus Ariquemes, utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições: adubação com P e K recomendada para a cultura; apenas BiomaPhos®; BiomaPhos® + adubação recomendada; e metade da adubação recomendada + BiomaPhos®. As avaliações na cultura da soja ocorreram nos estágios fenológicos V5 e R2, sendo mensurando o comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, diâmetro da haste, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e teor de macronutrientes foliares e no solo. Concluiu-se que o uso de BiomaPhos® proporcionou maior crescimento de raiz em plantas de soja no estágio V5. O uso de BiomaPhos® associado a adubação indicada ou a metade da adubação favoreceu a fertilidade do solo para o cultivo, bem como proporcionou níveis adequados de macronutrientes nas plantas de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Fertilidade do solo. Bactérias endofíticas.

# **Influence of phosphorus-solubilizing microorganisms in soil cultivated with soybean**

## **ABSTRACT**

Soybean are one of the main global commodities and, in Brazil, they lead the country's exports, especially grains, meal and oil. However, soil fertility, particularly in acidic soils with low levels of available phosphorus, limits crop productivity. In this sense, phosphorus-solubilizing microorganisms can improve the availability of this nutrient for crops. The aim of this study was to evaluate the influence of inoculation with the bacteria *Bacillus megaterium* BRM 119 and *Bacillus subtilis* BRM 2084 on the development of the soybean crop and the availability of phosphorus in the soil. The research was conducted in the experimental area of the Federal Institute of Rondônia, Ariquemes campus, using a trial design with four treatments and six replications: fertilization with P and K recommended for the crop; only BiomaPhos®; BiomaPhos® + recommended fertilization; and half of the recommended fertilizer + BiomaPhos®. The soybean crop was evaluated at the V5 and R2 phenological stages, measuring shoot length, root length, stem diameter, shoot dry mass, root dry mass and leaf and soil macronutrient content. It was concluded that the use of BiomaPhos® provided greater root growth in soybean plants at the V5 stage. The use of BiomaPhos® combined with the indicated fertilization or half the fertilization favored soil fertility for cultivation, as well as providing adequate levels of macronutrients in the soybean plants.

**Keywords:** *Glycine max.* Soil fertility. Endophytic bacteria.

## INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], planta pertencente à família Fabaceae, tem sido empregada principalmente na alimentação humana e animal. A cadeia produtiva que envolve a cultura e seu complexo, grão, farelo e óleo, é uma das mais importantes no mundo (MELLO e BRUM, 2020). Na safra 23/24 a soja foi cultivada em 45,2 milhões de hectares, atingindo produção de 146,5 milhões de toneladas, e produtividade média de 3.239 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024).

A cultura da soja vem se expandindo em todo território nacional, sendo verificado em Rondônia, em comparação às últimas cinco safras, um aumento na área plantada de 90,4% e na produção de 85,6%, enquanto a produtividade se manteve estagnada (CONAB, 2024). A fertilidade do solo continua sendo um fator limitante à produtividade, que em geral, agrava-se em solos ácidos e com baixos teores de fósforo disponível às plantas (LOPES e GUILHERME, 2007).

O fósforo exerce funções vitais na planta, como constituinte de compostos de alta energia, como ATP (adenosina trifosfato), derivados das fitinas, fosfolipídios e outros ésteres. Em plantas de soja este nutriente tornou-se necessário durante todo o ciclo da cultura (REZENDE et al., 2005), sendo a época de maior exigência entre os estádios V4 e R6, alcançando absorção de até 0,4 kg.ha<sup>-1</sup> por dia, sendo 60% absorvido após o estágio R1 (ROSOLÉM, 1982). Considerando seu importante papel na transferência de energia da célula, respiração e fotossíntese, destaca-se que a restrição desse elemento, principalmente nos estádios iniciais, pode resultar em limitações no seu desenvolvimento (SOUZA et al., 2013).

Ventimiglia et al. (1999) observaram que os baixos níveis de fósforo no solo, afetou drasticamente a produtividade da soja, sendo visível o seu porte reduzido e a menor produção de flores, aliado a maior incidência de abortos dessas estruturas, o que acarretou conseqüentemente, em menor produção de vagens. O fósforo tem sido um elemento importante para a cultura durante todo o ciclo, portanto, manter seus níveis adequados no solo geram incrementos significativos na produção de soja. A agricultura vem passando ao longo do tempo por alterações de hábitos, sendo o manejo do solo e adubação, umas dessas mudanças.

