

“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Kaway Nunes da Costa

**USO DE BACTÉRIAS PARA REDUZIR ADUBAÇÃO FOSFATADA
NA CULTURA DA SOJA NO CERRADO**

Ilha Solteira
2023

“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Kaway Nunes da Costa

**USO DE BACTÉRIAS PARA REDUZIR ADUBAÇÃO FOSFATADA
NA CULTURA DA SOJA NO CERRADO**

Orientador: *Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho*
Coorientador: *Guilherme Carlos Fernandes*

**Trabalho de graduação apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira - UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.**

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

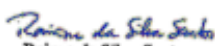
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C838u Costa, Kaway Nunes da.
Uso de bactérias para reduzir adubação fosfatada na cultura da soja no cerrado / Kaway Nunes da Costa. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
42 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Coorientador: Guilherme Carlos Fernandes
Inclui bibliografia

1. Glycine max. 2. Fósforo . 3. Bactérias promotoras de crescimento. 4. Solubilização de fósforo . 5. Acúmulo de nutrientes .


Raíssa da Silva Santos
Supervisora Técnica de Apoio
Bibliotecária de Referência, Atendimento ao usuário e Transmissão
Classe de Trabalho de Biblioteca e Documentação
CDN - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

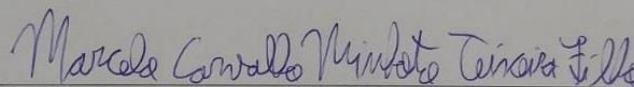
TÍTULO: Uso de bactérias para reduzir adubação fosfatada na cultura da soja no cerrado

ALUNO: Kaway Nunes da Costa RA: 171052498

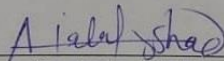
ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Aprovado ☒ - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 10

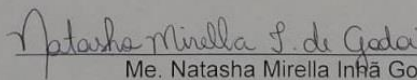
Comissão Examinadora:



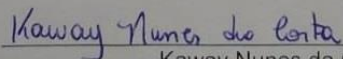
Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Presidente (Orientador)



Dr. Arshad Jalal



Me. Natasha Mirella Inha Godoi



Kaway Nunes da Costa

Ilha Solteira, 13 de janeiro de 2023.

Dedico...

Aos meus pais, Victor Sérgio da Costa e Edileuza Nunes da Costa, que sempre foram minhas inspirações para me tornar uma pessoa e um profissional melhor, sempre com muita humildade e principalmente com muita fé em Deus.

Ofereço...

A todos familiares e amigos que sempre estiveram presentes em todos momentos, ajudando diretamente e indiretamente para realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que sempre iluminou todos meus passos, permitiu-me realizar todas minhas conquistas até o momento e sempre me deu forças para nunca desistir dos meus sonhos intercedendo sempre nos momentos mais difíceis em minha jornada.

Aos meus pais que sempre me apoiaram, ampararam e nunca mediram esforços para me proporcionar as melhores condições possíveis para realização dessa conquista.

Agradeço a UNESP-Ilha Solteira, e a todo corpo de funcionários que sempre proporcionaram as melhores ferramentas para o desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pela oportunidade e honra de receber sua orientação sendo um espelho de pessoa e profissional.

A toda equipe do grupo Nutrição de Plantas e ao técnico de laboratório, Marcelo Rinaldi da Silva, que sempre me proporcionaram aprendizados e momentos inesquecíveis.

Ao meu amigo e companheiro de experimento Guilherme Carlos Fernandes, o qual tive o prazer de conduzir junto essa pesquisa de campo e foi de extrema importância no meu aprendizado, sempre me apoiando e ajudando em todas as situações.

A todos amigos os quais não citarei diretamente para não ser injusto com algum, mas que com certeza me ajudaram muita durante essa jornada estando presente em todos momentos, aliviando as dores e saboreando as vitórias, minha eterna gratidão.

RESUMO

A cultura da soja se faz importante à economia brasileira, tendo em vista sua ampla gama de subprodutos e relevante exportação, sendo o fósforo um nutriente chave para a cultura, principalmente pela baixa disponibilidade deste nos solos tropicais. A utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) é uma alternativa a problemática, pois são capazes de solubilizar o fósforo (P), promover o crescimento radicular, melhorando o aproveitamento dos nutrientes e da água. Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar a eficiência a campo da cultura da soja, utilizando a inoculação via semente de diversas BPCPs em conjunto com a redução da adubação fosfatada. A condução do experimento foi realizada em Selvíria – MS, com coordenadas geográficas de 22°22' de latitude S e 51°22' de longitude O, em sistema plantio direto sobre um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis repetições e treze tratamentos sendo: 1) 0% de P e sem coinoculação com BPCP; 2) 0% de P e 300 mL de TN Full suco + 100 mL de protetor; 3) 75% de P (73,5 kg ha⁻¹) na semeadura e sem coinoculação com BPCP; 4) 100% de P (98 kg ha⁻¹) na semeadura e sem coinoculação com BPCP; 5) 75% de P + coinoculação com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* (na dose 100 mL ha⁻¹ com o inoculante comercial Biomaphos) + 300 mL de TN Full Sulco + 100 mL de Protetor; 6) 75% de P + Aplicação de *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura (na dose 300 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹, utilizando o inoculante comercial Azototal) + 300 mL de TN Full Sulco + 100 mL de Protetor; 7) Bioproduto 1 (na dose 300 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹); 8) Bioproduto 2 (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹); 9) Bioproduto 3 (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹); 10) Bioproduto 4 (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹); 11) Bioproduto 5 (na dose 300 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹); 12) Bioproduto 6 (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹); 13) Bioproduto 7 (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹). Os tratamentos de 4 a 13 + 300 mL de TN Full Sulco + 100 mL de Protetor foram aplicados no sulco de semeadura e utilizou-se 75% da dose de P. Foi possível inferir que as coinoculações com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) auxiliaram a cultura da soja com maiores absorção de nutrientes, com diferentes incrementos nos acúmulos de nutrientes nos grãos e na palhada. Os tratamentos 3, 4, 6, 7, 11 e 12 proporcionaram maior nodulação para as plantas, e os maiores acúmulos de P na palhada foram obtidas nos tratamentos 9, 11 e 12 e nos grãos ocorreu nos tratamentos 3 e 11, sendo os tratamentos com maior eficiência de translocação do nutriente mesmo com redução da adubação fosfatada. Os tratamentos 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 13 proporcionaram maior acúmulo de Zn nos grãos evidenciando a eficiência da biofortificação do micronutriente aliado ao uso de bactérias. Com base nos resultados do presente estudo de campo com soja na safra 2019/2020, recomenda-se a inoculação das bactérias do tratamento 4, 11, 12 e 13 no sulco de semeadura, visto que, proporcionou aumento significativo de produtividade de grãos (entre 13,75 a 21,5%) em comparação a testemunha absoluta (sem inoculação alguma e sem adubação com P). A produtividade de soja destes tratamentos também foi superior as obtidas com a adubação completa de P tratamento 4 (controle fosfatado sem bactéria), e inoculação convencional com *A. brasilense* (inoculação que atualmente proporciona maiores rendimentos de grãos e menor gasto de N na adubação).

Palavras-chave: *Glycine max* L., fósforo, bactérias promotoras de crescimento, solubilização de fósforo, acúmulos de nutrientes.

ABSTRACT

The soybean crop is important to the Brazilian economy, considering its wide range of by-products and relevant export, being phosphorus a key nutrient for the crop, mainly due to its low availability in tropical soils. The use of plant growth promoting bacteria (BPCPs) is an alternative to problematic, as they are able to solubilize phosphorus (P), promote root growth, improving the use of nutrients and water. The objective of this work was to evaluate the field efficiency of soybean culture, using seed inoculation of several BPCPs in conjunction with the reduction of phosphate fertilization. The experiment was conducted in Selvíria - MS, with geographical coordinates of 22°22' latitude S and 51°22' longitude O, in a no-tillage system on a RED LATOSOL, clay texture. The experimental design used was randomized blocks with six replications and thirteen treatments: 1) 0% P and without co-inoculation with BPCP; 2) 0% P and 300 mL of TN Full juice + 100 mL of protector; 3) 75% P (73.5 kg ha⁻¹) at sowing and without co-inoculation with BPCP; 4) 100% P (98 kg ha⁻¹) at sowing and without co-inoculation with BPCP; 5) 75% P + co-inoculation with *Bacillus Megaterium* and *Bacillus subtilis* (at the dose 100 mL ha⁻¹ with the commercial inoculant Biomaphos) + 300 mL of TN Full Sulco + 100 mL of Protector; 6) 75% P + Application of *Azospirillum brasilense* in the seeding groove (at dose 300 mL ha⁻¹ in syrup of 100 L ha⁻¹, using the commercial inoculant Azototal) + 300 mL of TN Full Groove + 100 mL of Protector; 7) Bioproduct 1 (at dose 300 mL ha⁻¹ in syrup of 100 ha⁻¹ ha); 8) Bioproduct 2 (at dose 50 mL ha⁻¹ in mixture of 100 L ha⁻¹); 9) Bioproduct 3 (at dose 50 mL ha⁻¹ in mixture of 100 L ha⁻¹); 10) Bioproduct 4 (at dose 50 mL ha⁻¹ in mixture of 100 L ha⁻¹); 11) Bioproduct 5 (at dose 300 mL ha⁻¹ in mixture of 100 L ha⁻¹); 12) Bioproduct 6 (at dose 50 mL ha⁻¹ in mixture of 100 L ha⁻¹); 13) Bioproduct 7 (at dose 50 mL ha⁻¹ in mixture of 100 L ha⁻¹). Treatments of 4 to 13 + 300 mL of TN Full Groove + 100 mL of Protector were applied in the seeding groove and 75% of the dose of P was used. It was possible to infer that the coinoculations with plant growth promoting bacteria (BPCPs) increased nutrient absorption, with different increases in nutrient accumulation in the grains and straw. Treatments 3, 4, 6, 7, 11 and 12 provided greater nodulation for the plants, and the highest accumulation of P in the straw were obtained in treatments 9, 11 and 12 and in the grains occurred in treatments 3 and 11, treatments with higher translocation efficiency of the nutrient even with reduction of phosphate fertilization. Treatments 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 and 13 provided greater accumulation of Zn in the grains showing the efficiency of micronutrient biofortification allied to the use of bacteria. Based on the results of the present field study with soybean in the 2019/2020 harvest, it is recommended to inoculate the bacteria of treatment 4, 11, 12 and 13 in the seeding furrow, since it provided a significant increase in grain yield (between 13.75 and 21.5%) compared to the absolute witness (without any inoculation and without fertilization with P). The soybean yield of these treatments was also higher than those obtained with the complete fertilization of P treatment 4 (phosphate control without bacteria), and conventional inoculation with *A. brasilense* (inoculation that currently provides higher grain yields and lower N expenditure in fertilization).

