

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

**ASSOCIAÇÃO DE REMINERALIZADOR COM BACTÉRIAS
EFICIENTES NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DA SOJA**

**LARISSA MAGALHÃES SOUSA
2025**

LARISSA MAGALHÃES SOUSA

**ASSOCIAÇÃO DE REMINERALIZADOR COM BACTÉRIAS
EFICIENTES NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DA SOJA**

Trabalho de Conclusão 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.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Míriam de
Almeida Marques

**CRISTALINA – 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**

S725 Sousa, Larissa Magalhães
 Associação de remineralizador com bactérias eficientes na
 germinação e crescimento inicial da soja / Larissa Magalhães
 Sousa. CRISTALINA 2025.

 18f.

 Orientadora: Prof^a. Dra. Míriam de Almeida Marques.
 Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1020024 -
 Bacharelado em Agronomia - Cristalina (Campus Cristalina).
 1. Glycine max. 2. Pó de rocha. 3. Microrganismos promotores
 de crescimento. 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

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

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Larissa Magalhaes Sousa

Matrícula:

2021110200240092

Título do trabalho:

Associação de remineralizador com bactérias eficientes na germinação e crescimento inicial da soja

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☐ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 18 / 12 / 2025

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

Cristalina - GO

Local

18 / 12 / 2025

Data

Documento assinado digitalmente



LARISSA MAGALHAES SOUSA
Data: 18/12/2025 16:16:37-0300

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

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente

MIRIAM DE ALMEIDA MARQUES

Data: 18/12/2025 16:23:09-0300

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

Assinatura do(a) orientador(a)



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

Formulário 198/2025 - GE-CRT/CMPCRIS/IFGOIANO

CURSO DE AGRONOMIA

ASSOCIAÇÃO DE REMINERALIZADOR COM BACTÉRIAS EFICIENTES NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DA SOJA

Autor(a): Larissa Magalhães Sousa

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Míriam de Almeida Marques

TITULAÇÃO: ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

APROVADO em 12 de dezembro de 2025.

Profa. Dra. Míriam de Almeida Marques

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Profa. Dra. Giselle Anselmo de Souza Gonçalves

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Prof. Dra. Suelen Cristina Mendonça Maia

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Documento assinado eletronicamente por:

- **Miriam de Almeida Marques**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/12/2025 23:39:12.
- **Suelen Cristina Mendonca Maia**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 15/12/2025 10:48:37.
- **Giselle Anselmo de Souza Goncalves**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 15/12/2025 11:30:32.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2025. 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: 774150

Código de Autenticação: 24cbe055bc



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Cristalina

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

(61) 3612-8500



Associação de remineralizador com bactérias eficientes na germinação e crescimento inicial da soja

Association of remineralizer with bacteria effective in the germination and inial growth of soybeans

Asociación de remineralizante con bacterias efectivas em la germinación y crecimiento inicial de la soja

DOI: 10.55905/revconv.18n.12-237

Originals received: 11/11/2025

Acceptance for publication: 12/4/2025

Larissa Magalhães Sousa

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina (IF Goiano)

Endereço: Cristalina – Goiás, Brasil

E-mail: magalhaeslarissa127@gmail.com

Davy Odair Pedroso Aguiar

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano Campus Cristalina (IF Goiano)

Endereço: Cristalina – Goiás, Brasil

E-mail: davyodair0055@gmail.com

Míriam de Almeida Marques

Doutora em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Cristalina – Goiás, Brasil

E-mail: miriam.marques@ifgoiano.edu.br

RESUMO

O uso de microrganismos eficientes associados a remineralizadores tem se destacado como estratégia promissora para promover o desenvolvimento inicial de culturas agrícolas. Este estudo avaliou os efeitos da aplicação de um remineralizador à base de micaxisto, associado ou não a *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*, sobre a germinação e o crescimento inicial da soja convencional cultivar MÍTICA CE. Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no IF Goiano – Campus Cristalina, com aplicação do remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) e no dia da semeadura (NDP). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Foram avaliadas germinação, altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da parte aérea e comprimento de raízes. No experimento ADP, observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha, especialmente nos tratamentos com *B. aryabhattai* e *B. subtilis*, que proporcionaram maiores valores de germinação, número de folhas, massa seca e incremento em altura e diâmetro do caule.



No experimento NDP, apesar da ausência de diferenças estatísticas na maioria das variáveis, as associações microbianas com o remineralizador apresentaram tendência de incremento no desempenho inicial das plantas. O remineralizador, aplicado nos dois períodos, não prejudicou a germinação nem o desenvolvimento radicular da cultura. Os resultados indicam que a interação entre microrganismos eficientes e remineralizadores contribui positivamente para o crescimento inicial da soja e apresenta potencial para uso em sistemas de produção que buscam maior sustentabilidade.

Palavras-chave: *Glycine max*, pó de rocha, microrganismos promotores de crescimento de plantas, *Bacillus subtilis*, *Bacillus aryabhattai*.

ABSTRACT

The use of efficient microorganisms associated with soil remineralizers has emerged as a promising strategy to promote early crop development. This study evaluated the effects of a mica-schist-based remineralizer, applied alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Bacillus aryabhattai*, on the germination and early growth of the conventional soybean cultivar MÍTICA CE. Two greenhouse experiments were conducted at IF Goiano – Campus Cristalina, with the remineralizer applied 45 days before sowing (ADP) and on the day of sowing (NDP). The experimental design was completely randomized, with seven treatments and four replications. Germination, plant height, stem diameter, number of leaves, shoot dry mass, and root length were evaluated. In the ADP experiment, significant differences were observed among treatments, with *B. aryabhattai* and *B. subtilis* promoting higher germination, shoot biomass, and better vegetative development. In the NDP experiment, although no statistical differences were detected for most variables, the microbial associations showed a consistent trend toward improved plant performance. The remineralizer, regardless of application timing, did not impair germination or root development. The results indicate that the interaction between efficient microorganisms and remineralizers positively contributes to early soybean growth and has potential for adoption in sustainable production systems.