A adubação fosfatada tem se mostrado de baixa eficiência, visto que grande parte do fósforo adicionado ao solo se torna indisponível. Os solos com elevada acidez e baixo teor de cátions básicos apresentaram alta capacidade em adsorver fósforo, pois a maior parte deste nutriente se encontra em formas inorgânicas com alta energia de ligação, tornando-o

indisponível para as plantas quando ligado a óxidos de ferro e alumínio (ALMEIDA et al., 2003; ROSSI et al., 2018). Portanto, conhecer o tipo de solo da região e sua mineralogia torna-se de suma importância, pois os principais atributos que influenciaram na adsorção de fósforo relacionam-se ao tipo e o teor de argila, coloides amorfos e matéria orgânica (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A produção de fertilizantes fosfatados ocorre por meio da reação da rocha fosfática com ácidos sulfúrico ou fosfórico (GONÇALVES e MIRANDA, 2018), e como qualquer recurso natural não renovável, pode se tornar problemas a longo prazo. Neste sentido, a solução encontrada para manter elevadas produtividades tem sido a adição de fósforo no solo na forma de fertilizante fosfatado solúvel, o que acarreta a formação de complexos insolúveis com os constituintes do solo, deixando apenas uma parte do nutriente disponível para as plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999). O adubo fosfatado adicionado ao solo, além de seu efeito imediato para a cultura, pode resultar em efeito residual nos cultivos subsequentes (LANA et al., 2007), visto que a quantidade de fósforo aplicada ainda permanece no solo em forma disponível para a planta após determinado tempo (CAIONI, 2019).

O fósforo possui um ciclo biogeoquímico bem dinâmico, envolve o solo, as plantas e os microrganismos. Os principais processos desse ciclo incluem a absorção do fósforo pelas plantas, reciclagem via plantas e animais, renovação biológica por imobilização e mineralização, reações de adsorção e fixação nas superfícies dos minerais de argila e óxidos e a solubilização e formação de fosfatos minerais através de reações químicas e atividade biológica do solo (DECKER, 2019).

Na atividade biológica do solo, destaca-se que a utilização de microrganismos solubilizadores de fosfato (MSP), capazes de solubilizar o fósforo agregado aos fosfatos naturais dos fertilizantes ou até mesmo os adsorvidos ao solo. Essa liberação por microrganismos ocorre por meio da solubilização de fosfatos inorgânicos, associados aos íons cálcio, ferro e alumínio a partir da liberação de ácidos orgânicos (MENDES et al., 2022). Estes microrganismos podem também mineralizar fosfatos orgânicos presentes nos restos vegetais do solo e na matéria orgânica, produzindo enzimas fosfatases (MENDES e REIS JUNIOR, 2003).

O produto BiomaPhos<sup>®</sup>, composto pela associação das bactérias *Bacillus megaterium* BRM 119 e *Bacillus subtilis* BRM 2084, sendo ambas exclusivas da Bioma/Simbiose desenvolvida em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo (OLIVEIRA et al., 2020), atua na solubilização das moléculas de fósforo retidas no solo, fato que pode provocar a redução nas

doses de fertilizante, e conseqüentemente, aumento na eficiência de uso do fósforo para as plantas (SANTOS et al., 2008).

Em trabalho com a cultura do milho, Batista et al. (2018) observaram boa capacidade de solubilização de fósforo por *Bacillus megaterium*, onde relataram a eficiência para uso da mesma como bioinoculante. Neste estudo foram testadas trinta estirpes diferentes de bactérias e foi observado diferenças na capacidade de solubilização do fosforo entre elas. No milheto, Santos et al. (2022) obtiveram boa interação entre fontes de fósforo e microrganismos solubilizadores, com relação a produção de massa seca de raiz, fato que só foi significativo na presença das bactérias. De forma semelhante, Sousa et al. (2018), observaram que na presença de microrganismos houve significativo aumento na área superficial de raízes e massa seca da parte aérea das plantas de milho em condições hidropônica. Araujo (2008) relatou em estudo realizado em casa de vegetação, desenvolvimento do milho em solo com deficiência de fósforo, no qual conseguiu absorver quantidade significativa de fósforo quando inoculado com formulação contendo a bactéria *Bacillus subtilis*.