Keywords: *Glycine max.*, phosphorus, growth-promoting bacteria, phosphorus solubilization, nutrient accumulations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante o experimento, no período de novembro de 2019 a março de 2020, em Selvíria - MS.....	19
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área experimental. Ilha Solteira – SP, 2018.....	22
Tabela 2. Concentração de macronutrientes do solo cultivado com soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....	26
Tabela 3. Concentração de micronutrientes do solo cultivado com soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....	27
Tabela 4. Atributos químicos do solo cultivado com soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....	28
Tabela 5. Concentrações de N na parte aérea (PA) e de macronutrientes foliar de soja em pleno florescimento em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....	30
Tabela 6. Concentrações de micronutrientes foliar de soja em pleno florescimento em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....	31
Tabela 7. Altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de grãos por vagem, número de nódulos por planta de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria – MS, safra 2019/2020.....	32
Tabela 8. Índice de clorofila foliar, número de vagens por plantas, produtividade de grãos e massa de 100 grãos por planta de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria – MS, safra 2019/2020.....	32

Tabela 9. Acúmulos de N, P e K na palhada e nos grãos e produtividade de grãos de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....34

Tabela 10. Acúmulos de Ca, Mg e S na palhada e nos grãos de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....35

Tabela 11. Acúmulos de micronutrientes na palhada da soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.....37

SUMÁRIO

SUMÁRIO	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Cultura da soja e sua importância	16
2.2 O fósforo na cultura	17
2.3 Bactérias solubilizadoras de fosfato	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Local e Histórico de Manejo	21
3.2 Descrição dos inoculantes	22
3.3 Delineamento experimental e tratamentos utilizados.....	22
3.4 Instalação e Condução do Experimento	23
3.5 Avaliações realizadas	25
3.6 Análise estatística.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	40

1. INTRODUÇÃO

Cultura que possui a sua origem no continente asiático, a soja (*Glycine max*), destaca-se como uma das principais oleaginosas produzidas e consumidas em todo o mundo (MENGISTU et al., 2018). Por ser uma *commoditie* amplamente produzida, sua produção mundial alcança números elevados, atingindo a marca de 352 milhões de toneladas na safra 2021/2022, significando um aumento de aproximadamente 2,6 milhões de toneladas a frente quando comparado a estimativa da safra anterior, ocasionado pelo aumento de 1 milhão de toneladas produzidas no Brasil, mantendo-se assim, junto dos Estados Unidos, como os maiores produtores (USDA, 2022). No Brasil produziram-se, em 2021/22, 126 milhões de toneladas, e para a 2022/23, estima-se um avanço na produção de aproximadamente 18%, podendo bater 149 milhões de toneladas de grão, sendo utilizado para consumo interno, aproximadamente 52 milhões de toneladas nas duas temporadas (USDA, 2022).

Nas últimas décadas, o Brasil passou de importador a um dos maiores exportadores de alimentos do mundo. Na safra de 2021/2022, 85,2 milhões de toneladas foram exportadas no período de julho de 2021 e junho de 2022 e, estima-se, que, na próxima safra, este valor alcance as 88,5 milhões de toneladas (USDA, 2022). Nesse contexto, por ter área e água disponíveis para a expansão agrícola, é um país que também é responsável por atender à crescente demanda mundial por alimentos (EMBRAPA, 2018). O estado de Mato Grosso do Sul é o estado com 5º maior produção de soja do Brasil, sendo de 13,3 milhões de toneladas na safra 2020/2021, aumento de 18% superior a safra 2019/2020, e com aumento de 4% da área plantada com a cultura no estado, que demonstra aumento da tecnificação e produção agrícola (CNA, 2021). A elevação no preço da soja no comércio internacional, favorece o interesse dos produtores pela cultura, saindo de aproximadamente R\$ 80,00 para até R\$ 173,00 no estado de Mato Grosso do Sul, com superávit de 116% do preço de venda (CANALRURAL, 2022).

Com o aumento da área plantada juntamente com a produção de soja no estado de Mato Grosso do Sul, também como no Brasil, tem-se tido preocupações quanto a adequada nutrição das plantas para que atinjam o potencial máximo das cultivares trazendo maior retorno para o produtor (BOARETTO; NATALE, 2016).

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais limitantes nos sistemas de cultivo agrícola, estima-se que ocorra deficiências de P em aproximadamente 67% das terras mundiais designadas para a produção agrícola, e o poder de absorção do nutriente pelas culturas é baixo, variando entre 15 e 30% (DHILLON et al., 2017). Em solos muito intemperizados, como é o caso da maioria dos solos tropicais (Brasil), prevalecem minerais de argila de grade 1:1 e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio. Tais minerais detêm elevada capacidade de adsorção de P à sua superfície (CAIONE et al., 2013) formando compostos de baixa solubilidade, o que ocasiona a indisponibilidade desse nutriente às plantas, de modo que, mesmo havendo grande quantidade no solo, o nutriente fica indisponível.

A fisiologia, crescimento e desenvolvimento das plantas estão intimamente associados às condições ambientais e suprimento de nutrientes (SIGNORE et al., 2016). A otimização da aplicação de nutrientes às plantas é fundamental para melhorar a produção agrícola (HAYDON et al., 2015). Com a intenção de reduzir ou eliminar o uso de fertilizantes químicos para agricultura sustentável, são necessários estudos que identifiquem ferramentas que facilitem a redução de insumos químicos. Entre estas metodologias estão a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), que propiciam atualmente na soja a eliminação da adubação nitrogenada, com a inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (HUNGRIA; BOHRER, 2000).

As BPCPs são usadas para aumentar a resistência a doenças, e promover o crescimento através de mecanismos relacionados com a síntese de enzimas e hormônios que proporcionam um maior desenvolvimento do sistema radicular (BUENO et al., 2017). A utilização de *Azospirillum brasilense* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas, e como consequência, uma maior absorção de água e nutrientes, resultando assim, em plantas mais vigorosas e produtivas (HUNGRIA, 2011).

A aplicação de *Pseudomonas* spp., além de auxiliar com o controle biológico de doenças em plantas, produz o Ácido Indol-3-acético (AIA), fixam um pouco de nitrogênio, solubilizam os P orgânico e mineralizam o P inorgânico (ZUCARELLI et al., 2011). Enquanto a aplicação de *Bacillus subtilis*, tende a promover uma melhor eficiência fotossintética e, também, promove um aumento do teor de nitrogênio, potássio, fósforo e ferro em toda a planta (CORRÊA et al., 2010).

Levantou-se a hipótese de que com a utilização das BPCPs aliadas com a redução da adubação fosfatada, por meio de um efeito sinérgico, promovendo benefícios, podem refletir de forma positiva na nutrição, no desempenho vegetativo, produtivo e na qualidade da cultura da soja.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência agrônômica a campo da cultura da soja, utilizando a inoculação via semente de diversas bactérias promotoras de crescimento em conjunto com a redução da adubação fosfatada, na região de Selvíria - MS.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da soja e sua importância

A soja (*Glycine max* L.) pertencente à família Fabaceae, dentre as leguminosas, destaca-se por ser a mais importante cultivada em nível mundial, seja com enfoque na parte econômica ou nutricional (CÂMARA, 2006). O grão de soja possui vasta utilização na alimentação humana, dando destaque a sua variação de subprodutos, sendo a produção de óleos, margarinas, gordura vegetal, maionese, chocolates, temperos prontos, massas, leite, sucos entre outros. Ainda se relatam propriedades antioxidantes que propiciam o aumento na massa magra e auxiliam a retardar o envelhecimento (VIDOR et al., 2014).

Originária da China foi cultivada a primeira vez no Brasil em 1882 por Gustavo D'Utra, no estado da Bahia, porém sem muito sucesso, visto que o material genético não conseguia se adaptar as condições climáticas da região. Em 1891, cultivares de soja foram levadas para São Paulo e avaliadas no IAC - Instituto Agrônomo de Campinas, porém, só se obteve desempenho satisfatório anos mais tarde, mais precisamente entre as décadas 1920 e 1940 nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, por conta das condições climáticas mais favoráveis (GAZZONI, 2018).

A partir da década de 1960, o Ministério da Agricultura iniciou diversos investimentos em pesquisas, com o intuito de aumentar a produtividade da agricultura no país e com isso, junto dos Institutos de Planejamento Econômico e Social (Ipea) e Instituto de Planejamento (Iplan), além da Secretaria da Agricultura do estado de Minas Gerais, estudaram o aproveitamento potencial do Cerrado, iniciando assim, o cultivo de grandes culturas nessa região, incluindo a migração evidente da soja para o Centro Oeste. Com diversas alterações socioeconômicas que se referem a ampliação da fronteira agrícola que vem desde o ano de 2010, outras regiões de grande potencial produtivo foram reveladas, como a MATOPIBA, que engloba os estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (INOUE, 2019).

Para o ano agrícola 2021/22 a produção mundial foi de 355,588 milhões de toneladas, significando uma redução de aproximadamente 7,359 milhões de toneladas comparada à safra anterior, queda causada pela falta de chuvas durante as safras no ano vigente, e tendo como seus principais produtores mundiais, com 123,829 e 121,528 milhões de toneladas, Brasil e os Estados Unidos respectivamente (USDA, 2022). No

Brasil, os principais estados produtores no ano foram Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, com produtividades de 39,961, 12,104 e 9,727 milhões de toneladas (CONAB, 2022). A produtividade média brasileira no ano agrícola 2020/21 foi de 3.026 kg ha⁻¹ com uma área semeada de 40,921 milhões de hectares (CONAB, 2022). No ano agrícola 2019/20 a área semeada foi de 38,502 milhões de hectares com produtividade média nacional estimada em 3.517 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

A nível mundial, a cultura da soja representa o papel de principal oleaginosa produzida e consumida. A cultura para o país, no decorrer de sua expansão, tornou-se cada vez mais importante, principalmente por conta de sua cadeia produtiva, ocasionando uma modernização em toda a agricultura nacional, e este processo de reestruturação, acarretou em maiores participações da soja na economia do Brasil, sendo essencial para o aumento de empregos, rendas e exportações (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

De toda soja produzida durante a safra, 93% é destinado para o processamento do complexo soja, e os demais 7% são destinados a ao desenvolvimento de outros produtos como cosméticos, indústria farmacêutica, adubos e outros. O complexo soja é uma das principais *commodities* mundiais, sendo composto pelos grãos, farelo e óleos de soja. Os grãos com a utilização para a alimentação humana, mas também, como matéria prima na produção dos óleos e farelos, onde o primeiro tem grande participação na produção de biodiesel, medicamentos e produtos para cozinha (óleo, sorvete e margarina), e o segundo, tem participação fundamental para a nutrição animal (rações) e em produtos não alimentícios (INOUE, 2019).

Para o mercado internacional, a participação brasileira, com o posto de primeiro lugar como exportador mundial da soja, é de muita importância (MISSÃO, 2006). De toda a produção durante o ano de 2021/22, a maior parte, cerca de 65%, é destinada para a exportação, onde no período entre julho de 2021 e junho de 2022, 82,2 milhões de toneladas partiram dos portos brasileiros (USDA, 2022).