Keywords: *Glycine max*, rock powder, plant growth-promoting microorganisms, *Bacillus subtilis*, *Bacillus aryabhattai*.

RESUMEN

El uso de remineralizadores y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCVs) ha surgido como una alternativa sostenible para mejorar el desarrollo inicial de los cultivos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la asociación entre un remineralizador de tipo micacita y dos especies bacterianas, *Bacillus subtilis* y *Bacillus aryabhattai*, aplicados en dos condiciones: cuarenta y cinco días antes de la siembra (ADP) y el día de la siembra (NDP), sobre el crecimiento inicial de plantas de soja (*Glycine max*). Los experimentos se realizaron en condiciones de invernadero, utilizando siete tratamientos que combinaron la aplicación del remineralizador con los inoculantes microbianos. Se evaluaron las siguientes variables: germinación, altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas, biomasa seca de la parte aérea y longitud de raíces. Los resultados mostraron que la asociación de *Bacillus* spp. con el remineralizador favoreció la germinación en ambos experimentos, destacándose *B. aryabhattai* y *B. subtilis* combinados con el remineralizador. En el experimento ADP, se observaron diferencias significativas para altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas y biomasa seca, con mejores respuestas para los tratamientos que utilizaron los microorganismos de forma



aislada o asociados al remineralizador. No se detectaron diferencias estadísticas para la longitud de raíces, aunque se observó mayor crecimiento en tratamientos con combinaciones bacterianas. En conjunto, los resultados indican que la aplicación conjunta del remineralizador y MPCVs puede favorecer el establecimiento inicial de la soja, especialmente cuando el remineralizador es incorporado previamente al sustrato.

Palabras clave: *Glycine max*, polvo de roca, microorganismos promotores del crecimiento vegetal, *Bacillus subtilis*, *Bacillus aryabhattai*.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas do agronegócio mundial, desempenhando papel estratégico na segurança alimentar e no suprimento de proteína e óleo vegetal. O Brasil consolidou-se como o maior produtor global, alcançando aproximadamente 155 milhões de toneladas na safra 2023/2024, impulsionado pela expansão no Cerrado e pelo uso intensivo de tecnologias agrícolas (Conab, 2024). No estado de Goiás, a cultura ocupa cerca de 4,7 milhões de hectares, com produtividade média superior a 60 sacas por hectare, destacando-se como importante polo produtivo nacional (Imeg, 2024). Além do forte impacto econômico, a cadeia produtiva da soja estrutura diversas atividades do setor agroindustrial, contribuindo significativamente para o PIB agrícola brasileiro (Medeiros et al., 2019).

A obtenção de altos rendimentos da soja depende diretamente de práticas de manejo que assegurem adequada nutrição e desenvolvimento inicial das plantas. Estratégias que integrem manejo do solo, nutrição equilibrada e tecnologias biológicas têm se destacado como alternativas sustentáveis para otimizar o crescimento vegetal (Rodrigues et al., 2022). Estudos recentes reforçam que sistemas de produção que incorporam insumos de base mineral e biológica apresentam maior resiliência e eficiência nutricional, contribuindo para o equilíbrio do solo e redução de perdas (Lal, 2015; Hungria et al., 2016; Silva et al., 2019;).

Dentre essas tecnologias, os remineralizadores, conhecidos como pó de rocha, vêm ganhando espaço por fornecerem nutrientes de forma lenta e progressiva, além de melhorarem as propriedades físico-químicas do solo (Silva et al., 2022; Theodoro; Leonardos, 2020). Esses materiais são formados pela moagem de rochas silicáticas e contêm macro e micronutrientes essenciais que são liberados gradualmente por processos de intemperismo (Ramos et al., 2020). Evidências indicam que sua aplicação aumenta a disponibilidade de potássio, cálcio, magnésio e



micronutrientes, influenciando diretamente processos fisiológicos ligados à germinação, ao vigor e ao crescimento das plantas (Assis et al., 2021; Pereira et al., 2024). Pesquisas também mostram que remineralizadores elevam a capacidade de troca catiônica do solo e estimulam a microbiota benéfica, fortalecendo sistemas produtivos de médio e longo prazo (Martins et al., 2019). Além disso, pesquisas indicam que o tempo de pré-incorporação do remineralizador ao solo pode influenciar sua eficiência agrônômica, sendo comum que efeitos mais expressivos ocorram entre 30 e 60 dias após a aplicação, período necessário para liberação mais consistente dos nutrientes (Barbosa et al., 2021; Galvão et al., 2024).

Estudos recentes têm avaliado o desempenho dos remineralizadores de solo na cultura da soja, destacando seu potencial como alternativa aos fertilizantes convencionais. Em experimento conduzido em sistemas de plantio direto e convencional, utilizando doses crescentes de remineralizador aplicado no sulco e a lanço, verificou-se que o remineralizador aumentou os teores foliares de macro e micronutrientes e promoveu incrementos na produtividade, especialmente no sistema convencional. Mesmo apresentando solubilidade lenta, o remineralizador mostrou eficiência em elevar a disponibilidade de nutrientes para a planta, evidenciando viabilidade agrônômica e potencial para integração em sistemas de manejo sustentável da soja (Assis; Bono, 2023).