Práticas de manejo que envolvam o uso de produtos biológicos na agricultura vêm ganhando destaque, e resultando em melhorias no desenvolvimento e produtividade das culturas. Pesquisas relacionadas ao manejo da adubação fosfatada, as quais incluem microrganismos no estado de Rondônia, ainda são escassas, todavia, os benefícios apresentados pelos microrganismos solubilizadores de fósforo tem demonstrado potencial na agricultura, tornando-se necessário sua avaliação quanto ao comportamento agrônômico na cultura soja, visando melhorias no manejo do fósforo, nutriente limitante na produção das culturas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência da inoculação com as bactérias *Bacillus megaterium* BRM 119 e *Bacillus subtilis* BRM 2084 no desenvolvimento da cultura da soja e na disponibilidade de fósforo no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Rondônia, Campus Ariquemes, situada nas coordenadas geográficas com latitude de 9° 55' 12" S, longitude 62° 56' 59" e altitude média de 128 m. O clima, conforme classificação de Köppen-Geiger, fica submetido ao tipo Aw, tropical chuvoso, com duas estações bem definidas no decorrer do ano, sendo de chuvas intensas de outubro a abril. A temperatura média anual do município varia em torno de 25,6°C, precipitação total anual em torno de 2.290 mm e umidade relativa do ar de 81,0% (CARVALHO et al., 2016). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013).

Os parâmetros da análise química de solo, realizada de 0-20 cm de profundidade foram: 5,4 pH em H<sub>2</sub>O; 23 g.dm<sup>-3</sup> de MO; 5,9 mg.dm<sup>-3</sup> de P; 74 mg.dm<sup>-3</sup> de K; 1,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,5 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Al; 4,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de H+Al; 2,09 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> para soma de bases (SB); 6,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> para capacidade de troca de cátions (CTC); e 33% de saturação de bases (V). A análise de textura do solo foi de 566 g.kg<sup>-1</sup> de argila, 95 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 339 g.kg<sup>-1</sup> de areia total.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional com uma gradagem pesada, seguida de uma niveladora. A calagem foi realizada com calcário dolomítico, cerca de oitenta dias antes da semeadura, no intuito de elevar a saturação de bases do solo para 60%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, composto por quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos constaram do fornecimento da adubação completa na semeadura; adubação completa na semeadura + BiomaPhos<sup>®</sup>; metade da adubação na semeadura + BiomaPhos<sup>®</sup> e o uso somente de BiomaPhos<sup>®</sup> na semeadura. O produto BiomaPhos<sup>®</sup> foi fornecido via tratamento de sementes. O tratamento denominado “adubação completa” refere-se ao recomendado para a cultura da soja conforme Ribeiro et al. (1999), determinado conforme análise de solo inicial. Foi realizada no sulco de semeadura, utilizando-se fósforo e potássio na quantidade de 444,4 kg.ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples e 206,9 kg.ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio. Para o nitrogênio foi realizado inoculação via sulco, e não foi realizado adubação de cobertura.

As sementes foram tratadas com fungicida a base de fludioxonil (25 g.L<sup>-1</sup>) + metalaxil-m (10 g.L<sup>-1</sup>), na dose de 100 ml/100 kg de sementes, deixando-se as mesmas secarem a sombra por trinta minutos. Posteriormente à secagem, as sementes foram inoculadas com o produto

BiomaPhos<sup>®</sup>, o qual contém as bactérias *Bacillus megaterium* BRM 119 e *Bacillus subtilis* BRM 2084, na dose de 120 mL do produto para cada 60.000 sementes.

A cultura foi semeada no segundo decêndio de janeiro de 2022, em parcelas experimentais de 4 x 5 m de comprimento, contendo oito linhas espaçadas entre si por 0,5 m. Foi considerado como área útil, as seis linhas centrais descartando-se 0,5 m em cada extremidade, totalizando 12 m<sup>2</sup>. Foi semeada a cultivar Monsoy M 8644 IPRO, com população desejada de 200.000 plantas por hectare. Seis dias após a semeadura, com auxílio de uma bomba costal de 20L, foi realizado a pulverização com jato dirigido para a linha plantio, a bactéria fixadora de nitrogênio *Bradyrhizobium japonicum* (Cepas SEMIA 5079 e SEMIA 5080) na dose de 500 mL.ha<sup>-1</sup>.