2.2 O fósforo na cultura

O fósforo (P) é um dos macronutrientes mais requeridos para o desenvolvimento de grande parte das culturas, o que inclui a cultura da soja, sendo o terceiro em exigência, ficando atrás do nitrogênio (N) e potássio (K), porém, é o que menos consegue ser absorvido, visto que, seu grande problema é a baixa eficiência em sua

adubação, e em sua grande maioria, encontra-se fixado nos solos brasileiros (ROSA; CAPONI; ZANÃO JUNIOR, 2016). Sendo assim, torna-se imprescindível a adubação fosfatada para o estabelecimento e manutenção de sistemas agrícolas na região, ocasionando assim, um dos maiores investimentos da prática agrícola comercial no Cerrado (SOUSA et al., 2016).

Plantas de desenvolvimento intenso e de ciclo curto, como a planta de soja, exigem maiores quantidades de P na solução do solo (não adsorvido) para seu desenvolvimento do que as culturas perenes (LINO et al., 2018). Sabe-se que o fósforo (P) trata-se de um macronutriente primário de função estrutural nas plantas, envolvido em diversos processos metabólicos, como armazenamento e transferência de energia, respiração, síntese de ácidos nucleicos, síntese e estabilidade de membranas, ativação e desativação de enzimas, reações redox e metabolismo de carboidratos (BARKER; PILBEAM, 2015).

Nestes solos do Cerrado, o P pode precipitar como os minerais de Fe e Al (PENN; CAMBERATO, 2019), ambos minerais reduzem a disponibilidade de P, as frações de argila como óxidos hidratados amorfos de Fe e Al, além de gibbsita, goethita e caulinita são responsáveis pela maior fixação de P para o crescimento das plantas (DHILLON et al., 2017).

Destacam-se entre os microrganismos solubilizadores de fosfato inorgânico as estirpes dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* (SIQUEIRA et al., 2004). Um entendimento melhor e uma exploração racional da capacidade e da eficiência de microrganismos solubilizadores de fosfatos, acarreta em uma seleção de isolados com alto potencial, para a inoculação em plantas, e, junto de melhorias nas práticas de manejos das plantas e de solo, ocasionando assim, uma redução do uso de fertilizantes fosfatados, tornando-se, uma alternativa sustentável e mais efetiva (RIBEIRO et al, 2015).

2.3 Bactérias solubilizadoras de fosfato

Uma possibilidade para que os custos com adubos fosfatados sejam reduzidos, é a adição do uso de fosfatos naturais, porém, sabe-se que se caracterizam pela sua baixa solubilidade. Com isso, iniciou-se pesquisas com novas tecnologias, visando uma maior viabilização na utilização dos fosfatos naturais, o que acarretou, no emprego de microrganismos capazes de solubilizar essas fontes de fósforos, reduzindo assim, as

grandes quantidades de fertilizantes sintéticos, aumentando a eficiência na aplicação dos naturais e por fim, sendo benéfico ao meio ambiente (MASSENSINI et al., 2016).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) são de vida livre, ou seja, não são microrganismos dependentes de plantas vivas para a realização de suas funções. Contudo, essa atividade, para o seu melhor desempenho, depende de alguns fatores ambientais importantes, como os teores de nutrientes (tanto em relação ao excesso, quanto a deficiência), tipos de solo (material orgânico ou mineral do mesmo), teores de umidade e o pH. Além disso, também é de grande importância os fatores relacionados à plantas, como a sua idade e a espécie em questão (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

Deve-se atentar ao fato de que, para atingir os máximos benefícios em relação a economia de fertilizantes, e junto dele, o maior crescimento das plantas, só são viáveis com a utilização da tecnologia de inoculação baseada nas BPCPs, combinadas com a utilização de doses recomendadas de fertilizantes ao solo (SOUZA; AMBROSINI; PASSAGLIA, 2015).

A aplicação de bactérias solubilizadoras de fosfato aumenta a fertilidade do solo devido à sua capacidade converter P insolúvel em P solúvel através da liberação de ácidos orgânicos, quelação e troca iônica. A ação dos ácidos orgânicos é conhecida como principal mecanismo responsável pela liberação de fósforo das estruturas hidroxiapatita, e ainda segundo Saeid et al. (2014) os exsudatos solubilizantes produzidos por *Bacillus spp.* foram compostos pelos seguintes ácidos orgânicos: glucônico, láctico, acético, succínico e propiônico, e tiveram fortes correlações positivas com as concentrações de fosforo solúvel do solo. Em cultivo de feijão caupi em região tropical utilizando inoculação de *B. subtilis* verificou a grande eficiência da bactéria em solubilizar fosfato e aumentar disponibilidade do nutriente para as plantas elevando a produtividade e o estado nutricional da planta (SWAIN et al., 2012). Em cultivo de milho verificou-se aumento na eficiência do uso de P com a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* chegando a aumentar 39 % da produtividade aliado a doses de P_2O_5 (PEREIRA et al., 2020).

Deste modo, a utilização de novas tecnologias sustentáveis, visando aumento na produtividade e qualidade de alimentos torna-se imprescindível na busca de uma agricultura competitiva e de baixa emissão de carbono. Com o uso de *A. brasilense* no cultivo foi relatado o aumento da atividade da enzima nitrato redutase nas folhas das plantas, reduzindo níveis de nitrato (REIS JUNIOR et al., 2008). Em contrapartida

aumentando os níveis de amônio, que por sua vez evita gastos energéticos da planta na conversão de nitrato em amônio e promovendo maior crescimento e acúmulo de massas nas folhas (LUZ et al., 2008). Tien et al. (1979) verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *A. brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberelinas e citocininas. Foi verificado relatos de incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância aos estresses hídrico e salino, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN et al., 2004).

O que pode ser aplicado a utilização de *B. subtilis*, que proporciona um aumento da eficiência de absorção de fosfatos contribuindo para maior produtividade, são capazes de promover o crescimento das plantas por meio da produção de hormônios de crescimento e da mobilização de fósforo, zinco e nitrogênio para as plantas (CORRÊA; BETTIOL, 2009). Além disso, também são capazes de produzirem compostos voláteis, que possuem uma importância em relação a proteção da planta, visto que estes compostos, podem acabar inibindo crescimento de alguns fungos de solos, que são causadores de doenças em plantas, como exemplo, as espécies de *Fusarium* (BRAGA JUNIOR et al., 2017).

As bactérias do gênero *Pseudomonas*, por conseguirem contribuir no controle biológico das doenças em vegetais, tornam-se o grupo mais promissor de rizobactérias e, além disso, são capazes de produzir metabólitos secundários como antibióticos compostos voláteis, fitohormônios e sideróforos, e a capacidade destas bactérias de promover crescimento das plantas, está ligado ao fato desses organismos produzirem o AIA e outros compostos importantes (SIVASAKTHI et al., 2014).

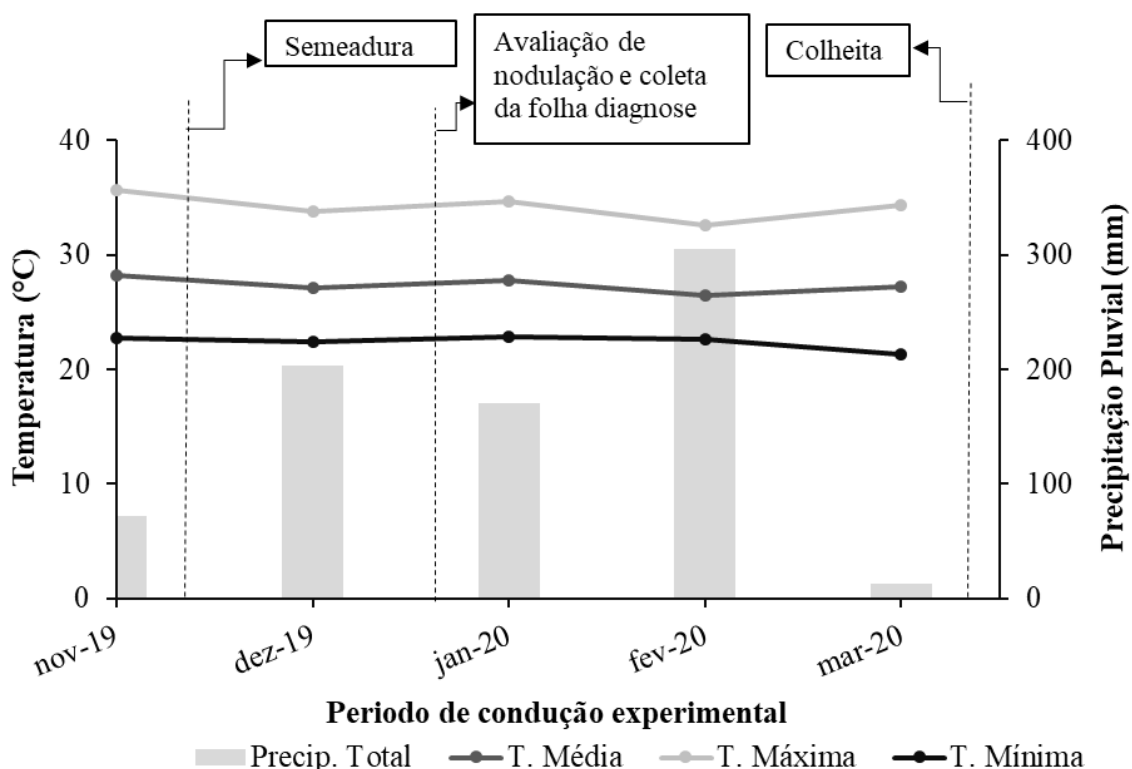
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Histórico de Manejo

O experimento foi desenvolvido com a cultura da soja na safra 2019/2020, após o cultivo de feijão irrigado, em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS. As coordenadas geográficas aproximadas são de 51° 22' Oeste de Greenwich e 20° 22' Sul e 335 metros de altitude.

A temperatura média anual é de 23,5° C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. O tipo climático na região é Aw, segundo Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As condições climáticas no decorrer do experimento constam na Figura 1.

Figura 1- Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante o experimento, no período de novembro de 2019 a março de 2020, em Selvíria - MS.



3.2 Descrição dos inoculantes

Inoculante comercial AzoTotal®

Trata-se de um inoculante líquido comercializado pela Total Biotecnologia Ind. e Com. S.A., com garantia de concentração mínima de 2×10^8 UFC (unidades formadoras de colônias) /mL na data de vencimento. O inoculante contém as estirpes Ab-V5 (=CNPSO 2083) e Ab-V6 (=CNPSO 2084) de *Azospirillum brasilense*. Registro no MAPA Nº PR-93923-10074-1. Embalagem de 1.500 mL.