Paralelamente, o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs) tem avançado significativamente na agricultura tropical. Espécies do gênero *Bacillus*, como *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*, são amplamente estudadas por sua capacidade de produzir fitormônios, solubilizar fósforo e outros minerais, estimular o crescimento radicular e aumentar a eficiência de absorção de nutrientes (Ferreira et al., 2022; Sharma et al., 2024). Além desses benefícios, microrganismos rizosféricos atuam na proteção contra estresses bióticos e abióticos, favorecendo maior vigor inicial das plantas (Souza et al., 2023). Estudos de Costa (2019) e Mendes (2025) apontam que bioestimulantes à base de *Bacillus* spp. podem aumentar a fotossíntese, biomassa e tolerância a condições adversas, evidenciando seu potencial como ferramenta complementar à adubação mineral. Estudos feito por Santos et al. (2021) avaliaram diferentes doses de um inoculante à base de *Bacillus* (100, 200, 300 e 400 mL para 50 kg de sementes, contendo 1×10^8 UFC mL⁻¹) e observaram que, aos 45 dias após a semeadura, todas as doses proporcionaram aumentos significativos em altura de plantas, massa seca da parte aérea e das raízes, massa seca total e comprimento radicular, quando comparadas à testemunha. Esses



resultados reforçam que a inoculação com *Bacillus* pode intensificar o desenvolvimento inicial da soja e melhorar parâmetros agronômicos essenciais.

A associação entre remineralizadores e MPCPs tem sido apontada como uma estratégia promissora para intensificar a solubilização e disponibilização de nutrientes dos pós de rocha, uma vez que microrganismos eficientes podem acelerar o intemperismo dos minerais e liberar íons essenciais para a planta (Freitas et al., 2022; Galvão et al., 2024). Trabalhos recentes evidenciam que a combinação de pó de rocha com bactérias promotoras de crescimento vegetal favorece o desenvolvimento inicial da soja e do milho, com incrementos em altura, diâmetro e biomassa mesmo em solos de baixa fertilidade (Corrêa et al., 2025). De forma semelhante, inoculações com *B. subtilis* em sementes de soja mostraram efeitos positivos em parâmetros agronômicos e fisiológicos, fortalecendo o vigor inicial da cultura (Júnior et al., 2021).

Apesar dos avanços, estudos avaliando especificamente a interação entre remineralizadores e *Bacillus* spp. na cultura da soja ainda são escassos. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da associação entre remineralizador e microrganismos eficientes (*B. subtilis* e *B. aryabhattai*) sobre a promoção do crescimento inicial da soja, considerando duas condições de aplicação do remineralizador (45 dias antes do plantio e no dia da semeadura).

2 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em condições de casa de vegetação no Instituto Federal Goiano, Campus Cristalina, no município de Cristalina, Goiás, localizado nas coordenadas 16°46'18"S, 47°37'06"O e altitude de 1.233 m, entre os meses de abril a agosto de 2025. Foram realizados dois experimentos que avaliaram a associação entre remineralizador e microrganismos eficientes (*B. subtilis* e *B. aryabhattai*) no desenvolvimento inicial da soja convencional cultivar MÍTICA CE.

O remineralizador utilizado nos experimentos foi um produto comercial registrado no MAPA como remineralizador e condicionador de solo. Trata-se de um pó de rocha do tipo micaxisto, rico em macronutrientes (K, Ca, Mg, Si) e micronutrientes essenciais para as plantas. Foi utilizada a dose comercial do produto de 5 kg ha⁻¹, correspondendo a 51,9 g de remineralizador por vaso de 8 litros de capacidade contendo substrato comercial Carolina Soil. No primeiro experimento, o remineralizador foi aplicado quarenta e cinco dias antes do plantio



da soja e no segundo experimento foi aplicado no dia da sementeira da cultura.

Os isolados das bactérias de *B. subtilis* e *B. aryabhattai* testadas nos experimentos foram oriundas de produtos comerciais nas concentrações de 1×10^9 UFC/mL. Antes da instalação dos experimentos, foi realizado teste prévio para verificar a viabilidade das bactérias.

Em ambos os testes 2,5 mL de cada isolado bacteriano foi diluído em 250 mL de água para realizar o tratamento das sementes de soja. Para isso cinquenta sementes permaneceram imersas nas diferentes soluções bacterianas por 15 minutos. Em seguida elas foram distribuídas sobre papel toalha para secagem durante duas horas para posterior sementeira. Em seguida quatro sementes tratadas foram semeadas nos vasos contendo substrato. Após a germinação foram desbastadas as pântulas menores deixando apenas duas por vaso. Durante o desenvolvimento das plantas foi realizada a irrigação manual em regime intercalado (um dia sim, um dia não).

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), contendo sete tratamentos e quatro repetições. As associações entre os inoculantes a base de *Bacillus* com o remineralizador compuseram os diferentes tratamentos (Tabela 1). Cada unidade experimental foi composta por um vaso contendo duas plantas de soja.

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos experimentos com aplicação do remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) e no dia do plantio (NDP). Os mesmos tratamentos foram empregados em ambos os experimentos.

Tratamentos	Descrição
T1 – Remineralizador + semente não tratada	Remineralizador incorporado ao substrato (51,9 g/vaso) + sementes não tratadas
T2 – <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	Remineralizador incorporado ao substrato (51,9 g/vaso) + sementes tratadas com <i>Bacillus aryabhattai</i>
T3 – <i>B. subtilis</i> + remineralizador	Remineralizador incorporado ao substrato (51,9 g/vaso) + sementes tratadas com <i>Bacillus subtilis</i>
T4 – <i>B. aryabhattai</i> + <i>B. subtilis</i> + remineralizador	Remineralizador incorporado ao substrato (51,9 g/vaso) + sementes tratadas com <i>B. subtilis</i> e <i>B. aryabhattai</i>
T5 – <i>B. aryabhattai</i>	Substrato puro + sementes tratadas com <i>Bacillus aryabhattai</i>
T6 – <i>B. subtilis</i>	Substrato puro + sementes tratadas com <i>Bacillus subtilis</i>
T7 – Testemunha	Substrato puro + semente não tratada

Fonte: próprio autor.

Nos dois experimentos, foram avaliadas a porcentagem de emergência das plantas e o desenvolvimento inicial da cultura por meio da mensuração das seguintes características fitotécnicas: altura de plantas (cm), diâmetro do caule (cm), número de folhas, massa seca da parte aérea (g) e comprimento da raiz (cm). As medições de altura e diâmetro foram realizadas



com auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente, enquanto o número de folhas foi obtido por contagem direta. As avaliações iniciaram-se em 10/06/2025 e estenderam-se até 20/08/2025, totalizando 85 dias após o plantio (DAP).

Ao final do experimento, as plantas foram cuidadosamente retiradas dos vasos, as raízes lavadas em água corrente para remoção do substrato e acondicionadas em sacos de papel kraft pardo devidamente identificados. Em seguida, o material foi levado à estufa, permanecendo por três dias a 60 °C para obtenção da massa seca.

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise estatística utilizando o software SASM-Agri®. Quando detectado efeito significativo pelo teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, permitindo identificar diferenças estatisticamente relevantes entre as combinações de remineralizador e microrganismos eficientes avaliados.

3 RESULTADOS

3.1 GERMINAÇÃO

Foi observado que a diferença entre os dois períodos de aplicação do remineralizador no solo não impediu o a germinação das sementes de soja. Todas as sementes germinaram entre um período de 5 a 10 dias. Os resultados de germinação das sementes de soja indicaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em ambos os experimentos, tanto na aplicação do remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) quanto na aplicação no dia da semeadura (NDP) (Tabela 2).

No primeiro, os maiores percentuais de germinação foram observados nos tratamentos contendo *B. aryabhattai* + remineralizador (83,75%) e *B. subtilis* + remineralizador (80,00%) (Tabela 2). Entretanto, estes tratamentos não diferiram da testemunha e foram aos tratamentos com a mistura microbiana + remineralizador e ao remineralizador isolado, que atingiram valores entre 70,00% e 71,25%, respectivamente (Tabela 2).

No experimento NDP foram observados resultados semelhantes quanto a germinação da soja. Novamente os tratamentos com *B. subtilis* + remineralizador e *B. aryabhattai* + remineralizador promoveram maiores valores de germinação de 76,25% e 72,50%, respectivamente, entretanto



foram diferentes da testemunha (Tabela 2). Esse padrão reforça que, mesmo sem o período prévio de reação do remineralizador, a presença dos microrganismos contribuiu para o desempenho germinativo das plantas.

Tabela 2. Germinação de sementes de soja cv. MÍTICA CE após a aplicação de remineralizador (45 dias antes do plantio – ADP e no dia do plantio – NDP) associado ou não com as bactérias *B. subtilis* e *B. aryabhattai*.

Germinação com aplicação do remineralizador com 45 dias ADP		
Tratamentos	Média*	
Testemunha	52,5	ab
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	83,75	a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	80,00	ab
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	71,25	ab
Remineralizador	70,00	ab
<i>B. aryabhattai</i>	60,00	ab
<i>B. subtilis</i>	51,25	b
C.V.	20,95%	
Germinação com aplicação do remineralizador NDP		
Tratamentos	Média*	
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	76,25	a
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	72,50	a
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	67,50	b
Remineralizador	67,50	b
<i>B. subtilis</i>	56,25	b
<i>B. aryabhattai</i>	41,25	b
Testemunha	36,25	b
C.V.	22,11%	

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: próprio autor.

3.2 ALTURA DE PLANTAS

Com relação à altura das plantas de soja, houve diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha apenas no experimento em que o remineralizador foi aplicado no solo 45 dias antes do plantio (ADP) (Tabela 3). Nessas condições, o tratamento à base de *Bacillus aryabhattai* isolado apresentou os maiores valores de altura de plantas em todas as avaliações, atingindo 39,87 cm aos 72 dias após o plantio, diferindo significativamente da testemunha, que apresentou 28 cm. O tratamento com *Bacillus subtilis* isolado também apresentou elevado crescimento, com 37 cm aos 72 dias, quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 3).

Mesmo não havendo diferenças estatísticas entre os tratamentos no experimento com aplicação do remineralizador no dia do plantio (NDP), observou-se que a testemunha apresentou valor numérico superior aos demais tratamentos, atingindo 43,87 cm aos 72 dias após o plantio. Ainda assim, plantas com altura elevada também foram observadas no tratamento com *Bacillus*



subtilis + *Bacillus aryabhattai* + remineralizador, que atingiu 41,25 cm, indicando que, nessa condição, a aplicação imediata do remineralizador não interferiu significativamente na altura das plantas de soja (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de plantas de soja cv. **MÍTICA CE**, medida aos 14, 21, 29, 35, 62 e 72 dias após o plantio (DAP), após a aplicação de remineralizador (45 dias antes do plantio – ADP e no dia do plantio – NDP) associado ou não com as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*.

Altura de plantas (cm) com aplicação do remineralizador com 45 dias ADP												
	14 DAP		21 DAP		29 DAP		35 DAP		62 DAP		72 DAP	
Tratamentos	Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*	
Testemunha	5,23	b	8,81	b	12	b	17	b	25	b	28	b
<i>B aryabhattai</i>	6,43	a	10,25	a	15	a	21	a	31	a	40	a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	6,2	b	9,18	b	13	b	18	b	25	a	25	a
<i>B aryabhattai</i> + remineralizador	6,01	b	8,75	b	15	a	18	b	26	b	25	b
Remineralizador	5,9	b	9,25	b	13	b	18	b	27	b	26	b
<i>B. subtilis</i>	5,87	b	8,68	b	13	b	18	b	30	b	37	b
<i>B. subtilis</i> + <i>B aryabhattai</i> + remineralizador	5,4	b	8,93	b	12	b	14	c	24	b	27	b
C.V.	7,68	%	6,79	%	10	%	9	%	14	%	16	%
Altura de plantas (cm) com aplicação do remineralizador NDP												
	14 DAP		21 DAP		29 DAP		35 DAP		62 DAP		72 DAP	
Tratamentos	Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*		Média (cm)*	
Testemunha	7,21	a	9,37	a	12	a	19	a	33	a	44	a
<i>B aryabhattai</i>	6,31	a	9,37	a	12	a	19	a	28	a	36	a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	6,58	a	9,87	a	13	a	19	a	31	a	40	a
<i>B aryabhattai</i> + remineralizador	6,08	a	9,06	a	14	a	19	a	27	a	32	a
Remineralizador	6,12	a	9,12	a	13	a	16	a	26	a	34	a
<i>B. subtilis</i>	7,08	a	9,25	a	13	a	18	a	26	a	31	a
<i>B. subtilis</i> + <i>B aryabhattai</i> + remineralizador	5,93	a	9,37	a	13	a	19	a	32	a	41	a
C.V.	4,57	%	7	%	9	%	12	%	22	%	27	%

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: próprio autor.

3.3 DIÂMETRO DO CAULE

Quanto a variável diâmetro de caule de plantas de soja, novamente houve diferenças significativas entre os tratamentos com a testemunha apenas no experimento em que o remineralizador foi aplicado 45 dias antes do plantio (ADP) (Tabela 4). Os tratamentos que obtiveram maiores valores de diâmetro de caule (até 5,36 cm) no decorrer do desenvolvimento das plantas foram *Bacillus aryabhattai* isolado, *B. subtilis* e *B. aryabhattai* + remineralizador (Tabela 4).

A aplicação do remineralizador no dia do plantio (NDP) não afetou o desenvolvimento



do diâmetro do caule das plantas de soja (Tabela 4). Observou-se que o diâmetro do caule das plantas atingiram até 5,56 cm com o tratamento a base de *B. subtilis* + *B. aryabhatai* + remineralizador (Tabela 4).

Tabela 4. Diâmetro do caule de plantas de soja cv. MÍTICA CE da BRASMAX, medido aos 14, 21, 29, 35, 62 e 72 dias após o plantio (DAP), após a aplicação de remineralizador (45 dias antes do plantio – ADP e no dia do plantio – NDP) associado ou não com as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhatai*.

Diâmetro das plantas (cm) com aplicação do remineralizador com 45 dias ADP							
Tratamentos	14 DAP	21 DAP	29 DAP	35 DAP	62 DAP	72 DAP	
	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	
Testemunha	2,30 c	2,65 b	3,06 b	2,71 b	3,37 b	3,65 c	
<i>B. aryabhatai</i>	2,47 c	2,83 a	3,29 a	3,79 a	4,50 a	5,36 a	
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	2,59 b	2,89 a	3,43 a	3,47 a	3,86 b	3,80 c	
<i>B. aryabhatai</i> + remineralizador	2,83 a	3,04 a	3,48 a	3,56 a	4,19 a	4,26 c	
Remineralizador	2,63 b	2,98 a	3,50 a	3,21 b	4,45 a	4,17 c	
<i>B. subtilis</i>	2,31 c	2,60 b	2,82 b	3,06 b	4,25 a	4,63 b	
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhatai</i> + remineralizador	2,52 b	3,02 a	3,50 a	2,82 b	4,13 a	4,05 c	
C.V.	4,74%	4,29%	7,52%	14,57%	10,45%	10,74%	
Diâmetro das plantas (cm) com aplicação do remineralizador NDP							
Tratamentos	14 DAP	21 DAP	29 DAP	35 DAP	62 DAP	72 DAP	
	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	
Testemunha	2,35 a	2,54 a	3,00 a	3,48 a	5,03 a	4,90 a	
<i>B. aryabhatai</i>	2,51 a	2,73 a	3,00 a	3,32 a	4,29 a	4,40 a	
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	2,44 a	2,75 a	3,20	3,53 a	5,09 a	5,21 a	
<i>B. aryabhatai</i> + remineralizador	2,45 a	2,82 a	3,18 a	3,40 a	4,35 a	4,38 a	
Remineralizador	2,40 a	2,74 a	3,12 a	3,48 a	5,02 a	4,54 a	
<i>B. subtilis</i>	2,50 a	2,74 a	3,20 a	3,50 a	4,61 a	4,72 a	
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhatai</i> + remineralizador	2,41 a	2,52 a	3,24 a	3,65 a	5,40 a	5,56 a	
C.V.	7,66%	8,95%	8,03%	11,92%	21,22%	27,51%	

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: próprio autor.

3.4 NÚMERO DE FOLHAS

Com relação ao número de folhas de plantas de soja foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos apenas no experimento em que o remineralizador foi aplicado 45 dias antes do plantio (ADP) (Tabela 5). Os tratamentos com *Bacillus aryabhatai*, *B. aryabhatai* + remineralizador e *B. subtilis* apresentaram os maiores valores de número de folhas



ao longo das avaliações, alcançando até 33,62 folhas aos 72 DAP (Tabela 5). Os tratamentos com e com combinações microbianas apresentaram valores intermediários, variando entre 10,62 e 24,62 folhas (Tabela 5).

A aplicação do remineralizador no dia do plantio (NDP), não impediu o desenvolvimento de folhas nas plantas de soja. O tratamento contendo *B. subtilis* + *B. aryabhattai* + remineralizador obtiveram até 42 folhas aos 72 DAP (Tabela 5).

Tabela 5. Número de folhas por planta de soja cv. MÍTICA CE aos 14, 21, 29, 35, 62 e 72 dias após o plantio (DAP), em função da aplicação de remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) e no dia do plantio (NDP), associado ou não às bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*.

Número de folhas com aplicação do remineralizador com 45 dias ADP						
	14 DAP	21 DAP	29 DAP	35 DAP	62 DAP	72 DAP
Tratamentos	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*
Testemunha	2,00 a	5,37 a	8,37 a	10,50 b	12,12 b	11,00 b
<i>B. aryabhattai</i>	2,00 a	5,00 a	10,12 a	13,50 a	29,00 a	33,62 a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	2,00 a	5,37 a	9,12 a	10,37 b	10,37 b	10,62 b
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	2,00 a	5,75 a	9,50 a	12,12 a	12,62 b	10,75 b
Remineralizador	2,00 a	5,37 a	8,75 a	11,00 b	12,62 b	11,75 b
<i>B. subtilis</i>	1,75 a	4,25 a	8,00 a	10,62 b	25,00 a	24,62 a
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	2,00 a	5,00 a	8,37 a	9,37 B	11,25 b	12,75 b
C.V.	9,62%	15,86%	12,75%	11,87%	25,98%	25,88%
Número de folhas com aplicação do remineralizador NDP						
	14 DAP	21 DAP	29 DAP	35 DAP	62 DAP	72 DAP
Tratamentos	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*	Média (cm)*
Testemunha	2,00 a	4,62 a	9,87 a	12,50 a	26,50 a	35,25 a
<i>B. aryabhattai</i>	2,00 a	4,50 a	9,25 a	12,62 a	28,00 a	31,25 a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	2,00 a	5,37 a	10,25 a	13,12 a	38,5 a	29,71 a
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	2,00 a	5,00 a	9,87 a	12,62 a	32,00 a	32,50 a
Remineralizador	2,00 a	5,00 a	10,25 a	13,25 a	31,25 a	36,00 a
<i>B. subtilis</i>	1,75 a	5,37 a	9,50 a	12,12 a	25,00 a	31,27 a
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	2,00 a	5,00 a	10,62 a	13,25 a	42,00 a	40,87 a
C.V.	9,62%	14,57%	11,98%	10,76%	33,34%	23,52%

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: próprio autor.

3.5 PESO SECO

Foi observadas diferenças significativas entre os tratamentos com a testemunha com relação ao peso seco da parte aérea de plantas de soja também apenas no experimento o remineralizador foi aplicado 45 dias antes do plantio (ADP) (Tabela 6). Os tratamentos a base de *B. aryabhattai* e *B. subtilis* sem a associação com o remineralizador proporcionaram um maior



peso das plantas, de 4,31 g e 3,31g, respectivamente (Tabela 6).

Mesmo não havendo diferenças significativas entre os tratamentos foram observados maiores valores de peso das plantas no experimento em que o remineralizador foi aplicado no dia do plantio (Tabela 6). O tratamento com *B. subtilis* + remineralizador alcançou um peso das plantas de 6,52 g evidenciando que, mesmo sem o período prévio de reação do remineralizador no solo, a interação entre os microrganismos e o insumo mineral contribuiu para haver o acúmulo de biomassa. (Tabela 6).

Tabela 6. Peso seco da parte aérea de plantas de soja cv. MÍTICA CE após a aplicação de remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) e no dia do plantio (NDP), associado ou não às bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*.

Peso Seco (g) com aplicação do remineralizador com 45 ADP		
Tratamentos	Média (g)*	
Testemunha	1,21	b
<i>B. aryabhattai</i>	4,31	a
<i>B. subtilis</i>	3,31	a
Remineralizador	2,09	b
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	1,93	b
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	1,71	b
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	1,15	b
C.V.	17,8	%
Peso Seco (g) com aplicação do remineralizador com NDP		
Tratamentos	Média (g)*	
Testemunha	7,18	a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	6,52	a
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	6,16	a
Remineralizador	6,06	a
<i>B. aryabhattai</i>	5,90	a
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	4,85	a
<i>B. subtilis</i>	4,74	a
C.V.	22,59	%

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: próprio autor.

3.6 COMPRIMENTO DE RAIZ

Não foi observada diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao comprimento médio de raízes de soja quando comparados com a testemunha em nenhum experimento testado (Tabela 6). Entretanto a aplicação do remineralizador ADP e NDP associado ou não com as bactérias não prejudicaram o desenvolvimento radicular da cultura (Tabela 6). Foi observado no tratamento contendo *B. subtilis* + *B. aryabhattai* + remineralizador um crescimento de raízes de até 53,5 cm, no primeiro e 43,75 cm no segundo experimento com o tratamento a base de *B.*



subtilis + remineralizador (Tabela 6).

Tabela 7. Comprimento radicular médio de plantas de soja cv. MÍTICA CE após a aplicação de remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) e no dia do plantio (NDP), associado ou não às bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*.

Comprimento de raiz (cm) com aplicação do remineralizador com 45 dias ADP		
Tratamentos	Média (cm)*	
Testemunha	41,93	ab
<i>B. subtilis</i> + <i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	53,50	a
Remineralizador	46,50	ab
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	43,75	ab
<i>B. aryabhattai</i>	43,25	ab
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	40,23	ab
<i>B. subtilis</i>	32,52	b
C.V.	25,38	%
Comprimento de raiz (cm) com aplicação do remineralizador NDP		
Tratamentos	Média (cm)*	
Testemunha	47,75	a
<i>B. subtilis</i> + remineralizador	43,75	a
<i>B. subtilis</i> + <i>B. arabatai</i> + remineralizador	41,50	a
<i>B. arabatai</i>	40,00	a
<i>B. aryabhattai</i> + remineralizador	38,75	a
Remineralizador	35,75	a
<i>B. subtilis</i>	35,50	a
C.V.	22,20	%

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: próprio autor.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a associação entre remineralizador e microrganismos eficientes influenciou de forma diferenciada as fases iniciais de desenvolvimento da soja. De maneira geral, a aplicação do remineralizador 45 dias antes do plantio (ADP) proporcionou melhor desempenho na germinação, no crescimento vegetativo (número de folhas) e em atributos relacionados ao acúmulo de biomassa e comprimento de raízes, em comparação à aplicação no dia do plantio (NDP). Para a variável altura de plantas, as diferenças significativas em relação à testemunha ocorreram apenas no experimento em ADP, especialmente aos 35 dias após o plantio, com destaque para os tratamentos com *Bacillus aryabhattai* e *Bacillus subtilis* aplicados sem a associação ao remineralizador. Esse comportamento indica que o tempo de reação do pó de rocha no substrato é determinante para que ocorra a liberação gradual de K, Ca, Mg e micronutrientes e para que esses elementos sejam efetivamente aproveitados pelas plantas ao longo do ciclo (Ramos et al., 2020; Assis et al., 2021).



Resultados semelhantes foram relatados por Alves et al. (2025) e Galina (2023), que observaram maior eficiência agrônômica de remineralizadores silicáticos após períodos de incubação no solo, com reflexos positivos no crescimento inicial da soja e em sistemas sucessivos milho e soja.

No que se refere aos tratamentos microbianos, verificou-se, nas duas condições de aplicação, que a inoculação com *B. aryabhattai* e *B. subtilis* associada ao remineralizador elevou as porcentagens de germinação em relação à testemunha, além de favorecer, em vários momentos de avaliação, o número de folhas e o peso seco. Para a altura das plantas, o desempenho consistente de *B. aryabhattai* em ADP, com maiores médias especialmente aos 35, 62 e 72 dias após o plantio, corrobora a literatura que descreve essa espécie como eficiente produtora de fitormônios e sideróforos, capaz de estimular o crescimento radicular e a absorção de nutrientes em leguminosas (Mendes, 2025).

A resposta positiva observada para os tratamentos combinando remineralizador e *Bacillus spp.* é compatível com os achados de Galina (2023), que, em estudo de longa duração com pó de olivina melilitito, verificou melhoria gradual dos atributos químicos e biológicos do solo, com destaque para o aumento da CTC e dos teores de K, Ca e Mg, sobretudo quando o remineralizador foi associado a inoculantes contendo *Bacillus spp.* e *Azospirillum spp.* De forma semelhante, Mendes (2025) compilou diversos trabalhos em que bioestimulantes à base de *B. aryabhattai* e *B. subtilis*, muitas vezes combinados a fungos de controle biológico e extratos de algas, resultaram em incrementos significativos em altura de plantas, diâmetro de caule e área foliar da soja, inclusive sob condições de estresse hídrico. Esses resultados sustentam a hipótese de que a associação entre remineralizadores e bactérias promotoras de crescimento pode potencializar tanto a disponibilidade de nutrientes do pó de rocha quanto a eficiência fisiológica da planta.

Por outro lado, alguns comportamentos observados neste estudo sugerem que a resposta às combinações microbianas é dependente do contexto nutricional e do tempo de exposição ao remineralizador. No NDP, a variável altura de plantas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha, indicando que a aplicação imediata do pó de rocha não foi suficiente para interferir no crescimento em altura a curto prazo. Em relação ao diâmetro do caule, o maior valor foi registrado no tratamento *B. subtilis* + remineralizador, e não na testemunha, além de diferenças observadas na biomassa e no comprimento de raízes. Esse quadro reforça que, na ausência de tempo de intemperismo, a liberação inicial de nutrientes pelo pó de rocha é limitada. Situação semelhante foi relatada por Galina (2023), que destacou a necessidade



de ciclos sucessivos de cultivo para que o remineralizador de melilitito manifeste plenamente seus benefícios agronômicos.

Outro ponto relevante foi o desempenho inconsistente da combinação tripla (*B. subtilis* + *B. aryabhattai* + remineralizador), que em algumas variáveis apresentou valores inferiores aos tratamentos com microrganismos isolados. Esse comportamento sugere possível competição entre as cepas ou desequilíbrio na colonização da rizosfera quando ambas são aplicadas simultaneamente, hipótese também discutida em revisões recentes sobre consórcios microbianos em soja (Mendes, 2025). Esses resultados indicam que a seleção de combinações microbianas deve considerar não apenas o número de espécies, mas sua compatibilidade ecológica e funcional.

Em síntese, os resultados obtidos confirmam a viabilidade da integração entre remineralizador e microrganismos eficientes como estratégia para melhorar o desenvolvimento inicial da soja, especialmente quando o pó de rocha é incorporado com antecedência ao substrato. Contudo, a magnitude da resposta depende da espécie bacteriana utilizada, do tempo de reação do remineralizador e, possivelmente, das condições ambientais e do tipo de solo. Esses aspectos reforçam a importância de estudos adicionais em condições de campo, avaliando diferentes doses e granulometrias de remineralizadores, assim como combinações microbianas mais amplas e regimes de manejo de água e nutrientes, a fim de consolidar recomendações técnicas para uso conjunto dessas tecnologias na cultura da soja.

5 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que a associação entre remineralizador e microrganismos eficientes influenciou positivamente o desenvolvimento inicial da soja, especialmente quando o remineralizador foi aplicado 45 dias antes do plantio. Nessa condição, observaram-se os maiores valores de germinação, número de folhas, acúmulo de biomassa e comprimento radicular, além de incremento significativo na altura das plantas, indicando que o tempo de reação do pó de rocha no substrato é determinante para a disponibilização gradual de nutrientes.

Entre os tratamentos avaliados, *Bacillus aryabhattai* + remineralizador e *Bacillus subtilis* + remineralizador foram os que apresentaram melhor desempenho germinativo, enquanto *B.*



aryabhatai isolado destacou-se nas variáveis de crescimento vegetativo em ADP, especialmente para altura de plantas. Para a biomassa e comprimento radicular, o tratamento *B. subtilis* + *B. aryabhatai* + remineralizador apresentou os melhores resultados quando o remineralizador teve tempo prévio de reação.

Na condição de aplicação imediata do remineralizador no dia do plantio (NDP), as respostas foram menos expressivas, reforçando que a liberação lenta dos nutrientes minerais depende de um período de intemperismo antes de beneficiar efetivamente as plantas. Ainda assim, o tratamento *B. subtilis* + remineralizador destacou-se para o diâmetro do caule aos 62 DAP, superando a testemunha.

De modo geral, os achados reforçam que a integração entre remineralizadores e microrganismos eficientes é uma estratégia promissora para promover o crescimento inicial da soja, contribuindo para sistemas de cultivo mais sustentáveis e com menor dependência de fertilizantes químicos solúveis.

Assim, este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a integração entre fertilizantes minerais de liberação lenta e bioinsumos microbianos, indicando que a eficiência dessa associação depende tanto da compatibilidade entre as cepas utilizadas quanto do tempo necessário para que o remineralizador se torne agronomicamente ativo. Pesquisas futuras em condições de campo, avaliando diferentes doses, granulometrias e combinações microbianas, poderão aprofundar a compreensão desses efeitos e consolidar o uso integrado dessas tecnologias na produção agrícola.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano Campus Cristalina, CEBIO, FAPEG, FUNAPE e Centro de Referência em Produção Sustentável e Irrigação.



REFERÊNCIAS

- ASSIS, I. L. de; BONO, J. A. M. **Remineralizador de solo na cultura da soja sob diferentes sistemas de plantio e modos de aplicação.** Colloquium Agrariae, v. 19, e202314, 2023.
- ASSIS, R. L. et al. **Remineralização de solos com pó de rocha: efeitos na disponibilidade de nutrientes e crescimento inicial de culturas.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 16, n. 2, p. 45-58, 2021.
- BARBOSA, G. F. et al. **Eficiência agronômica de remineralizadores aplicados em diferentes períodos de incubação no solo.** Revista Ceres, v. 68, n. 4, p. 315-324, 2021.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2023/2024.** Brasília, DF: CONAB, 2024.
- CORRÊA, G. F. et al. **Remineralizador de rocha associado a *Bacillus spp.* no crescimento inicial de mudas.** Brazilian Journal of Development, v. 11, n. 3, p. 12940-12955, 2025.
- COSTA, P. M. **Resposta fisiológica de plantas de soja à inoculação com *Bacillus spp.* sob diferentes condições de fertilidade.** Revista de Agricultura Neotropical, v. 6, n. 4, p. 77-85, 2019.
- FERREIRA, A. C. et al. **Microrganismos promotores de crescimento vegetal: mecanismos e aplicações em sistemas de produção.** Applied Soil Ecology, v. 174, p. 104-122, 2022.
- FREITAS, A. D. S. et al. **Interação entre pó de rocha e microrganismos eficientes na solubilização de nutrientes.** Geoderma Regional, v. 30, p. e00642, 2022.
- GALVÃO, J. A. C. et al. **Liberação de nutrientes por remineralizadores em diferentes tempos de intemperismo.** Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v. 24, p. 211-223, 2024.
- GALINA, A. C. **Avaliação agronômica do remineralizador de olivina melilitito em sistema soja–milho.** 2023. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2023.
- HUNGRIA, M. **Aplicação de pó de rocha na agricultura sustentável: efeitos na fertilidade do solo e no desenvolvimento de culturas agrícolas.** Brasília: Embrapa, 2016.
- IMEG – Instituto para o Fortalecimento da Mineração e Economia Goiana. **Panorama da Produção de Soja em Goiás – Safra 2023/2024.** Goiânia: IMEG, 2024.
- JÚNIOR, J. R. S. et al. **Inoculação com *Bacillus subtilis* no desenvolvimento inicial da soja.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 51, e70344, 2021.
- MARTINS, A. G. et al. **Propriedades físico-químicas do solo após aplicação de pó de rocha.** Revista de Ciências Agrárias, v. 42, n. 1, p. 233-241, 2019.



MENDES, T. M. **Bioestimulantes e microrganismos promotores de crescimento na cultura da soja: revisão integrativa.** 2025. 132 f. Monografia (Especialização em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Cristalina, 2025.

PEREIRA, J. R. et al. **Liberação de nutrientes e efeitos fisiológicos de remineralizadores na fase inicial de culturas agrícolas.** Semina: Ciências Agrárias, v. 45, p. 255-270, 2024.

RAMOS, L. A.; SANTOS, W. R.; MARTINS, G. C. **Disponibilização de nutrientes por remineralizadores e efeitos no crescimento vegetal.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 45, p. 1–15, 2021.

RODRIGUES, L. A. et al. **Sustentabilidade no manejo de solos do Cerrado: integração entre fertilização, matéria orgânica e bioinsumos.** Agronomy Journal, v. 114, n. 2, p. 1021-1034, 2022.

SANTOS, A. C. et al. **Avaliação de rizobactérias do gênero *Bacillus* como promotoras de crescimento para cultura da soja (*Glycine max*).** Revista Agronomía Costarricense, v. 45, n. 2, p. 105–120, 2021.

SHARMA, P.; SINGH, R.; YADAV, N. **Plant growth-promoting *Bacillus spp.*: mechanisms and agricultural applications.** Rhizosphere, v. 30, p. 100619, 2024.

SILVA, L. F. et al. **Efeitos do pó de rocha na fertilidade e microbiologia do solo.** Journal of Agricultural Science, v. 14, n. 3, p. 89-101, 2022.

SILVA, J. M. et al. **Manejo sustentável e melhoria da fertilidade do solo com fontes alternativas de nutrientes.** Scientia Agraria, v. 20, n. 1, p. 12-22, 2019.

SOUZA, R. P. et al. **Atuação de *Bacillus spp.* na indução de tolerância a estresses e promoção de crescimento vegetal.** Plant Physiology Reports, v. 28, p. 213-226, 2023.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. **Recursos minerais como fontes alternativas de nutrientes agrícolas.** Journal of Geosciences, v. 50, p. 185-198, 2020.