As práticas de manejo ocorreram de acordo com o monitoramento, sendo realizado o manejo de plantas daninhas, por meio da pulverização de herbicidas pós-emergente a base de glifosato, sendo a primeira na concentração de 577 g.L<sup>-1</sup> e a segunda de 480 g.L<sup>-1</sup>, com doses de 1140 e 960 g.ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo, respectivamente, e calda de 200 L.ha<sup>-1</sup>. Para o manejo dos insetos-pragas foram realizadas três pulverizações, sendo a primeira a base de dinotefuram (84 g.L<sup>-1</sup>) + lambda-cialotrina (48 g.L<sup>-1</sup>) com dose de 42 + 24 g.ha<sup>-1</sup>; a segunda à base de tiametoxam (141 g.L<sup>-1</sup>) + lambda-cialotrina (106 g.L<sup>-1</sup>) na dose de 28,2 + 21,2 g.ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo; e a terceira a base de sulfoxaflor (100 g.L<sup>-1</sup>) + lambda-cialotrina (150 g.L<sup>-1</sup>) na dose de 20 + 30 g.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para todas as pulverizações foram utilizados um volume de 200 L de calda. O manejo das doenças ocorreu em dois momentos, utilizando-se fungicida a base de mancozebe (750 g.L<sup>-1</sup>) na dose de 1500 g.ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo, e calda de 200 L, em um intervalo de 10 dias.

As avaliações na cultura da soja ocorreram nos estágios fenológicos V5 e R2, conforme escala de Fehr e Caviness (1977), mensurando-se os caracteres: comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), diâmetro da haste (DH), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Para realização das avaliações foram coletadas cinco plantas em sequência de cada parcela, com auxílio de uma pá reta, na área útil da parcela. Os blocos de solo contendo as plantas foram acondicionados sobre peneira, os quais foram lavados para desagregação do solo, sendo utilizado para as avaliações, apenas as três plantas centrais.

O comprimento da parte aérea foi mensurado com o auxílio de uma fita métrica, medindo a distância entre o colo da planta e o ápice da haste principal. Para o sistema radicular, a medida foi realizada a partir da inserção das primeiras raízes (nível do solo) até a extremidade final da raiz principal. O diâmetro da haste foi mensurado com o auxílio de um paquímetro

digital, no colo da planta, a cerca de 5 cm do solo. Para a determinação da massa seca, as plantas foram divididas em parte aérea e sistema radicular, as quais foram lavadas, e após a secagem, acondicionadas, em sacos de papel kraft e em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C até atingir massa constante.

Para determinação da taxa de crescimento inicial da cultura foram identificadas três plantas por parcela aos sete dias após a emergência, sendo mensurada a altura das mesmas, colo da planta ao ápice da haste principal, em intervalo de cinco dias, perfazendo um total de seis coletas.

No estágio fenológico de florescimento pleno foram coletadas amostras de solo em dois pontos por parcela, nas entrelinhas da cultura, na profundidade de 0 a 20 cm. O solo foi homogeneizado, acondicionado em embalagem plástica e encaminhado para o laboratório para realização da análise química, obtendo-se os teores de fósforo remanescente e fósforo total no solo. Ainda no florescimento pleno da cultura, foram coletados o terceiro ou quarto trifólio com pecíolo de trinta plantas em cada parcela, as quais foram lavadas em água destilada, acondicionadas em sacos de papel kraft, e em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, até obtenção de massa constante. Posteriormente, os materiais foram moídos em moinho do tipo Willey, coletando-se cerca de cinco gramas de cada parcela para realização da análise de macronutrientes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, e para os dados da taxa de crescimento procedeu-se a análise de regressão com a utilização do Software SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estágio vegetativo V5 observou-se efeito significativo apenas para o comprimento de raiz. Para esta característica a utilização da adubação completa + BiomaPhos<sup>®</sup>, metade da adubação + BiomaPhos<sup>®</sup> e somente BiomaPhos<sup>®</sup> proporcionaram comprimento de raiz semelhante, o qual foi superior ao tratamento controle, apenas com adubação recomendada para a cultura (Tabela 1). Este resultado indica que o uso de BiomaPhos<sup>®</sup>, independentemente de sua associação, proporcionou maior crescimento de raiz na cultura da soja nas condições ambientais utilizada neste estudo.

Tabela 1. Valores médios de comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), diâmetro da haste (DH), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) coletados no estágio fenológico V5 em plantas de soja inoculada com bactérias solubilizadoras de fósforo em associação a diferentes níveis de adubação.