Inoculante comercial BiomaPhos®

Trata-se de um inoculante líquido para solubilização de fósforo comercializado pela Bioma Ind. com garantia mínima de 4×10^9 UFC/mL na data de vencimento. O inoculante é formulado com as Cepas *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084 e BRM034840) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119 e BRM033112).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento estatístico do experimento foi em blocos ao acaso, com seis repetições. Os doze tratamentos realizados foram:

- 1) Testemunha absoluta: sem inoculação e sem aplicação de P;
- 2) Controle Fosfatado com bactéria: Com inoculação TN Full Sulco (300 mL) + Protetor (100 mL) e sem adubação fosfatada, aplicada na semeadura;
- 3) Controle bactéria: sem inoculação e com adubação fosfatada (75% da dose recomendada: $73,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P), aplicada na semeadura;
- 4) Controle Fosfatado sem bactéria: sem inoculação e com adubação fosfatada (Dose recomendada: 98 kg ha^{-1} de P), aplicada na semeadura;
- 5) Coinoculação de sementes com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* (na dose 100 mL ha^{-1} com o inoculante comercial BiomaPhos), com inoculação no sulco de semeadura TN Full Sulco (300 mL) + Protetor (100 mL), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;
- 6) Aplicação de *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura (na dose 300 mL ha^{-1} em calda de 100 L ha^{-1} , utilizando o inoculante comercial Azototal), com TN Full Sulco (300 mL ha^{-1}) + Protetor (100 mL ha^{-1}), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

7) Aplicação Bioproduto 1 no sulco de semeadura (na dose 300 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

8) Aplicação Bioproduto 2 no sulco de semeadura (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

9) Aplicação Bioproduto 3 no sulco de semeadura (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

10) Aplicação Bioproduto 4 no sulco de semeadura (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

11) Aplicação Bioproduto 5 no sulco de semeadura (na dose 300 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

12) Aplicação Bioproduto 6 no sulco de semeadura (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

13) Aplicação Bioproduto 7 no sulco de semeadura (na dose 50 mL ha⁻¹ em calda de 100 L ha⁻¹), com TN Full Sulco (300 mL ha⁻¹) + Protetor (100 mL ha⁻¹), utilizando 75% da adubação fosfatada recomendada para cultura;

É importante ressaltar que não tivemos o conhecimento da composição dos pré-produtos e os protetores por normas da empresa que forneceu as bactérias. As parcelas do experimento foram de seis metros de comprimento com dez linhas espaçadas de 0,45 metros, sendo a área útil da parcela as seis linhas centrais, excluindo-se um metro das extremidades.

3.4 Instalação e Condução do Experimento

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, de acordo com a classificação de Embrapa (2018), o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 30 anos, sendo os últimos 15 anos em sistema plantio direto. A granulometria do solo da área experimental é de 420, 50 e 530 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. O solo foi coletado antes da instalação do experimento,

utilizando-se os trados de rosca, sendo dois pontos por parcela de forma aleatória, para que se formasse uma amostra composta a ser analisada.

Foram analisados os atributos químicos do solo antes da instalação do experimento, na camada de 0-0,20 m segundo a metodologia proposta por Raji et al. (2001). Os resultados constam na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área experimental. Ilha Solteira – SP, 2019.

Profundidade	P*	MO	pH	K	Ca	Mg
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	----- mmolc dm ⁻³ -----		
0,00 – 0,20	20	24	5,3	5,3	33,0	20,0

H+Al	S – SO ₄	Cu**	Fe**	Mn**	Zn**	B***	V
mmolc dm ⁻³	-----	mg dm ⁻³	-----				%
28,0	3	3,9	21,0	63,5	1,6	0,19	68

*Determinação realizada pelo método de resina; **Submetidos à extração com ácido dietilenotriaminopentaacético (DTPA);

***Extração realizada por água quente.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As parcelas foram constituídas por oito linhas de soja com espaçamento de 0,5m entre linhas e com 6 m de comprimento, considerando-se como área útil as seis linhas centrais com 4 m de comprimento, desconsiderando-se 1 m em cada cabeceira, compreendendo 24 m² úteis.

Com base na análise de solo e na recomendação de adubação da cultura da soja (AMBROSANO et al., 1997), foi realizada a adubação de semeadura em sulco com 282 kg ha⁻¹ da fórmula 02-20-20, para controle de fosforo (utilizando dose recomendada para cultura), fornecendo o equivalente a 5,64; 56,4 e 56,4 kg ha⁻¹ de N; P₂O₅ e K₂O respectivamente, nos demais tratamentos foi efetuada a redução de 75% da dose de fósforo (utilizando superfosfato simples como fonte de adubação) com exceção do controle absoluto que não recebeu adubação, e no controle de fosfato que não recebeu apenas adubação fosfatada.

As sementes de soja foram todas tratadas com o produto comercial Standak® Top (Piraclostrobina – 25 g L⁻¹, Tiofanato metílico – 225 g L⁻¹ e Fipronil – 250 g L⁻¹) e na dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes, respectivamente. Após a aplicação dos

inseticidas/fungicida nas sementes, procedeu à aplicação das bactérias referentes aos tratamentos que receberam a inoculação via semente Biomaphos, conforme descrito anteriormente. A aplicação foi realizada em jato dirigido com pulverizador pressurizado com CO₂, acoplado a uma barra de 2,5 m contendo cinco pontas de pulverização AD-IA 02.D, aplicando-se volume de calda equivalente a 100 L ha⁻¹ na pressão 4 kg cm⁻². Esta aplicação foi realizada no período da manhã, com umidade relativa do ar de 80% e temperatura do ar de 24,8 °C.

A semeadura do cultivar de soja Intacta RR2 PRO[®] foi realizada mecanicamente com disco simples, semeando-se 16,9 sementes por metro, no dia 18/11/2019. A área experimental foi irrigada por aspersão, por meio de pivô central, com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm, quando necessário. A emergência das plântulas ocorreu 5 dias após a semeadura. Quando as plantas estavam no estágio vegetativo V2, foi realizada a adubação foliar em área foliar com cobalto e molibdênio, na dose 150 mL ha⁻¹ do CoMo (15% de Mo e 1,5% de Co) e com volume de calda para aplicação de 300 L ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Glyphosate (1,56 kg ha⁻¹), em pós-emergência, no estágio V3. Também foram efetuadas duas aplicações para o controle de pragas e preventiva a doenças,

Após 121 dias da emergência das plântulas (14/03/2020), quando as plantas estavam em R8 e secas foi realizada a colheita manual das parcelas de soja.

3.5 Avaliações realizadas

No experimento foram realizadas as seguintes avaliações: a) Concentração de N e P foliar (expresso em g kg⁻¹ de M.S.), a coleta da folha diagnose, considerando-se a coleta de 30 trifólios com pecíolo do 3º trifólio (contando da folha mais jovem para mais velha) realizado em estágio R2 quando mais de 50% das plantas da parcela estavam em florescimento. Diagnose de 30 plantas, no florescimento das plantas de soja, segundo a metodologia descrita em Ambrosano et al. (1997). Após a secagem das amostras, estas foram enviadas ao laboratório de Nutrição de Plantas da UNESP – Campus de Ilha Solteira, para determinação do N foliar, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997); Altura de plantas na fase de maturação fisiológica da planta foram avaliadas em 10 plantas por parcela; Matéria seca de palhada, na ocasião da colheita da soja, foram amostradas cinco plantas representativas por parcela. Após a secagem das amostras, estas foram pesadas e os resultados extrapolados em kg ha⁻¹;

Massa de 100 grãos (g), na ocasião da colheita da soja, quando os grãos já estavam em maturidade fisiológica e no ponto de colheita foi determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida); Produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas nas 6 linhas úteis de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% (base úmida); Concentração de N e P nos grãos (expresso em g kg⁻¹ de M.S.) e acúmulo de N nos grãos (kg ha⁻¹) : na ocasião da colheita da soja, quando os grãos já estavam em maturidade fisiológica e no ponto de colheita, foram coletadas amostras dos grãos, que foram acondicionadas em sacos de papel. Após secagem, as amostras foram enviadas ao laboratório de Nutrição de Plantas da UNESP – Campus de Ilha Solteira, para determinação do N e P nos grãos, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Com base nesta matéria seca de grãos extrapolada por hectare e a concentração de N e P nos grãos, calculou-se o acúmulo de N e P nos grãos.

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste F ($p < 0,05$) da análise de variância e a comparação entre as médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Sisvar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as concentrações de macronutrientes tiveram resultados significativos, as maiores concentrações de fósforo (P) no solo foram verificadas nos tratamentos 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11 e 13 em relação aos demais, verificando assim que os tratamentos que não receberam adubação fosfatada como controle na ausência da suplementação com o nutriente, as plantas se nutriram da reserva do solo reduzindo os teores (Tabela 2). Para o enxofre (S) as maiores concentrações foram obtidas nos tratamentos 6, 7, 9, 11 e 13 quando comparado aos demais, este comportamento é observado para cálcio (Ca) nos tratamentos 5 e 9, que demonstra o aumento da absorção de alguns macronutrientes pela planta quando associados a específicas bactérias promotoras de crescimento (Tabela 2). Para o potássio (K) foi verificado as menores concentrações no solo nos tratamentos 1, 6, 8 e 12 em relação aos demais, e as maiores concentrações de magnésio (Mg) no solo foram notadas nos tratamentos 1 e 9, demonstrando afinidade das plantas com alguns tratamentos de inoculantes que aumentaram a absorção destes dois nutrientes mesmo com menor adubação fosfatada (Tabela 2). O uso de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* aumentou a eficiência do uso de P e aumentou a produtividade, além de melhorar a absorção de outros nutrientes (PEREIRA et al., 2020). A utilização de *P. fluorescens* promoveu maior utilização dos sais disponíveis no solo pelas plantas destacando os cloretos, em consequência observou maior disponibilidade de Cu, P, K e N no solo que proporcionou maior crescimento das plantas e maior produtividade (MARTÍNEZ et al., 2019). Destacando o efeito benéfico das bactérias em aumentar a eficiência do uso dos nutrientes disponíveis no solo.