Tratamentos	CPA (cm) <sup>NS</sup>	CR (cm)	DH (mm) <sup>NS</sup>	MSPA (g) <sup>NS</sup>	MSR (g) <sup>NS</sup>
Adubação	18,72	18,89 b	3,50	1,60	0,39
BiomaPhos <sup>®</sup>	18,89	22,78 a	3,48	1,53	0,40
Metade da adubação + BiomaPhos <sup>®</sup>	18,86	23,06 a	3,56	1,78	0,45
Adubação + BiomaPhos <sup>®</sup>	19,25	23,08 a	3,62	1,86	0,46
CV (%)	5,39	8,19	5,80	18,99	16,65

\* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup>: Não significativo.

Segundo Chagas Junior et al. (2021) o uso de *Bacillus subtilis* promovem alterações diretas na concentração de fitormônio, fixação de nitrogênio e aumento na produção de raízes. Os autores avaliaram plantas de soja aos 45 dias após a semeadura, que correspondeu ao estágio fenológico R1, e encontraram resultados positivos para crescimento de raiz, altura de plantas e massa seca de raiz em todas as doses utilizadas de *B. subtilis* na inoculação de sementes em comparação com a testemunha.

Para as características de diâmetro da haste, comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea e de raiz, não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados no estágio fenológico V5 (Tabela 1), indicando que os tratamentos adotados promoveram desenvolvimento semelhantes nas plantas avaliadas. Este resultado pode ter ocorrido devido ao estágio de desenvolvimento da planta, visto que no estágio V5 a planta encontra-se em pleno desenvolvimento vegetativo, onde a parte aérea e enraizamento ainda se apresentam em desenvolvimento.

Em trabalho em casa de vegetação, Giovelli (2023), avaliando a altura de plantas de soja inoculadas com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* nos estádios de desenvolvimento V4, R2 e R5 não encontraram diferenças significativas para esta característica em comparação com a testemunha, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Nas avaliações realizadas no estágio fenológico R2, observou-se efeito significativo para a massa seca de raiz e o diâmetro da haste. O tratamento com BiomaPhos® isolado apresentou menor massa seca de raiz e diâmetro da haste, com redução de até 44,45% e 27,18%, respectivamente, em comparação ao tratamento que combinou BiomaPhos® com adubação completa (Tabela 2). Isso sugere que, embora o BiomaPhos® tenha potencial para promover o crescimento radicular na fase inicial, seu uso isolado não é suficiente para sustentar o desenvolvimento da planta em estádios mais avançados. Esse efeito pode estar relacionado à limitada capacidade do BiomaPhos® de suprir, sozinho, as necessidades nutricionais da soja à medida que a planta avança para fases fenológicas mais exigentes.

Os tratamentos com adubação, metade da adubação + BiomaPhos® e adubação + BiomaPhos® resultaram em valores estatisticamente semelhantes em todas as características avaliadas (Tabela 2). Isso sugere que a aplicação das bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, presentes no BiomaPhos®, pode promover um desenvolvimento comparável ao obtido com a adubação fosfatada completa na fase fenológica R2. Guimarães e Klein (2023) avaliando a eficiência de inoculante líquido, contendo *B. megaterium* e *B. subtilis*, associado à adubação fosfatada na soja em quatro locais diferentes, encontraram maior eficiência em crescimento e em produtividade no tratamento com inoculação e metade da dose de fósforo quando comparado ao tratamento que recebeu metade da dose de fósforo sem inoculação e na ausência de adubação e inoculação (controle), sendo também semelhante ao tratamento que recebeu a dose de fósforo completa recomendada para a cultura.

Tabela 2. Valores médios do comprimento da parte área (CPA), comprimento da raiz (CR), diâmetro da haste (DH), massa seca da parte área (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) coletados no estágio fenológico R2 em plantas de soja inoculada com bactérias solubilizadoras de fósforo em associação a diferentes níveis de adubação.

Tratamentos	CPA (cm) <sup>NS</sup>	CR (cm) <sup>NS</sup>	DH (mm)	MSPA (g) <sup>NS</sup>	MSR (g)
Adubação	40,86	27,86	6,99 a	7,72	1,80 a
BiomaPhos®	39,14	27,25	5,09 b	5,28	1,00 b
Metade da adubação + BiomaPhos®	40,81	32,70	6,54 a	8,26	1,64 a
Adubação + BiomaPhos®	41,14	28,70	6,47 a	9,06	1,49 a
CV (%)	9,42	14,68	12,74	38,75	6,10

\* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup>: Não significativo.

Essa similaridade entre os tratamentos metade da adubação + BiomaPhos® e adubação completa ou adubação + BiomaPhos® pode ser explicada pelo efeito sinérgico entre a adubação parcial e a ação das bactérias solubilizadoras de fósforo. As bactérias podem estar promovendo uma maior eficiência no uso do fósforo disponível, potencializando os nutrientes presentes no solo mesmo com uma quantidade reduzida de adubo. Esse efeito pode ser atribuído à habilidade do BiomaPhos® em aumentar a biodisponibilidade de fósforo e melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em um desenvolvimento adequado, mesmo com uma adubação fosfatada reduzida.

No florescimento pleno, foi realizada a análise de solo que revelou efeito significativo no pH, onde o tratamento metade da adubação + BiomaPhos® proporcionou um pH acima de 6,0 (Tabela 3), valor este considerado ideal para o desenvolvimento de microrganismos benéficos no solo e também para a maior disponibilidade de fósforo para as plantas (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2021).

O tratamento com metade da adubação + BiomaPhos® demonstrou resultados promissores em várias características do solo, como o aumento na quantidade de fósforo remanescente, a redução de alumínio + hidrogênio, maior capacidade de troca de cátions (CTC) e maior saturação por bases (Tabela 3), porém não diferiu estatisticamente de outros

tratamentos. Notavelmente, a soma de bases (SB) foi maior nesse tratamento em comparação com os outros, o que indica uma melhoria significativa na fertilidade do solo. A elevada CTC observada no tratamento de adubação completa foi semelhante a combinação de BiomaPhos® com metade da adubação recomendada.

Em relação ao fósforo, é interessante observar que, nos tratamentos que incluíram BiomaPhos®, houve uma redução nos níveis de fósforo disponível em comparação com a adubação isolada, porém foi estatisticamente igual ao tratamento metade da adubação + BiomaPhos®. Esse comportamento pode estar relacionado à dinâmica de utilização do fósforo pelas bactérias solubilizadoras. É possível que o BiomaPhos® tenha acelerado a transformação do fósforo presente no solo para formas mais disponíveis e prontamente utilizáveis pelas plantas, o que, por sua vez, resultou em menores níveis residuais de fósforo no solo.

Esses resultados indicam que o uso de BiomaPhos® em associação com metade da adubação recomendada para a cultura da soja pode ser uma estratégia eficiente para otimizar a disponibilidade de nutrientes e melhorar a qualidade do solo, oferecendo uma alternativa mais sustentável e econômica em comparação com a adubação completa. Alori et al. (2017) indicaram que microrganismos como *Bacillus* são eficazes na solubilização de fósforo em solos com baixa disponibilidade. Resultados divergentes foram encontrados por Silva et al. (2024) que descreveram melhoria na disponibilidade de fósforo em associação com microrganismos solubilizadores de fósforo, seja pela ação direta na solubilização ou mineralização do nutriente do solo, seja pela promoção de enraizamento favorecendo a absorção pela planta. Segundo esses autores, a aplicação de microrganismos, como *Bacillus* e *Pseudomonas*, melhora a absorção de fósforo pelas plantas e aumenta o rendimento de grãos sendo possível a redução de fertilizantes químicos.

Tabela 3. Resultado da análise de solo coletado no estágio fenológico R2 em cultivo de soja inoculada com bactérias solubilizadoras de fósforo em associação a diferentes níveis de adubação.

Tratamentos	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	MO	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>	----- cmolc.dm <sup>-3</sup> -----						%	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>
Adubação	5,65 b	3,05 a	0,19 ab	1,60 b	1,13 b	3,58 a	2,91 b	6,53 a	44,50 b	23,25 ab	28,33 b
BiomaPhos <sup>®</sup>	5,75 b	1,43 b	0,17 b	1,50 b	1,00 b	3,13 ab	2,67 b	5,78 c	46,25 b	20,25 b	28,00 b
Metade da adubação + BiomaPhos <sup>®</sup>	6,23 a	2,15 ab	0,20 ab	2,20 a	1,65 a	2,40 b	4,05 a	6,45 a	63,00 a	26,25 a	30,05 a
Adubação + BiomaPhos <sup>®</sup>	5,85 b	1,73 b	0,22 a	1,70 ab	1,25 b	3,00 ab	3,17 b	6,15 b	51,75 ab	22,25 b	29,23 ab
CV (%)	2,09	7,72	10,95	14,69	12,18	13,59	11,69	1,20	11,02	6,56	2,34

\* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na análise foliar foi observado efeito significativo para os teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Nos tratamentos onde utilizou-se a adubação + BiomaPhos® e metade da adubação + BiomaPhos® as quantidades de nitrogênio e fósforo na folha foram semelhantes a adubação completa (Tabela 4), indicando que a associação de BiomaPhos® com a adubação parcial pode ser tão eficiente quanto a adubação completa para a absorção desses nutrientes pelas plantas. Com relação aos teores de potássio, foi observado que o tratamento adubação + BiomaPhos® promoveu, em média, aumento de 12,67% de potássio nas folhas de soja, quando comparado com os demais tratamentos.

Tabela 4. Teores de nutrientes em plantas de soja inoculada com bactérias solubilizadoras de fósforo em associação a diferentes níveis de adubação.

Tratamentos	N	P	K	Ca <sup>NS</sup>	Mg <sup>NS</sup>	S <sup>NS</sup>
	----- g.kg <sup>-1</sup> -----					
Adubação	34,30 ab	3,57 ab	17,87 b	9,13	5,20	2,30
BiomaPhos	33,32 b	3,20 b	17,66 b	8,87	5,30	2,27
Metade da adubação + BiomaPhos	34,63 a	3,43 ab	17,81 b	9,33	5,10	2,23
Adubação + BiomaPhos	34,47 a	3,90 a	20,36 a	9,40	4,97	2,27
CV (%)	1,10	6,22	2,18	8,00	7,21	1,64

\* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup>: Não significativo.

Segundo Malavolta et al. (1997) e Embrapa (2013), os teores adequados de nitrogênio (N) para a soja variam entre 30 e 50 g.kg<sup>-1</sup>, enquanto para o fósforo (P) os valores adequados estão entre 2,5 e 5,0 g.kg<sup>-1</sup>, e para o potássio (K), entre 15 e 25 g.kg<sup>-1</sup>. No presente estudo, os teores de N, P e K ficaram dentro das faixas recomendadas para a cultura da soja.

Além disso, apesar a ausência de diferença entre os tratamentos, verificou-se que os níveis de cálcio (Ca), que variaram entre 8,87 e 9,40 g.kg<sup>-1</sup>, magnésio (Mg), que ficou entre 4,97 e 5,30 g.kg<sup>-1</sup>, e enxofre (S), entre 2,23 e 2,30 g.kg<sup>-1</sup>, também estão alinhados com as faixas consideradas adequadas para a soja, conforme estabelecido por diversos estudos (EMBRAPA, 2013; GOMES et al., 2010). Esses resultados indicam que os tratamentos aplicados forneceram

quantidades adequadas de macronutrientes, promovendo um desenvolvimento saudável da cultura.

A adequação dos teores de nutrientes observados sugere que tanto a adubação completa quanto as combinações de BiomaPhos® com adubação parcial são estratégias eficientes para garantir o fornecimento nutricional necessário para a soja, potencialmente contribuindo para a maximização da produtividade e sustentabilidade da cultura, como observado por Hungria et al. (2015) em estudos sobre a coinoculação com bactérias promotoras de crescimento.

## CONCLUSÕES

O uso de BiomaPhos<sup>®</sup> proporciona maior crescimento de raiz em plantas de soja no estágio V5.

O uso de BiomaPhos<sup>®</sup> associado a adubação indicada ou a metade da adubação favorece a fertilidade do solo para o cultivo, bem como proporciona níveis adequados de macronutrientes nas plantas de soja.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.985-1002, 2003.
- 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.
- ARAUJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.456-462, 2008.
- BATISTA, F. C.; FERNANDES, T. A.; ABREU, C. S.; OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, V. P.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E.; PAIVA, C. A. O. **Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em solubilizar o fosfato de ferro e produzir sideróforos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 21p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 166).
- CAIONI, S. **Formas de aplicação de fósforo e efeito residual no sistema de integração lavoura-pecuária em área de plantio direto**. 2019. 84p. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v.18, n.12, p.123-142, 2016.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; BORBA, E.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; GOMES, F. L.; OLIVEIRA, R. S.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus* sp. como promotor de crescimento em soja *Bacillus* sp. **Revista de Ciências Agrárias**, v.44, n.2-3, p.170-179, 2021.
- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: safra 2023/24**. Sétimo levantamento, v.11, n.7, 2024. 120p. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/51274\\_e40f1bba791d27a4c67a29c5f29781ff](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/51274_e40f1bba791d27a4c67a29c5f29781ff). Acesso em: 13 mai. 2024.
- DECKER, J. V. R. **Dinâmica do fósforo no solo e na cultura do milho (*Zea mays*) após a aplicação de condicionadores de solo como biochar e zeólitos**. 2019. 74p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Escola Superior Agrária Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12p. (Special Report, 80).