Tabela 2. Concentração de macronutrientes do solo cultivado com soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Macronutrientes no solo				
	(mg dm ⁻³)		mmolc dm ⁻³		
	P _{resina}	S (SO ₄)	Ca	Mg	K
Sem inoculação (1)	43,83 b	4,33 b	27,33 b	23,33 a	2,77 b
Controle Fosfatado com bactéria (2)	27,33 c	3,67 b	28,50 b	20,67 b	3,47 a
Controle bactéria sem coinoculação (3)	57,00 a	4,33 b	27,67 b	20,17 b	3,10 a
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	57,33 a	4,67 b	25,17 b	17,33 b	2,98 a
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	61,83 a	4,50 b	33,83 a	22,00 b	3,33 a
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	54,17 a	5,33 a	24,67 b	19,67 b	2,70 b
Bioproduto 1 (7)	54,33 a	5,50 a	24,00 b	15,33 b	3,15 a
Bioproduto 2 (8)	43,50 b	3,83 b	24,67 b	18,83 b	2,82 b
Bioproduto 3 (9)	47,33 a	6,67 a	31,50 a	27,67 a	3,18 a
Bioproduto 4 (10)	35,50 c	5,17 b	25,00 b	19,83 b	3,23 a
Bioproduto 5 (11)	52,17 a	6,17 a	24,67 b	17,83 b	3,43 a
Bioproduto 6 (12)	32,67 c	4,83 b	27,33 b	21,00 b	2,43 b
Bioproduto 7 (13)	56,33 a	6,83 a	28,67 b	20,67 b	3,22 a
Erro padrão	3,82**	0,60**	1,72**	1,77**	0,19**
Média geral	47,95	5,06	27,15	20,33	3,06
CV (%)	19,52	28,83	15,56	21,28	14,94

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

As maiores concentrações de ferro (Fe) no solo foram observadas nos tratamentos 4, 5, 7, 9 e 11, quando comparado aos demais, este comportamento é notado para concentrações de cobre (Cu) para os tratamentos 4, 6, 8, 10 e 12, e para o zinco (Zn) no tratamento 13, demonstrando menor absorção destes nutrientes por estes tratamentos mesmo com ação benéfica das bactérias (Tabela 3). Por outro lado, para as concentrações de boro (B) os tratamentos com menores valores foram 4, 5, 8, 9 e 11 em relação aos demais, e para manganês (Mn) ocorreu nos tratamentos 2, 3, 5 e 13, ou seja, a maior extração deste nutriente do solo ocorre com a presença da inoculação de BPCPs (Tabela 3). Existem estirpes de *Bacillus* solubilizadoras de Zn, as quais solubilizam o Zn não disponível através da produção de quelantes, secreção de ácidos orgânicos, aminoácidos, vitaminas e fitohormonas, através de sistemas oxido-redutores e extrusão de protões (SARAVANAN et al., 2003). E aumentam a capacidade das plantas de utilizar este nutriente com menor gasto energético, assim como bactéria do gênero

Pseudomonas que tem a capacidade de solubilizar Fe e como estratégia produzem metabólitos secundários que conseguem se ligar ao Fe e transportá-lo para dentro da célula da planta (PATRIARCA et al., 2002).

Tabela 3. Concentração de micronutrientes do solo cultivado com soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Micronutrientes no solo (mg dm ⁻³)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Sem inoculação (1)	0,24 a	6,92 b	21,50 b	34,63 a	2,03 b
Controle Fosfatado com bactéria (2)	0,23 a	6,50 b	22,17 b	34,22 b	1,62 b
Controle bactéria sem coinoculação (3)	0,23 a	6,17 b	26,33 b	34,22 b	2,25 b
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	0,16 b	7,88 a	32,00 a	35,15 a	1,98 b
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	0,21 b	6,32 b	28,67 a	34,27 b	2,67 b
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	0,22 a	7,43 a	24,00 b	34,90 a	1,80 b
Bioproduto 1 (7)	0,26 a	7,00 b	30,67 a	34,77 a	1,83 b
Bioproduto 2 (8)	0,21 b	7,52 a	26,17 b	34,87 a	2,38 b
Bioproduto 3 (9)	0,16 b	6,57 b	28,17 a	34,87 a	2,08 b
Bioproduto 4 (10)	0,23 a	7,57 a	23,17 b	34,97 a	1,90 b
Bioproduto 5 (11)	0,20 b	6,75 b	31,33 a	34,75 a	2,20 b
Bioproduto 6 (12)	0,26 a	7,57 a	23,33 b	34,83 a	2,38 b
Bioproduto 7 (13)	0,30 a	6,62 b	24,17 b	34,37 b	3,73 a
Erro padrão	0,02**	0,21**	1,88**	0,12**	0,32**
Média geral	0,22	6,98	26,28	34,68	2,19
CV (%)	20,54	7,20	17,54	0,85	35,71

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

A maior acidez do solo (H + Al) foi verificada nos tratamentos 4, 6, 7, 8 e 11 em relação aos demais, que esta relacionado com menor pH e V% do solo nos mesmos tratamentos, pode ser explicado pelo aumento da produção de ácidos orgânicos pelas bactérias solubilizadoras de fosfato (Tabela 4). A aplicação de bactérias solubilizantes de fosfato aumenta a fertilidade do solo devido à sua capacidade converter P insolúvel em P solúvel através da liberação de ácidos orgânicos, quelação e troca iônica. A ação dos ácidos orgânicos é conhecido como o principal mecanismo responsável pela liberação de fósforo das estruturas hidroxiapatita, e ainda segundo Saeid et al. (2014) os exsudatos solubilizantes produzidos por *Bacillus spp.* foram compostos pelos seguintes cinco ácidos orgânicos: glucônico, láctico, acético, succínico e propiônico, e tiveram

fortes correlações positivas com as concentrações de fósforo solúvel do solo. A maior concentração de matéria orgânica (M.O.) do solo foi observada nos tratamentos 9, 10, 11 e 13, por possivelmente ter promovido maior crescimento e acúmulo de massa nas plantas, resultando em maior quantidade de palhada por hectare na área (Tabela 4).

Tabela 4. Atributos químicos do solo cultivado com soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Atributos químicos do solo							
	mmol _c dm ⁻³				%		(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)
	CTC	SB	H + Al	V	Mg CTC	Ca CTC	M.O.	pH
Sem inoculação (1)	83,10 a	53,43 b	29,67 b	63,83 a	27,87 a	32,61 c	25,33 b	5,67 a
Controle Fosfatado com bactéria (2)	80,12 b	52,63 b	27,50 b	65,68 a	25,78 a	35,58 b	24,67 b	5,65 a
Controle bactéria sem coinoculação (3)	81,60 b	50,93 b	30,67 b	61,93 a	24,26 a	33,86 b	24,67 b	5,52 a
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	82,15 b	45,48 b	36,67 a	55,35 b	21,09 b	30,63 c	26,17 b	5,35 b
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	84,67 b	62,35 a	25,50 b	69,83 a	26,05 a	39,84 a	27,33 b	5,82 a
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	80,87 b	47,03 b	33,33 a	58,17 b	24,28 a	30,57 b	25,50 b	5,50 a
Bioproduto 1 (7)	79,15 b	42,48 b	36,67 a	53,68 b	19,35 b	30,35 c	26,50 b	5,27 b
Bioproduto 2 (8)	79,31 b	46,32 b	33,00 a	58,25 b	23,65 a	31,04 c	25,00 b	5,47 b
Bioproduto 3 (9)	93,85 a	62,35 a	31,50 b	65,83 a	28,96 a	33,47b	29,67 a	5,60 a
Bioproduto 4 (10)	79,07 b	48,07 b	31,00 b	60,53 a	24,95 a	31,47 c	30,67 a	5,53 a
Bioproduto 5 (11)	82,93 b	45,93 b	37,00 a	55,30 b	21,42 b	29,72 c	29,83 a	5,33 b
Bioproduto 6 (12)	78,27 b	50,77 b	27,50 b	62,62 a	26,77 a	34,74 b	26,00 b	5,68 a
Bioproduto 7 (13)	83,72 b	52,55 b	31,17 b	62,40 a	24,54 a	34,02 b	28,83 a	5,57 a
Erro padrão	2,61*	3,37**	1,80**	2,52**	1,42**	1,41**	1,09**	0,07**
Média geral	82,22	50,55	31,67	61,19	24,54	32,92	26,93	5,53
CV (%)	7,78	16,33	13,93	10,10	14,22	10,48	9,93	3,08

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

Não houve efeito dos tratamentos sobre o teor de N, K, Ca e Mg foliar, independente da adubação fosfatada fornecida e as diferentes bactérias via sulco de semeadura ou semente (Tabela 5). Houve uma menor concentração de N na parta aérea (PA) da soja no momento do florescimento nos tratamentos 2, 3, 4, 8 e 9 quando comparado aos outros. Este comportamento mostra maior eficiência no acúmulo deste nutriente quando utiliza-se microrganismos associados ao sistema radicular das plantas, e o N é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas por ser componente estrutural, e está ligado a proteína que é presente em grande quantidade nos grãos da soja. Este

elemento compõe proteínas e moléculas importantes como a clorofila, a disponibilidade de N é diretamente ligada ao aumento da fotossíntese, crescimento e durabilidade das folhas, tamanho de órgãos vegetativos e reprodutivos, assim como acúmulo de massa nos tecidos (MARSCHNER, 2012). Houve maior concentração foliar de P nos tratamentos 7 e 9, em relação aos demais, comportamento similar ocorreu nas concentrações de S foliar onde a maior concentração ocorreu no tratamento 7 comparado aos demais (Tabela 5). Em solos tropicais compostos de óxidos de ferro e alumínio aumentam a adsorção de P na solução do solo reduzindo, que reduz a quantidade de P disponível para absorção das plantas (PENN; CAMBERATO, 2019). As bactérias solubilizadoras de fosfato tem capacidade de tornar disponíveis sais insolúveis de P da solução do solo, aumentando a eficiência das plantas em absorver nutrientes por promover crescimento do sistema radicular das plantas através da produção de fitohormônios (DOBBELAERE et al., 2003). A maior concentração foliar destes macronutrientes estão relacionadas a maior eficiência do uso destes fertilizantes pelas plantas e pelo maior crescimento radicular, tendo em vista que houve a redução de 25% da adubação fosfatada nos tratamentos relatados, demonstra a eficiência das bactérias em solubilizar o fósforo indisponível do solo, tornando disponível para a planta e aumentando a absorção e translocação deste nutriente para os tecidos da planta. A deficiência de P causam baixo desempenho das culturas, redução no ajuste morfofisiológico, menor produção de matéria seca e redução área foliar estão associadas (ERICSSON; INGESTAD, 1988).