GIOVELLI, J.; TABALDI, L. A. Níveis de fósforo e inoculação de sementes por *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) e *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) no crescimento e desenvolvimento de plantas de soja. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.26, n.4, p.451-458, 2023. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioseciencia/article/view/9955>. Acesso em: 17 ago. 2024.

GOMES, E. A. et al. **Prospecção de comunidades microbianas do solo ativas o aproveitamento agrícola de fontes de fósforo de baixa solubilidade**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 34p.

GONÇALVES, J. R.; MIRANDA, M. R. S. Redução de horas paradas na etapa de granulação: um estudo de caso da obstrução da calha de descarga do granulador. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v.14, n.1, p.123-138, 2018.

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J. Inoculante líquido contendo *Bacillus megaterium* e *B. subtilis* é eficiente em promover crescimento e disponibilizar fósforo para a soja. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, v.16, n.46, p.2029-2060, 4 set. 2023.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.; ARAUJO, R. Co-inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium spp.* e *Azospirillum brasilense*: uma nova ferramenta biotecnológica para melhorar a produtividade e a sustentabilidade. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.811-817, 2015.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto: cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1654-1660, 2007.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p. 42-61, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. Disponível em: <https://www.potafos.com.br>. Acesso em: 17 ago. 2024.

MELLO, E. S.; BRUM, A. L. The soybean productive chain and some reflections in the regional development of Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.10, p.74734-74750, 2020.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 26p. (Documentos 85).

MENDES, W. D.; MANDUCA-SOBRINHO, C. A.; MARTINS, W. S.; MURAISHI, C. T.; SOUZA, M. P.; ADAMS, G. S.; SILVA, I. M.; OLIVEIRA, A. G.; PEREIRA, D. D.; CARVALHO, L. C. Efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura da soja no Brasil: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v.11, n.16, p.01-13, 29 nov. 2022.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 18p. (Circular Técnica, 260).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; BINI, D.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SANTOS, F. C.; COTA, L. V.; SOUSA, S. M.; ALVES, V. M. C.; LANA, U. G. P.; SOUZA, F. F. **Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. (Comunicado Técnico, 252).

REZENDE, P. M.; GRIS, C. F.; CARVALHO, J. G.; GOMES, L. L.; BOTTINO, L. Adubação foliar: I. épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.6, p.1105-1111, 2005.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: SBCS, 1999. 359p.

ROSOLÉM, C. A. **Nutrição mineral e adubação de soja**. Piracicaba: Instituto Potassa e Fosfato, 1982. 80p. (Boletim técnico, 6).

ROSSI, N. G.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; REIS, R. G. E.; NABEIRO, J. C. X. Influência do modo de aplicação de fertilizante fosfatado na produção de soja em sistema de plantio direto e convencional no Cerrado. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.11, n.02, p.101-111, 2018.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSK, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.576-586, 2008.

SANTOS, F. C.; REIS, D. P.; GOMES, E. A.; LADEIRA, D. A.; OLIVEIRA, A. C.; MELO, I. G.; SOUZA, F. F.; MATTOS, B. B.; CAMPOS, C. N.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. Influence of phosphorus-solubilizing microorganisms and phosphate amendments on pearl millet growth and nutrient use efficiency in different soils types. **African Journal of Microbiology Research**, v.16, n.3, p.95-103, 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, 2024.

SOUZA, L. F.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; CAIXETA, C. G.; RIBEIRO, V. J.; CASTRO, J. S. Disponibilidade de P em Latossolo argiloso após incubação de doses de superfosfato triplo revestido com polímeros. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v.4, p.58-70, 2013.

SOUZA, R. V. Uso de *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* na cultura do trigo. 2023. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.