Tabela 5. Concentrações de N na parte aérea (PA) e de macronutrientes foliar de soja em pleno florescimento em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aostratamentos controle. Selvíria – MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Concentração PA (g kg ⁻¹)		Concentração foliar (g kg ⁻¹ de M.S.)				
	N	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem inoculação (1)	37,69 a	44,94 a	4,68 b	22,47 a	7,49 a	3,64 a	1,78 d
Controle Fosfatado com bactéria (2)	32,39 b	53,50 a	6,02 b	24,10 a	6,75 a	3,56 a	2,16 b
Controle bactéria sem coinoculação (3)	29,78 b	53,27 a	5,86 b	21,73 a	6,69 a	3,56 a	2,37 b
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	32,18 b	46,29 a	5,72 b	21,98 a	6,71 a	4,27 a	2,00 c
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	38,64 a	52,90 a	5,83 b	19,93 a	5,65 a	2,86 a	2,07 c
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	38,56 a	50,70 a	5,61 b	20,48 a	6,30 a	3,22 a	2,04 c
Bioproduto 1 (7)	36,26 a	50,41 a	6,98 a	19,63 a	5,74 a	3,15 a	2,72 a
Bioproduto 2 (8)	32,32 b	44,61 a	5,94 b	20,48 a	6,45 a	3,07 a	1,42 d
Bioproduto 3 (9)	32,64 b	47,55 a	7,10 a	24,61 a	7,06 a	3,39 a	2,34 b
Bioproduto 4 (10)	36,68 a	45,49 a	5,69 b	22,97 a	6,82 a	3,59 a	1,89 c
Bioproduto 5 (11)	40,67 a	46,74 a	5,86 b	22,97 a	7,42 a	3,98 a	1,76 d
Bioproduto 6 (12)	37,80 a	47,1 a	5,97 b	21,05 a	7,51 a	4,18 a	2,04 c
Bioproduto 7 (13)	42,09 a	40,71 a	5,77 b	21,20 a	7,36 a	3,52 a	1,69 d
Erro padrão	2,13**	2,65 ^{ns}	0,32**	1,68 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,13**
Média geral	35,98	48,04	5,92	21,85	6,76	3,53	2,02
CV (%)	10,28	9,54	9,58	13,33	14,01	15,87	10,96

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração de Mn foliar, independente da adubação fosfatada fornecida e as diferentes bactérias via sulco de semeadura ou semente (Tabela 6). A maior concentração de B foliar ocorreu nos tratamentos 7, 9, 12 e 13, em relação aos demais, para o Cu verificou para os tratamentos 3, 6, 6, 9, 10 e 11, para o Fe nos tratamentos 4, 5, 7 e 13, para o Zn nos tratamentos 7, 9 e 12, evidenciando maior eficiência das bactérias em aumentar a absorção de micronutrientes pelas plantas de soja (Tabela 6). A produção de ácido orgânico por cepas microbianas é um dos principais mecanismos de solubilização do Zn, entre estes ácidos orgânicos, a produção de ácido 2-cetoglucônico e ácido glucônico por BPCP é responsável pela solubilização de Zn (FASIM et al., 2002). A soja inoculada com *B. subtilis* e *B. aryabhattai* verificaram eficiência das bactérias para solubilizar fontes insolúveis de zinco, e proporcionaram maior crescimento das plantas, aumento na produtividade e na qualidade nutricional (MUMTAZ et al., 2017), efeito é relatado utilizando bactérias do gênero *Pseudomonas*, *Fratureia* e *Serratia* no aumento

das concentrações de Fe foliar (DOGRA et al., 2019), utilizando *Rhizobium leguminosarum* e *Pseudomonas* sp. aumentou concentrações de Fe (MISHRA et al., 2012).

Tabela 6. Concentrações de micronutrientes foliar de soja em pleno florescimento em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Concentração foliar (mg kg ⁻¹ de M.S.)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Sem inoculação (1)	50,98 b	13,33 b	115,00 b	77,67 a	35,67 b
Controle Fosfatado com bactéria (2)	56,55 b	11,33 b	101,33 b	74,00 a	36,33 b
Controle bactéria sem coinoculação (3)	57,52 b	27,67 a	113,68 b	66,00 a	36,33 b
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	57,54 b	8,33 b	177,33 a	77,67 a	38,00 b
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	58,86 b	11,33 b	147,00 a	60,67 a	35,00 b
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	47,28 b	22,33 a	94,67 b	77,68 a	38,33 b
Bioproduto 1 (7)	68,08 a	17,00 b	151,33 a	79,33 a	43,67 a
Bioproduto 2 (8)	57,21 b	20,33 a	110,67 b	88,33 a	35,00 b
Bioproduto 3 (9)	67,73 a	34,00 a	114,67 b	74,67 a	45,67 a
Bioproduto 4 (10)	53,08 b	30,33 a	112,67 b	78,67 a	38,67 b
Bioproduto 5 (11)	59,67 b	22,68 a	100,33 b	78,00 a	38,00 b
Bioproduto 6 (12)	62,45 a	18,67 b	116,33 b	100,00 a	41,67 a
Bioproduto 7 (13)	61,59 a	23,33 b	163,00 a	88,00 a	37,00 b
Erro padrão	2,88**	3,36**	14,02**	7,09 ^{ns}	2,09**
Média geral	58,35	20,05	124,46	78,51	38,49
CV (%)	8,54	28,99	19,51	15,65	9,40

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

A menor altura de plantas de soja ocorreu no tratamento 1, 2, 3, 9, 11, 12 e 13, nos demais tratamentos mesmo com a redução de 25% da adubação fosfatada as plantas tiveram maior crescimento em altura (Tabela 7). As menores alturas da inserção da primeira vagem ocorreram nos tratamentos 2, 3, 5, 6, 7 e 8 em relação aos demais, uma característica muito importante para o momento da colheita, quanto maior a altura da inserção das vagens menores são as chances da colhedora coletar solo juntamente com grãos (Tabela 7). O uso de rizobactérias aumentam a resistência a doenças, e promovem o crescimento através de mecanismos relacionados com a síntese de enzimas e hormônios que proporcionaram um aumento do desenvolvimento do sistema radicular, assim a absorção de água e nutrientes (BUENO et al., 2017). Os tratamentos 3, 7 e 8 tiveram menor número de grãos por vagem em relação aos demais, este não foi mesmo

comportamento notado para número de nódulos por planta, que nos tratamentos 3, 4, 6, 7, 11 e 12 tiveram maior número de nódulos por planta (Tabela 7). A utilização de BPCPs promovem maior utilização dos sais disponíveis no solo pelas plantas, em consequência observou maior crescimento das plantas, e translocação de massa para os órgãos reprodutivos (MARTÍNEZ et al., 2019). A maior eficiência na absorção destes nutrientes proporciona maiores ganhos de massa por estarem relacionado com a translocação de fotoassimilados pela planta (BRUNS; EBELHAR, 2014). e o suprimento adequado destes nutrientes favorece a obtenção de elevadas produtividades de soja, por estarem relacionados a processos de crescimento e fisiológicos da planta, como na formação da clorofila, nucleotídeos, fosfotídeos e alcaloides, bem como hormônios e enzimas (MOHAMED et al., 2008)

Tabela 7. Altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de grãos por vagem, número de nódulos por planta de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria – MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Número de nódulos planta ⁻¹	Altura de planta (cm)	Altura da inserção 1º vagem (cm)	Número de grãos vagem ⁻¹
Sem inoculação (1)	102,75 b	116,53 b	14,17 a	3,45 a
Controle Fosfatado com bactéria (2)	87,00 b	116,13 b	10,90 b	3,37 a
Controle bactéria sem coinoculação (3)	120,25 a	114,98 b	12,72 b	3,21 b
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	149,25 a	118,40 a	15,10 a	3,43 a
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	79,00 b	120,05 a	10,37 b	3,52 a
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	140,25 a	122,32 a	12,15 b	3,35 a
Bioproduto 1 (7)	139,50 a	119,10 a	11,53 b	3,16 b
Bioproduto 2 (8)	89,75 b	122,26 a	12,45 b	3,14 b
Bioproduto 3 (9)	74,50 b	116,67 b	14,33 a	3,36 a
Bioproduto 4 (10)	81,50 b	117,17 a	15,07 a	3,38 a
Bioproduto 5 (11)	133,75 a	112,47 b	14,50 a	3,41 a
Bioproduto 6 (12)	121,25 a	111,73 b	13,70 a	3,52 a
Bioproduto 7 (13)	103,75 b	115,00 b	14,90 a	3,53 a
Erro padrão	13,47**	2,14*	0,71**	0,29**
Média geral	109,42	117,14	13,22	3,37
CV (%)	24,62	4,48	13,17	5,45

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

Não houve efeito significativo do fornecimento de P e do uso de bactérias promotoras de crescimento sobre o número de vagens por planta. porém o tratamento 3 e tratamento 13 tiveram a maior massa de 100 grãos, e os tratamentos 1, 6, 7 e 10 tiveram a menor massa de 100 grãos, evidenciando a eficiência do acúmulo de massa nos grãos por algumas das inoculações realizadas mesmo na redução da adubação fosfatada (Tabela 8). O menor índice de clorofila foliar foi verificado nos tratamentos 3, 4 e 10 quando comparado aos outros. As menores produtividade de grãos ocorreram para os tratamentos 1 (controle absoluto) 5, 6, 7, 8, 9 e 10 em relação aos demais, evidenciando a eficácia de algumas bactérias em promover maior produtividade mesmo com redução da adubação fosfatada, reduzindo os custos para o produtor e ainda aumentando a sustentabilidade no cultivo de soja.

Tabela 8. Índice de clorofila foliar, número de vagens por plantas, produtividade de grãos e massa de 100 grãos por planta de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria – MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Índice de clorofila foliar	Número de vagens planta ⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Massa de 100 grãos (g)
Sem inoculação (1)	40,27 a	57,17 a	4408.83 b	18,66 d
Controle Fosfatado com bactéria (2)	40,37 a	63,67 a	4984.33 a	20,17 b
Controle bactéria sem coinoculação (3)	38,08 b	59,33 a	5370.66 a	21,71 a
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	37,26 b	59,00 a	4694.33 a	19,83 c
Coinoculação de Bacillus (5)	41,57 a	53,67 a	4360.50 b	19,51 c
Azospirillum brasilense (6)	40,94 a	56,33 a	4499.83 b	19,01 d
Bioproduto 1 (7)	41,66 a	52,67 a	4445.16 b	18,74 d
Bioproduto 2 (8)	40,40 a	55,17 a	4469.50 b	19,79 c
Bioproduto 3 (9)	40,04 a	52,67 a	4011.16 b	19,53 c
Bioproduto 4 (10)	36,90 b	52,50 a	3245.50 c	18,03 d
Bioproduto 5 (11)	50,38 a	51,83 a	5015.16 a	20,28 b
Bioproduto 6 (12)	41,60 a	57,17 a	5109.00 a	19,73 c
Bioproduto 7 (13)	39,35 a	53,83 a	5357.33 a	21,02 a
Erro padrão	0,90**	2,50 ^{ns}	210,61**	0,37**
Média geral	39,90	55,77	4613.17	19,69
CV (%)	4,52	10,99	11.18	4,55

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

O maior acúmulo de N na palha foi verificado nos tratamentos 9, 11 e 12, em relação aos demais, e nos grãos ocorreu nos tratamentos 3 e 11, o maior acúmulo de P

na palhada ocorreu nos tratamentos 9 e 11, e nos grãos nos tratamentos 2, 3, 11, 12 e 13, e para acúmulo de K na palhada e nos grãos não foi verificado efeito significativo da adubação fosfatada e dos tratamentos com inoculação (Tabela 9). A coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Streptomyces griseoflavus* proporcionou maiores acúmulos de N, P e K na palhada e nas plantas de soja juntamente com aumento da produtividade de grãos, além de reduzir uso de fertilizantes químicos, demonstrando a maior correlação entre o acúmulo destes macronutrientes na planta e o aumento da produtividade (HTWE et al., 2018). A adubação fosfatada aliada a inoculação de *A. brasilense* e *B. subtilis* proporcionaram maior absorção de P, maior eficiência do uso de P e translocação do nutriente, maior acúmulo de P nas massas e melhoraram o desenvolvimento dos componentes produtivos de milho cultivado em Selvíria-MS (PEREIRA et al., 2020).

Tabela 9. Acúmulos de N, P e K na palhada e nos grãos e produtividade de grãos de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Acúmulo de nutrientes (kg ha ⁻¹)					
	N		P		K	
	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos
Sem inoculação (1)	27,46 b	231,33 b	5,65 c	21,02 c	74,16 a	68,65 a
Controle Fosfatado com bactéria (2)	37,12 b	238,92 b	6,51 c	29,07 a	86,11 a	83,17 a
Controle bactéria sem coinoculação (3)	45,90 b	283,62 a	9,72 b	31,05 a	86,41 a	86,27 a
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	38,15 b	238,22 b	8,42 b	24,37 b	94,90 a	73,17 a
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	44,54 b	246,56 b	9,77 b	25,73 b	91,60 a	69,77 a
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	24,57 b	248,00 b	6,84 c	26,15 b	58,70 a	77,89 a
Bioproduto 1 (7)	34,67 b	249,87 b	7,97 c	26,53 b	76,78 a	72,71 a
Bioproduto 2 (8)	40,83 b	246,53 b	8,94 b	25,95 b	86,69 a	73,36 a
Bioproduto 3 (9)	75,39 a	225,35 b	13,12 a	26,11 b	80,45 a	71,27 a
Bioproduto 4 (10)	49,86 b	167,56 b	10,24 b	18,07 c	93,05 a	48,73 a
Bioproduto 5 (11)	63,12 a	298,81 a	12,29 a	30,59 a	93,26 a	84,04 a
Bioproduto 6 (12)	61,43 a	272,79 b	9,28 b	29,63 a	75,68 a	73,06 a
Bioproduto 7 (13)	38,15 b	269,31 b	9,72 b	30,55 a	70,36 a	88,49 a
Erro padrão	4,74**	18,08**	0,91**	1,94**	7,72 ^{ns}	6,99 ^{ns}
Média geral	44,71	247,55	9,12	26,45	82,17	74,66
CV (%)	18,38	12,66	17,24	12,70	16,26	16,21

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

Não houve efeito significativo dos tratamentos para o acúmulo de Ca na palhada e Mg na palhada e nos grãos de soja, o maior acúmulo de Ca nos grãos de soja foi observado nos tratamentos 3 e 13, em relação aos demais, o meio acúmulo de S na palhada de soja ocorreu nos tratamentos 2 e 10, e nos grãos foi verificado nos

tratamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 e 13 em relação aos tratamentos 9 e 10 (Tabela 10). A coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Streptomyces griseoflavus* proporcionou maiores acúmulos de Ca e Mg nas plantas de soja juntamente com aumento da produtividade de grãos, reduziu uso de fertilizantes químicos e aumentou eficiência de absorção destes nutrientes pelas plantas (HTWE et al., 2018). Estes macronutrientes juntamente com S são muito importantes para desenvolvimento e crescimento das plantas de soja, a sua deficiência pode causar redução dos níveis de albumina, globulina, proteínas, prolamina e glutelina, assim reduzindo a qualidade das plantas produzidas (IBAÑEZ et al., 2021).

Tabela 10. Acúmulos de Ca, Mg e S na palhada e nos grãos de soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Acúmulo de nutrientes (kg ha ⁻¹)					
	Ca		Mg		S	
	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos
Sem inoculação (1)	23,82 a	11,38 b	19,54 a	9,79 a	4,74 c	8,36 a
Controle Fosfatado com bactéria (2)	25,01 a	15,26 b	18,34 a	12,10 a	8,54 a	11,14 a
Controle bactéria sem coinoculação (3)	27,51 a	18,75 a	18,96 a	13,03 a	5,63 c	11,33 a
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	21,05 a	13,09 b	17,12 a	10,96 a	4,41 c	8,67 a
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	22,56 a	12,57 b	18,16 a	10,24 a	6,69 b	7,86 a
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	18,69 a	12,26 b	16,79 a	11,73 a	3,33 c	9,25 a
Bioproduto 1 (7)	23,53 a	13,74 b	16,10 a	10,93 a	4,82 c	8,75 a
Bioproduto 2 (8)	25,50 a	12,55 b	20,88 a	10,71 a	5,33 c	7,98 a
Bioproduto 3 (9)	16,63 a	12,98 b	14,12 a	10,33 a	6,54 b	6,58 b
Bioproduto 4 (10)	23,82 a	9,01 b	19,28 a	7,15 a	9,19 a	6,16 b
Bioproduto 5 (11)	24,28 a	15,07 b	19,37 a	12,75 a	6,84 b	9,15 a
Bioproduto 6 (12)	19,61 a	14,38 b	18,01 a	11,02 a	7,67 b	8,52 a
Bioproduto 7 (13)	15,71 a	18,96 a	14,74 a	13,03 a	5,95 c	8,52 a
Erro padrão	2,99 ^{ns}	1,11 ^{**}	2,32 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,63 ^{**}	0,79 ^{**}
Média geral	22,13	13,85	17,80	11,06	6,13	8,64
CV (%)	23,42	13,95	22,59	17,99	17,88	15,81

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor.

O menor acúmulo de B na palhada ocorreu no tratamento 6 em relação aos demais, para os grãos o maior acúmulo de B foi verificado no tratamento 3, para o Cu o maior acúmulo na palhada foi observado nos tratamentos 3, 8, 9 e 11, e nos grãos nos

tratamentos 2, 3, 7 e 9, o maior acúmulo de Fe na palhada foi verificado nos tratamentos 1, 3, 4, 8 e 11, e nos grãos ocorreu no 3, 4, 5 e 12. Foi observado maior acúmulo de Mn nos tratamentos 2, 8, 10, 11 e 12 comparado aos demais, e nos grãos isto foi averiguado somente no tratamento 3, e o acúmulo de Zn na palhada foi maior apenas no tratamento 9, porém nos grãos houve maior acúmulo deste micronutriente nos tratamentos 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 13, que comprova a capacidade das bactérias de proporcionar maior eficiência do uso e de absorção de Zn e outros micronutrientes e os translocar para os grãos de soja (Tabela 11). Este efeito pode ser explicado aumento do crescimento do sistema radicular ocasionado pela maior produção de fitohormônios que as bactérias promotoras de crescimento fornecem (GARCÍA DE SALAMONE, 2011), e assim aumentam a área de explorada no solo pelo sistema radicular aumentando a capacidade da planta de absorver água, nutrientes, acumular massa e translocar estes fitoassimilados para os grãos no momento do enchimento. As bactérias promotoras do crescimento de plantas desempenham um papel crucial na biofortificação de macronutrientes e micronutrientes em culturas, por meio de vários mecanismos, como produção de sideróforos, solubilização de Fe e Zn, aumentando a qualidade dos grãos (SINGH et al., 2018

Tabela 11. Acúmulos de micronutrientes na palhada da soja em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2019/2020.

Tratamento	Acúmulo de nutrientes (kg ha ⁻¹)									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos	Palhada	Grãos
Sem inoculação (1)	135,78 a	159,27c	103,04 b	101,51b	307,84a	556,3d	112,72 b	149,32c	38,14 b	159,06b
Controle Fosfatado com bactéria (2)	118,01 a	238,06b	82,33 b	144,09a	266,23b	1532,9b	152,03 a	163,46b	39,50 b	186,86a
Controle bactéria sem coinoculação (3)	154,33 a	313,55a	147,91 a	150,02a	337,11a	1849,4a	122,08 b	269,31a	45,16 b	209,27a
Controle Fosfatado sem coinoculação (4)	127,35 a	254,86b	97,66 b	103,34b	323,48a	1886,1a	119,86 b	181,64b	35,92 b	167,60b
Coinoculação de <i>Bacillus</i> (5)	140,95 a	168,78c	69,57 b	94,17b	228,09b	1901,2a	99,95 b	130,89c	32,03 b	172,88b
<i>Azospirillum brasilense</i> (6)	77,41 b	154,67c	86,48 b	100,35b	255,60b	965,9c	93,26 b	138,40c	23,93 b	188,94a
Bioproduto 1 (7)	145,03 a	179,17c	83,17 b	120,52a	280,70b	1559,7b	114,57 b	162,96b	19,83 b	198,92a
Bioproduto 2 (8)	147,26 a	168,92c	128,10 a	67,79b	376,37a	983,9c	128,71 a	134,12c	19,72 b	181,31a
Bioproduto 3 (9)	143,70 a	195,54c	150,04 a	121,95a	277,91b	456,1d	106,71 b	143,60b	66,05 a	155,69b
Bioproduto 4 (10)	161,32 a	143,28c	88,41 b	81,75b	262,66b	550,6d	128,53 a	110,76c	46,76 b	139,41b
Bioproduto 5 (11)	152,76 a	195,13c	75,93 b	98,48b	323,70a	479,2d	133,79 a	160,40b	49,36 b	213,88a
Bioproduto 6 (12)	129,75 a	206,43c	159,59 a	85,38b	277,67b	1720,6a	147,01 a	168,07b	37,98 b	217,15a
Bioproduto 7 (13)	112,56 a	229,90b	98,22 b	104,47b	174,13b	1352,5b	100,24 b	170,42b	40,41 b	197,54a
Erro padrão	14,70*	14,49**	9,82**	10,61**	24,94**	135,1**	10,58*	10,67**	6,65**	11,40**
Média geral	134,31	200,58	105,42	105,68	283,96	1214,9	119,96	160,26	38,06	183,73
CV (%)	18,96	12,52	16,13	17,38	15,21	19,26	15,28	11,53	30,28	10,75

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração próprio autor

5. CONCLUSÕES

Os tratamentos 3, 4, 6, 7, 11 e 12 proporcionaram maior nodulação para as plantas, e os maiores acúmulos de P na palhada foram obtidas nos tratamentos 9, 11 e 12 e nos grãos ocorreu nos tratamentos 3 e 11, sendo os tratamentos com maior eficiência de translocação do nutriente mesmo com redução da adubação fosfatada. Os tratamentos 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 13 proporcionaram maior acúmulo de Zn nos grãos evidenciando a eficiência da biofortificação do micronutriente aliado ao uso de bactérias.

Com base nos resultados do presente estudo de campo com soja na safra 2019/2020, recomenda-se a inoculação das bactérias do tratamento 4, 11, 12 e 13 no sulco de semeadura, visto que, proporcionou aumento significativo de produtividade de grãos (entre 13,75 a 21,5%) em comparação a testemunha absoluta (sem inoculação alguma e sem adubação com P). A produtividade de soja destes tratamentos também foram superior as obtidas com a adubação completa de P - tratamento 4 (controle fosfatado sem bactéria), a inoculação convencional com *A. brasilense* (inoculação que atualmente proporciona maiores rendimentos de grãos e menor gasto de N na adubação). Os dados obtidos são consistentes e atestam a eficiência agrônômica a campo e a viabilidade de uso destas bactérias como promotoras de crescimento na cultura da soja.

Os resultados obtidos foram excelentes, possibilitando ao agricultor maior lucro na cultura da soja, reduzindo a poluição ambiental. Ou seja, a adoção destas tecnologias de inoculação e/ou coinoculação, torna o cultivo de soja mais rentável e sustentável além de contribuir com aumento da qualidade dos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. p.189-203. (Boletim Técnico, 100).
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of plant nutrition**, 2^a ed. CRC Press; 2015.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G; DE-BASHAN, L. E. Azospirillum-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**. v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BOARETTO, A. E.; NATALE, W. Importância da Nutrição Adequada para Produtividade e Qualidade dos Alimentos. In: PRADO R. M.; CECÍLIO FILHO A. B. (Ed.) **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. São Paulo: FCAV/CAPES, 2016. p. 45-74.
- BRAGA JUNIOR, G. M.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; CHAGAS, L. F. B.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; SANTOS, G. R. Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* *in vitro*. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 7, n. 3, p. 45-51, 2017.
- BRUNS, H. A.; EBELHAR, M. W. Nutrient Uptake of Maize Affected by Nitrogen and Potassium Fertility in a Humid Subtropical Environment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.37, n.2, p.275–293, 2006.
- BUENO, A. C. S. O.; CASTRO, G. L. S.; SILVA JUNIOR, D. D.; PINHEIRO, H. A.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. Response of photosynthesis and chlorophyll a fluorescence in leaf scald-infected rice under influence of rhizobacteria and silicon fertilizer. **Plant Pathology**. v.66, n.9, p.1487-1495, 2017
- CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. **Rev Bras Ciênc Agrárias**, v.8, p.189-196, 2013.
- CÂMARA, Gil Miguel de Sousa. Potencial da cultura da soja como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**, 2006.
- CANALRURAL – canal rural cotações e previsões para safra. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/cotacao/soja/>> acesso em 05 de outubro de 2020.
- CORRÊA, E. B.; BETTIOL, W.; SUTTON, J. C. Controle biológico da podridão radicular (*Pythium aphanidermatum*) e promoção de crescimento por *Pseudomonas chlororaphis* 63-28 e *Bacillus subtilis* GB03 em alface hidropônica. **Summa Phytopathologica**. v.36, p.275-281, 2010.
- CORRÊA, E.B.; BETTIOL, W. **Controle biológico da podridão de raízes causada por *Pythium* spp. em cultivos hidropônicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 26 p.
- DHILLON, J.; TORRES, G.; DRIVER, E.; FIGUEIREDO, B.; AND RAUN, W. R. World phosphorus use efficiency in cereal crops. **Agronomy Journal**. v.109, p.1670–1677, 2017.

- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Plant Science**. v.22, p.107-149, 2003.
- DOGRA, N.; YADAV, R.; KAUR, M.; ADHIKARY, A.; KUMAR, S.; RAMAKRISHNA, W. Nutrient enhancement of chickpea grown with plant growth promoting bacteria in local soil of Bathinda, Northwestern India. **Physiol Mol Biol Plants**, v.25, n.5, p.1251-1259, 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5^a ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 353 p.
- ERICSSON, T.; INGESTAD, T. Nutrition and growth of birch seedlings at varied relative phosphorus addition rates. **Physiologia Plantarum**, v.72, p.227-235, 1988.
- GARCÍA DE SALAMONE, I. E. Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. **Revista Argentina Microbiologia**. v.43, p.1-3, 2011.
- GAZZONI, Decio Luiz. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.
- HAYDON, M. J.; MIELCZAREK O.; ROBERTSON F.C.; HUBBARD K.E.; WEBB A.A. Nutrient homeostasis within the plant circadian network. **Frontiers in Plant Science**. v.6, n.299, p.1-6, 2015.
- HTWE, A. Z.; MOH, S. M.; MOE, K.; YAMAKAWA, T. Soil Science and Plant Nutrition Effects of co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* SAY3-7 and *Streptomyces griseoflavus* P4 on plant growth , nodulation , nitrogen fixation , nutrient uptake , and yield of soybean in a field condition. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.64, n.2, p.222–229, 2018.
- HUNGRIA, M.; BOHRER, T. R. J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of Soils (Print)**, Berlin, v. 31, p. 45-52, 2000.
- IBAÑEZ, T. B.; Santos, L. F. M.; Lapaz, A. M.; Ribeiro, I. V.; Ribeiro, F. V.; Reis, A. R.; Moreira, A.; Heinrichs, R. Sulfur modulates yield and storage proteins in soybean grains. **Sci. Agricola**, v. 78, n.1, e20190020, 2021.
- INOUE, Letícia Pacheco. **Cultura da soja: sua importância na atualidade**. [S. l.], 26 jan. 2019. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/cultura-soja-importancia-na-atualidade/>. Acesso em: 21 dez. 2022.
- LINO, A. C. M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; MAESTRELO, P. R.; RODRIGUES, M. A. C. Effect of phosphorus applied as monoammonium phosphate-coated polymers in corn culture under no-tillage system. **Semina**. v.39, p.99–112, 2018.
- LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D.; MÜLLER, L.; TORRES, M. G.; MENTGES, L. A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**. v.38, p.2388- 2394, 2008.
- MARTÍNEZ, J. I.; GÓMEZ-GARRIDO, M.; GÓMEZ-LÓPEZ, M. D.; FAZ, Á.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, S.; ACOSTA, J. A. *Pseudomonas fluorescens* affects nutrient dynamics in plant-soil system for melon production. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v.79, n.2, p.223–233, 2019.

- MASSENSINI, André Marcos et al. Isolamento e caracterização de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera de Eucalyptus sp. **Revista Árvore**, v. 40, p. 125-134, 2016.
- MENGISTU, Alemu et al. Efeito da podridão do carvão em genótipos de soja tolerantes à seca e rendimento selecionados. **Proteção de Culturas**, v. 105, p. 90-101, 2018.
- MISHRA, P. K.; BISHT, S. C.; MISHRA, S.; SELVAKUMAR, G.; BISHT, J. K.; GUPTA, H. S. Coinoculation of *Rhizobium leguminosarum*-PR1 with a cold tolerant *Pseudomonas* sp. improves iron acquisition, nutrient uptake and growth of field pea (*Pisum sativum* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v. 35, n. 2, p. 243–256, 2012.
- MISSÃO, Mauricio Roberto. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Maringá Management: Revista de ciências empresariais**, v. 3, n. 1, p. 7-15, 2006.
- MOHAMED, S. A.; EWES, S. A.; SAWSAN, A.; SEAF, E. Y.; DALIA, M. S. Improving maize grain yield and its quality grown on a newly reclaimed sandy soil by applying micronutrients, organic manure and biological inoculation. **Research Journal of Agriculture and Biological Science**. v.4, p.537–544, 2008.
- MS encerra ciclo 2020/2021 de soja com aumento de volume de 18% e produtividade com alta de 13%. [S. l.], 28 abr. 2022. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/noticias/ms-encerra-ciclo-2020-2021-de-soja-com-aumento-de-volume-de-18-e-produtividade-com-alta-de-13#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20soja%20em,frente%20ao%20ciclo%202019%2F2020>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- PATRIARCA, E.J.; TATÈ, R.; IACCARINO, M. Key Role of Bacterial NH₄⁺ metabolism in Rhizobium-Plant Symbiosis. **Microbiology and Molecular Biology Review**. v. 66, p.203–222, 2002.
- PENN, C. J.; CAMBERATO, J. A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants. **Agriculture**. v.9, art.120 2019.
- PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Corn yield and phosphorus use efficiency response to phosphorus rates associated with plant growth promoting bacteria. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, p. 1-12, 2020.
- REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1139-1146, 2008.
- RIBEIRO, V. P. et al. Potencial biotecnológico de bactérias endofíticas de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTEC-A-E)**, 2015.
- ROSA, Anderson; CAPONI, Luiz Henrique; JÚNIOR, Luiz Antônio Zanão. Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 5, p. 108-115, 2016.

- SAEID, A.; LABUDA, M.; CHOJNACKA, K.; GÓRECKI, H. Valorization of bones to liquid phosphorus fertilizer by microbial solubilization. *Waste Biomass Valoriz.* v.5, p.265–272, 2014.
- SARAVANAN, V. S.; SUBRAMONIAM, S. R.; RAJ, S. A. Assessing in vitro solubilization of different zinc solubilizing bacterial (ZBS) strains. **Brazilian Journal Microbiology.** v.34, p.121-125, 2003.
- SIGA/MS - Boletim Semanal Casa Rural – Agricultura – Circular 365. Disponível em: <<http://sistemafamasul.com.br/informativo-siga-ms/>> acesso in: 05 de outubro de 2020.
- SIGNORE, A.; SERIO, F.; SANTAMARIA, P. A. A Targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. **Frontiers Plant Science.** v.7, n.391, p.1-15, 2016.
- SINGH, D.; GEAT, N.; RAJAWAT, M. V. S.; PRASANNA, R.; KAR, A.; SINGH, A. M.; SAXENA, A. K. Prospecting endophytes from different Fe or Zn accumulating wheat genotypes for their influence as inoculants on plant growth, yield, and micronutrient content. **Ann Microbiol,** v.68, n.12, p.815–833, 2018.
- SILVA, AC da; LIMA, EPC de; BATISTA, Henrique Rogê. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. **V Encontro de Economia Catarinense,** 2011.
- SIQUEIRA, J. O.; ANDRADE, A. T.; FAQUIN, V. O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas. **Fósforo na agricultura brasileira,** p. 117-149, 2004.
- SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research,** v.16, n.9, p.1265-1277, 2014.
- SOJA: USDA projeta safra mundial em 395 milhões de toneladas. [S. l.], 2 ago. 2022. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/comercio-externo/soja-usda-projeta-safra-mundial-em-395-milhoes-de-toneladas/>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- SOUSA JUNIOR, P. R. **Modos de aplicação e doses de fósforo na cana-de-açúcar em distintos manejos de solo.** 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/143805/sousajunior_pr_me_jabo.pdf;js. Acesso em: 22 dez. 2022.
- SOUZA, Rocheli de; AMBROSINI, Adriana; PASSAGLIA, Luciane MP. Bactérias promotoras do crescimento de plantas como inoculantes em solos agrícolas. **Genética e biologia molecular** , v. 38, p. 401-419, 2015.
- SWAIN, M.R.; LAXMINARAYANA, K.; RAY, R. C. Phosphorus solubilization by thermotolerant *Bacillus subtilis* Isolated from cow dung microflora. **Agricultural Research.** v.1, n.3, p.273–279, 2012.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S. Inoculação de bactérias com foco na fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento vegetal. In: SEVERIANO, E.C.; MORAES, M. F.; PAULA, A. M. (Org.). **Tópicos em Ciência**

do Solo. 1ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2019, v.10, p.577-648.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.37, n.5, p.1016-1024, 1979.

USDA - **UNITAD STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE (2022)**
Disponível em: <https://www.usda.gov>. Acesso em: 22 dez. 2022

Vidor C et al. 2014 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA
Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil.