

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**FERTILIZANTES FOSFATADOS CONVENCIONAL E
COM GRÂNULOS REVESTIDOS E INOCULAÇÃO COM
BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO NA
CULTURA DA SOJA**

Samuel Henrique Fumis

Engenheiro Agrônomo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FERTILIZANTES FOSFATADOS CONVENCIONAL E
COM GRÂNULOS REVESTIDOS E INOCULAÇÃO COM
BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO NA
CULTURA DA SOJA**

Samuel Henrique Fumis

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

2025

F978f

Fumis, Samuel Henrique

Fertilizantes fosfatados convencional e com grânulos revestidos e inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja / Samuel Henrique

Fumis. -- Jaboticabal, 2025

47 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leandro Borges Lemos

1. Fósforo. 2. Soja. 3. Adubos e fertilizantes. 4. Bactérias. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FERTILIZANTES FOSFATADOS CONVENCIONAL E COM GRÂNULOS REVESTIDOS E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO NA CULTURA DA SOJA

AUTOR: SAMUEL HENRIQUE FUMIS

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **LEANDRO BORGES LEMOS**
Data: 22/10/2025 16:25:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Virtual)
Departamento de Producao Vegetal / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **VINICIUS AUGUSTO FILLA**
Data: 13/10/2025 16:27:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. VINICIUS AUGUSTO FILLA (Participação Virtual)
Faculdades Associadas de Uberaba (FAZU) / Uberaba/MG

Documento assinado digitalmente
 **JUSCELIO RAMOS DE SOUZA**
Data: 13/10/2025 20:25:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. JUSCÉLIO RAMOS DE SOUZA (Participação Virtual)
Industria Química Kimberlit, Ltda / Olímpia/SP

Jaboticabal, 10 de outubro de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Samuel Henrique Fumis – Filho de Eliana Cristina Bergo Fumis e João Batista Fumis, natural de Monte Alto, SP, nascido no dia 25 de novembro de 1994. Graduado em Engenharia Agrônômica, pelo ITES- Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior, SP, no ano de 2018. Iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de Concentração em Produção Vegetal, pela Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, SP, atuando com pesquisas em agosto de 2023, na modalidade de aluno regular sem bolsa, sob a orientação do Prof. Dr. Leandro Borges Lemos. Trabalha atualmente na empresa Kimberlit Agrociências – Indústria Química Kimberlit – LTDA, na função de Consultor Técnico Comercial.

*A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original."*

Albert Einstein

DEDICO

Aos meus pais, João Batista Fumis e Eliana Cristina Bergo Fumis, pelo exemplo diário de trabalho e dedicação. Pelo apoio em todas as decisões em que tomei em minha vida, sem eles eu nada seria.

À minha esposa Larissa Aleixo Fumis, pelo companheirismo e pela admiração pelo meu trabalho. Você me ajuda diariamente a confiar e acreditar em mim e em meus conhecimentos.

OFEREÇO

A Deus que é quem me guia em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal, FCAV/UNESP, e ao Departamento de Produção Vegetal, pela oportunidade de cursar a Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), em uma das melhores escolas do país.

Em especial ao meu orientador, Professor Dr. Leandro Borges Lemos e ao Professor Dr. Anderson Prates Coelho, pela oportunidade de trabalho, por toda confiança depositada em mim, por sua excelente orientação, e por todos os conhecimentos transmitidos, os quais foram imprescindíveis para a minha formação profissional.

Ao Dr. Juscelio Ramos de Souza, que me incentivou, aconselhou e contribuiu de forma ímpar nesta etapa e também no meu desenvolvimento profissional.

À todas as pessoas que conheci e me auxiliaram durante o mestrado e que não foram citadas.

Muito obrigado!

Sumário

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. A CULTURA DA SOJA.....	3
2.2. FÓSFORO NA ADUBAÇÃO.....	4
2.3. FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA AUMENTADA.....	6
2.4. MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES.....	8
2.5. <i>Pantoea agglomerans</i>	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÃO.....	33
6. REFERÊNCIAS.....	33
APÊNDICES.....	44

FERTILIZANTES FOSFATADOS CONVENCIONAL E COM GRÂNULOS REVESTIDOS E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO NA CULTURA DA SOJA

RESUMO - A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma das principais culturas agrícolas do mundo. A adubação fosfatada desempenha um papel essencial na produtividade da soja, pois o fósforo (P) é fundamental para processos fisiológicos da planta. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de fontes convencionais e revestidas de P, isoladamente e em combinação com bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF), no crescimento, nutrição e o desempenho agrônomo da soja. O experimento foi conduzido a campo durante a safra 2023/2024, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal, SP. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados dispostos em fatorial 5x2, com quatro blocos. Os tratamentos foram constituídos de quatro fontes de P aplicadas no sulco de semeadura da cultura da soja, sendo Fósforo Monoamônico - MAP 17% N e 45% P_2O_5 e Superfósforo Triplo - SFT 41% P_2O_5 e 10% Ca - ambos convencionais e revestidos, uso de inoculante na semente à base de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF), ou seja, 0 (zero) - sem aplicação e com aplicação utilizando 50 gramas do produto comercial Sprinter® por hectare, acrescidos de dois (2) tratamentos: sem a aplicação de P no sulco de semeadura x sem e com o inoculante na semente e com aplicação. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, índice de clorofila, cobertura vegetal, matéria seca da parte aérea, componentes de produção, produtividade de grãos, eficiência agrônoma, teor e acúmulo de P na parte aérea e nos grãos e rendimento de peneiras. A análise estatística foi feita por ANOVA e teste de Tukey (5%). Os tratamentos não influenciaram significativamente a altura de plantas, o índice de clorofila foliar e a cobertura vegetal da soja. Foi realizada a análise multivariada, que apresentou que o uso de fertilizantes fosfatados revestidos e a inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato tendem a se associar mais fortemente às variáveis de produtividade, com destaque para o MAPrCB que proporcionou melhor desempenho agrônomo em relação às demais fontes, para as variáveis de número de grãos e produtividade.

Palavras-chave: Fertilizantes especiais, Inoculante, MAP, Micro-organismos, Nutrição Fosfatada, *Pantoea agglomerans*

CONVENTIONAL AND COATED PHOSPHATE FERTILIZERS AND INOCULATION WITH PHOSPHATE-SOLUBILIZING BACTERIA IN SOYBEAN CULTIVATION

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the most important agricultural crops worldwide. Phosphorus (P) fertilization plays a key role in soybean productivity, as this nutrient is essential for several physiological and metabolic processes. This study aimed to evaluate the effects of conventional and coated P fertilizer sources, applied alone or in combination with phosphate-solubilizing bacteria (PSB), on soybean growth, nutrition, and agronomic performance.

The field experiment was conducted during the 2023/2024 growing season at the Teaching, Research, and Extension Farm of the School of Agricultural and Veterinary Sciences, São Paulo State University (UNESP), in Jaboticabal, Brazil. The soil was classified as a clay-textured **Rhodic Eutruxox** (Latosolo Vermelho eutrófico). A randomized complete block design was used, arranged in a 5 × 2 factorial scheme with four replicates. Treatments consisted of four P sources applied in the sowing furrow—monoammonium phosphate (MAP; 17% N and 45% P₂O₅) and triple superphosphate (TSP; 41% P₂O₅ and 10% Ca), both in conventional and polymer-coated forms—and seed inoculation with PSB at two levels: absence (0) and presence (50 g ha⁻¹ of the commercial product Sprinter®). Additionally, two control treatments without P application in the furrow, with and without inoculation, were included.

The following parameters were assessed: plant height, chlorophyll index, canopy cover, shoot dry matter, yield components, grain yield, agronomic efficiency, P content and accumulation in shoots and grains, and sieve yield distribution. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and treatment means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. Treatments did not significantly affect plant height, chlorophyll index, or canopy cover. Multivariate analysis indicated that coated phosphate fertilizers and inoculation with phosphate-solubilizing bacteria tended to be more strongly associated with yield-related variables. The MAPrCB treatment (coated MAP combined with PSB inoculation) provided the best agronomic performance among all sources, particularly for grain number and yield.

Keywords: enhanced-efficiency fertilizers; inoculant; MAP; microorganisms; phosphorus nutrition; *Pantoea agglomerans*

1. INTRODUÇÃO

Os três maiores produtores globais de soja são Brasil, Estados Unidos e Argentina. A produção nacional na safra 2023/2024 foi de 147 milhões de toneladas, numa área de 46 milhões de hectares, com produtividade média de 3.200 kg por hectare (Conab, 2024). Dentre os fatores essenciais para o desenvolvimento das plantas, destaca-se o manejo adequado da adubação na cultura da soja, onde o fósforo (P) é essencial para o crescimento e produtividade dessa leguminosa (Quaggio et al., 2022a).

Na cultura da soja, o P é o macronutriente menos extraído quando comparado ao nitrogênio e o potássio. Para cada tonelada de grãos produzidos, a cultura extrai, em média, de 80 kg de nitrogênio, 30 kg de potássio e apenas 8 kg de fósforo (Quaggio et al., 2022a). Porém, as leguminosas possuem maiores exigências de P quando comparadas com outras espécies não leguminosas, por serem fixadoras de N e devido a arquitetura do sistema radicular, que explora menos volume de solo (Haling et al., 2016). A exigência de P é explicada pela sua função nas plantas no metabolismo energético, sendo que o processo simbiótico de fixação de N_2 e a formação de nódulos são proporcionalmente afetadas pela disponibilidade adequada desse nutriente as plantas por serem mecanismos exigentes em energia (Makoudi et al., 2018; Sulieman e Tran, 2015).

Em condições tropicais, o P é o nutriente mais limitante da produtividade nas culturas, principalmente devido ao seu baixo teor de P disponível e alta fixação ou adsorção nos solos, associado a baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados que Em algumas situações chega-se a aproveitar ate mais de 40% do nutriente pelas culturas (Quaggio et al., 2022a; Paiva et al., 2022). Visando a redução dos gastos com fertilizantes fosfatados e a elevação de sua eficiência, tem-se empregado o revestimento com polímeros, que permitem uma liberação lenta e gradativa do nutriente. Assim, como alternativa para um manejo mais sustentável, pode-se adotar no sistema de produção o uso de fertilizantes fosfatados com grânulos revestidos com aditivos que altera o fluxo difusivo do fósforo no solo, reduzindo as perdas pelo processo de fixação aos compostos de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Essa tecnologia foi testada em trabalhos de pesquisas em que o uso dos fertilizantes

fosfatados revestidos com polímeros proporcionaram resultados positivos na produtividade da cultura da soja (Zanão Junior et al., 2020; Souza et al., 2014).

Outra tecnologia que vem se destacando nos sistemas de produção é o emprego de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF), que são capazes de aumentar a disponibilidade de P para as plantas (Cruz et al., 2024; Paiva et al., 2022). Os mecanismos da atividade bacteriana no ciclo de P tem sido bastante documentado (Paiva et al., 2024; Ribeiro et al., 2022; Shome et al., 2022).

As bactérias atuam sobre as formas de P no solo, solubilizando a porção inorgânica através da liberação de ácidos orgânicos ou através da mineralização da fração orgânica pela exsudação de enzimas (Sousa et al., 2021). Os microrganismos têm grande importância nos ciclos biogeoquímicos, em particular o do P, por isso, tem sido apontado como tecnologia única ou suplementar aos fertilizantes químicos fosfatados (Hegyi et al., 2021). Destaca-se que o gênero *Bacillus* spp. como um dos principais (Cruz et al., 2024; Paiva et al., 2020 e 2022). Estudos de pesquisa têm sido realizados objetivando avaliar o efeito da adubação fosfatada associada ou não a microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura da soja (Morata, 2024; Silvestrini et al., 2023; Martins Junior e Coelho, 2022; Shome et al., 2022). O uso combinado de BSF, no caso específico quanto a bactéria *Pantoea agglomerans* e a interação com fertilizantes fosfatados convencionais ou revestidos na cultura da soja ainda são incipientes no Brasil.

Sabendo-se que a inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato promove incremento no crescimento vegetativo e na acumulação de massa seca da parte aérea, e o uso de fertilizantes fosfatados de liberação controlada melhora a eficiência de uso do fósforo pelas plantas. A associação dessas duas tecnologias pode promover efeito sinérgico, refletindo positivamente nos componentes de produção e na produtividade de grãos da cultura.

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do uso de bactérias solubilizadoras de fosfato (*Pantoea agglomerans*) e da adubação fosfatada com fontes convencionais e de grânulos revestidos, no crescimento, na nutrição e no desempenho agrônomo da cultura da soja, cultivada no período de primavera-verão durante a safra 2023/2024.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas do mundo, exercendo papel estratégico na segurança alimentar global e na economia agrícola, em virtude de sua ampla utilização na cadeia alimentar e na indústria. O Brasil ocupa posição de destaque nesse cenário, sendo o maior produtor mundial da cultura, com estimativa de produção de 161 milhões de toneladas na safra 2023/2024 (USDA, 2025). Além da elevada produção, o país se consolida como um dos principais exportadores de soja, contribuindo expressivamente para o abastecimento do mercado internacional.

A soja pertence a família Fabaceae, ou seja uma leguminosa que apresenta alto teor de óleo. É uma das culturas oleaginosas mais consumidas e cultivadas globalmente, com destaque para o Brasil e Estados Unidos sendo os principais países produtores (USDA, 2020; Mengistu et al., 2018).

Com o avanço tecnológico, o cultivo de soja tem se expandido por todo o Brasil, impulsionado pelo desenvolvimento de cultivares altamente produtivas, resistentes a diversas doenças e adaptáveis a diferentes regiões (Freitas, 2011). No entanto, o Brasil apresenta solos predominantemente ácidos e de baixa fertilidade, que exigem um manejo adequado da adubação e nutrição para atender às necessidades da cultura de maneira equilibrada, uma vez que grande parte dos nutrientes é aplicada no momento do plantio (Lana et al., 2010).

A introdução de novas cultivares de soja com maior potencial produtivo tem exigido maiores quantidades de nutrientes, uma vez que a produtividade por hectare tem alcançado índices mais elevados, chegando a 5,0 t ha⁻¹ (Seab, 2017). O potencial produtivo de uma lavoura depende amplamente de fatores genéticos, mas também é fortemente influenciado por fatores edáficos e climáticos, que podem limitar o alcance desse potencial. Por esse motivo, a pesquisa sobre diferentes fontes de nutrientes é crucial para o aumento da produtividade dessa cultura (Santos et al., 2012).

A nutrição das plantas é um fator fundamental para alcançar altos níveis de produtividade. Apesar de haver relatos frequentes de áreas com excelentes

rendimentos, a deficiência no fornecimento de nutrientes ocorre com mais frequência do que se pensa (Resende et al., 2018). O fósforo (P) se destaca como um nutriente indispensável para a cultura da soja, desempenhando papéis essenciais, como fonte de energia e na realização de diversos processos celulares. Assim, a pesquisa sobre microrganismos, especialmente bactérias solubilizadoras de fosfato, é considerada vital para aumentar a produtividade sem expandir áreas agrícolas.

2.2. FÓSFORO NA ADUBAÇÃO

O fósforo é um nutriente fundamental para as plantas, estando presente em componentes essenciais como os nucleotídeos, onde desempenha um papel crucial como fonte de energia (ATP). O ATP é um nucleotídeo composto por uma adenosina ligada a três radicais fosfatos conectados em cadeia, sendo responsável pelo transporte primário de energia química nas células. Além disso, o fósforo é um componente essencial das membranas celulares, presente na forma de fosfolipídios (Pantano et al., 2016).

Assim, o elemento fósforo influencia diversos processos fisiológicos, como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células vegetais. Em resumo, o fósforo está diretamente envolvido nos processos que favorecem o crescimento e desenvolvimento das plantas (Li et al., 2017; Lu et al., 2016).

Os fertilizantes fosfatados são majoritariamente obtidos a partir de rochas ígneas ou sedimentares, cuja distribuição geográfica é limitada a determinadas regiões do mundo. Estima-se que cerca de 92% das reservas globais de fosfato concentrem-se em apenas nove países, entre eles Marrocos, China, Egito, Tunísia, Rússia, Argélia, Brasil, África do Sul e Arábia Saudita (U.S. Geological Survey, 2024). O Brasil ocupa a sétima posição em volume total de reservas fosfáticas, com 1.600 Mt, sendo o terceiro colocado no ranking específico de rochas de origem ígnea (Sasabuchi et al., 2023).

Cerca de 90% dos fertilizantes fosfatados são produzidos por processos químicos industriais, refletindo a predominância dessa abordagem na fabricação de insumos agrícolas (Araújo, 2021). Contudo, esse método é responsável pela geração

de resíduos expressivos, apresenta elevado impacto ambiental e depende de reservas finitas de rochas fosfáticas, cujo esgotamento é previsto para as próximas décadas (Araújo, 2021).

Segundo Bissani et al. (2008), a quantidade total de fósforo (P) na maioria dos solos brasileiros varia entre 0,03% e 0,34% (300 a 3400 mg dm⁻³ de P). Em sua quase totalidade, o fósforo está presente na forma sólida, compondo compostos orgânicos e inorgânicos. O fósforo presente na solução do solo é principalmente inorgânico, com concentrações geralmente inferiores a 0,1 mg. L⁻¹. A baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros é atribuída à origem basáltica da maioria deles (Bissani et al., 2008).

Em ambientes com acidez elevada no solo, o fósforo (P) tende a ser removido da solução do solo devido à sua forte adsorção nas superfícies de partículas de argila e nos óxidos de ferro e alumínio. Esse processo envolve a formação de ligações covalentes de alta energia, o que reduz significativamente a disponibilidade do nutriente para as plantas (Resende e Furtini Neto, 2007).

Além dessas limitações, a fixação do fósforo pelo solo constitui um fator restritivo adicional, dificultando a manutenção desse nutriente em formas solúveis e, conseqüentemente, sua absorção eficiente pelas plantas (Yu et al., 2021). Em ambientes de solo ácido, o fósforo tende a ser imobilizado por adsorção nas partículas de argila ou precipitado na forma de compostos insolúveis com alumínio e ferro, enquanto em solos alcalinos sua disponibilidade é reduzida pela formação de precipitados com cálcio e magnésio (Yu et al., 2021).

A absorção de fósforo pela planta ocorre de forma mais intensa nos estádios vegetativos iniciais de seu desenvolvimento, sendo esse um dos macronutrientes mais limitantes para a produtividade agrícola em solos tropicais como é o caso do Brasil (Augusto et al., 2017).

Devido à limitação natural de fósforo nos solos, especialmente nos solos tropicais, é comum a aplicação periódica de fertilizantes fosfatados para compensar a quantidade de fósforo retida e garantir que as culturas agrícolas sejam adequadamente nutridas (Oliveira et al., 2013; Malavolta, 2006). No entanto, para aumentar a eficiência da adubação fosfatada, reduzir os custos de produção e mitigar os problemas ambientais associados, novas alternativas e tecnologias têm sido

constantemente investigadas (Chagas et al., 2010). Uma dessas tecnologias promissoras é o uso de microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP), que atuam na solubilização do fósforo inorgânico e na mineralização do fósforo orgânico, tornando-o prontamente disponível para as plantas (Gomes et al., 2016).

Entre as estratégias para otimizar o aproveitamento dos nutrientes, o uso de microrganismos solubilizadores de fosfato se destaca como uma alternativa promissora, devido ao seu baixo custo, à ausência de impactos ambientais negativos e à possibilidade de complementar a aplicação de fertilizantes minerais (Junior et al., 2022).

2.3. FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA AUMENTADA

Os fertilizantes de eficiência aumentada (FEA) incorporam tecnologias que modulam a liberação de nutrientes ou estabilizam suas transformações no solo, promovendo maior disponibilidade para as plantas (Polidoro, 2016). Tais produtos são elaborados com componentes diferenciados, como revestimentos, aditivos ou agentes químicos específicos, que permitem o fornecimento gradual dos nutrientes ao longo do tempo. Essa liberação controlada visa otimizar a absorção pelos vegetais, ao mesmo tempo em que minimiza perdas por volatilização e lixiviação, elevando a eficiência do uso dos fertilizantes. Como resultado, observa-se não apenas uma maior produtividade, mas também vantagens econômicas e ambientais (Borelli, 2020; Guelfi, 2017).

Os fertilizantes de liberação lenta são desenvolvidos com o propósito de disponibilizar os nutrientes de forma gradual, sendo sua taxa de liberação influenciada por condições ambientais como temperatura, teor de umidade do solo e atividade biológica do meio (Polidoro, 2016). A utilização dessa tecnologia proporciona vantagens agronômicas e econômicas, como a diminuição da necessidade de reaplicações, o que contribui para a redução dos custos com mão de obra ao longo do manejo nutricional (Oliveira e Scivitaro, 2002).

Segundo critérios estabelecidos pelo Comitê Europeu de Normalização, conforme descrito por Trenkel (2010), um produto só pode ser classificado como de liberação lenta se, a uma temperatura de 25 °C, não liberar mais que 15% dos

nutrientes em 24 horas, não ultrapassar 75% em 28 dias e apresentar, no mínimo, 75% de liberação dentro do período especificado pelo fabricante.

A eficiência dos fertilizantes tem sido aprimorada por meio da incorporação de aditivos e revestimentos durante o processo de fabricação. Dentre as estratégias utilizadas, destaca-se a associação de fontes orgânicas e minerais aos fertilizantes fosfatados, com o objetivo de melhorar sua performance agrônômica, além da aplicação de compostos que permitem a liberação lenta ou controlada dos nutrientes (Ribeiro et al., 2021; Benites, 2015; Souza, 2015).

A utilização de fertilizantes fosfatados recobertos por polímeros tem se destacado como uma alternativa eficaz para diminuir a adsorção do fósforo pelos colóides do solo (Figueiredo et al., 2012). Nesse contexto, o material de revestimento atua reduzindo o contato direto entre o nutriente e os óxidos de ferro e alumínio presentes no solo, os quais são responsáveis pela fixação do fósforo, tornando-o menos disponível para as plantas (Gazola et al., 2013).

O fósforo polimerizado tem sido apontado como uma alternativa inovadora para reduzir a adsorção do nutriente pelos colóides do solo (Figueiredo et al., 2012). A combinação de revestimentos com outros nutrientes tem mostrado resultados promissores; por exemplo, o recobrimento de grânulos de fertilizantes fosfatados com polímeros e magnésio (Mg) constitui uma tecnologia capaz de aumentar a eficiência do fósforo e, simultaneamente, atenuar deficiências de magnésio no solo (Guelfi, 2018). Os aditivos presentes nos fertilizantes fosfatados influenciam a dinâmica de liberação e o fluxo difusivo do fósforo, retardando sua fixação imediata no solo e garantindo maior disponibilidade do nutriente para as plantas ao longo do ciclo de cultivo (Bonissoni, 2018).

Paralelamente, surgem os chamados fertilizantes inteligentes, desenvolvidos a partir da inclusão de microrganismos benéficos (biofertilizantes), nanomateriais (nanofertilizantes) e formulações baseadas em enzimas ou bactérias específicas (Calabi-Floody et al., 2018). Essas inovações não apenas visam aumentar a eficiência na disponibilização de nutrientes, mas também promover práticas agrícolas mais sustentáveis e com menor impacto ambiental.

Os fertilizantes fosfatados com maior eficiência de uso constituem uma importante inovação no manejo da fertilidade do solo para diferentes culturas. No

entanto, sua efetividade pode ser influenciada por fatores como as propriedades físico-químicas do solo e as práticas agrícolas adotadas em cada região. Nesse sentido, investigações científicas contínuas são fundamentais para aprofundar o conhecimento sobre essas interações e propor recomendações técnicas que favoreçam a adoção adequada desses insumos em distintos sistemas produtivos (Silva, 2024).

2.4. MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) têm sido amplamente investigadas devido à sua capacidade de atuar por meio de diversos mecanismos que favorecem o desenvolvimento das plantas. Esses microrganismos podem formar biofilmes, realizar a fixação biológica de nitrogênio, produzir fitohormônios, entre outras funções benéficas (Ansari et al., 2019). Além de impulsionar o crescimento vegetal, as BPC também desempenham um papel importante na solubilização de fosfatos no solo, tornando esse nutriente mais disponível para as plantas (Ferreira et al., 2019).

Essas bactérias não se limitam à solubilização de fosfato de cálcio, que é mais comum em solos alcalinos, mas também são capazes de solubilizar fosfatos de ferro, alumínio, manganês e outros em solos ácidos, ampliando a disponibilidade de fósforo para as plantas (Chagas Jr et al., 2010; Vessey, 2003; Gyaneshwar et al., 2002). No Brasil somente os Latossolos e Argissolos ocupam cerca de 58% da área. Esses solos são, em geral, profundos, altamente intemperizados, ácidos e com baixa fertilidade natural, frequentemente apresentando altos teores de saturação por alumínio (Santos et al., 2018).

A inoculação com esses microrganismos ou a manipulação de suas populações no solo tem sido cada vez mais adotada para reduzir o uso de fertilizantes fosfatados. No entanto, a eficiência dessa tecnologia depende de condições edafoclimáticas específicas, como teores elevados de fósforo fixado no solo, disponibilidade de matéria orgânica, tipo de fonte fosfatada utilizada, e interação com a microbiota nativa. Isso ocorre porque seus mecanismos de solubilização aumentam a disponibilidade dos fosfatos naturais ou residuais presentes no solo, favorecendo o crescimento das

plantas, além de contribuir para o equilíbrio da microbiota do solo e elevar a produtividade agrícola (Junior et al., 2022; Martins et al., 2022; Sousa et al., 2021).

Outros benefícios que podem ser citados com o uso de bactérias solubilizadoras de fosfato são a contribuição na decomposição de matéria orgânica, a produção de metabólitos secundários de interesse comercial e a promoção do crescimento vegetal, por meio da síntese de sideróforos e ácido indol-3-acético. Além disso, essas bactérias têm sido amplamente empregadas no biocontrole de patógenos fúngicos presentes no solo (Martins et al., 2022).

A solubilização do fósforo ocorre devido à liberação de ácidos orgânicos por essas bactérias, o que reduz o pH do meio. Essa acidificação possibilita a dissolução do fósforo anteriormente retido em formas indisponíveis, tornando-o acessível para a absorção pelas raízes das plantas, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento (Junior et al., 2022).

A maioria dos microrganismos pode solubilizar complexos de fosfato de cálcio e apenas alguns podem solubilizar fosfato de alumínio ou ferro (Guang-Can et al., 2008). Dentro das BSF estão os gêneros *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia* e *Rhizobium*, entre outros (Kaur e Reddy, 2015; Aguado-Santacruz, 2012; Paredes e Espinosa, 2010).

Uma forma de solubilização é por meio de sideróforos, os quais são moléculas orgânicas com baixa massa molecular, capazes de formar ligações estáveis com o ferro (Fe) existente no solo. Desta forma, o Fe é solubilizado e disponibilizado para as plantas e ainda, ocorre inibição de fitopatógenos no solo, sendo que o Fe está sendo imobilizado quimicamente pela molécula (Radzki et al., 2013).

Existem no mercado alguns produtos comerciais contendo bactérias solubilizadoras, como *Bacillus megaterium* CNPMS B119 (BRM033112), *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 (BRM034840) e *Pseudomonas fluorescens* (CCTB03). No entanto, é necessário continuar investigando outras bactérias e metodologias para aprimorar a aplicação de microrganismos como solubilizadores na cultura da soja.

Em experimentos realizados na cultura da soja com o uso de bactérias solubilizantes de fosfato, onde foram avaliadas a coinoculação de bactérias como *Bradyrhizobium japonicum*, *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis* em diferentes doses de fósforo, o autor indicou que obteve uma relação positiva entre a

presença dessas bactérias e os níveis de fósforo nas folhas, além de maior massa seca das raízes (Vey, 2023).

Buono e Ulla (2016) investigaram os efeitos benéficos de bactérias nas culturas de tabaco e pimenta, observando que *Pseudomonas* sp. e *Bacillus amyloliquefaciens* aumentaram a massa seca de pimenta, enquanto no tabaco esse efeito foi alcançado com *B. amyloliquefaciens*. Além disso, *Pseudomonas* sp. estimulou o comprimento das raízes e o conteúdo foliar de fósforo em ambas as culturas. *Bacillus megaterium* tem se destacado como um potencial fixador de nitrogênio, conforme apontado por alguns autores (Yousuf et al., 2017).

Pesquisas também indicam que esta bactéria é eficaz na inibição da penetração e desenvolvimento de nematoides do cisto da soja (*Heterodera glycines*), favorecendo a expressão de genes de defesa na cultura da soja (Zhou et al., 2017). Adicionalmente, a utilização de *Bacillus megaterium* tem demonstrado benefícios no crescimento de plantas de soja sob condições de estresse salino (Khan et al., 2019).

2.5. *Pantoea agglomerans*

No final da década de 1980, estudos de biologia molecular levaram à reavaliação taxonômica de bactérias então classificadas como *Erwinia herbicola* e *Enterobacter agglomerans*. Com base em análises de similaridade entre sequências de DNA, Gavini et al. (1989) propuseram a criação do gênero *Pantoea*, englobando novas espécies, como *Pantoea agglomerans* e *Pantoea dispersa*. A partir dessa revisão, algumas estirpes anteriormente atribuídas a *Erwinia herbicola* foram redistribuídas entre essas duas espécies do novo gênero.

Pantoea agglomerans é uma bactéria aeróbica de vida livre, gram-negativa, que possui a capacidade de fixar nitrogênio utilizando três sistemas diferentes de fixação de nitrogênio, mesmo em condições de total ausência de oxigênio, o que normalmente inativa a enzima nitrogenase. No entanto, durante o crescimento de *P. agglomerans*, a taxa de transferência de oxigênio para as células é reduzida pelo aumento das concentrações de alginato. Esse fenômeno resulta em uma baixa concentração de oxigênio intracelular, necessária para manter a atividade da enzima nitrogenase (Billah et al., 2019).

Pantoea compreende várias espécies que demonstraram grande versatilidade ambiental e adaptabilidade, e possuem uma variedade de capacidades biodegradativas (Kim et al., 1997; Son et al., 2006). Diversos estudos demonstraram que *Pantoea* possui genes envolvidos na expressão do fenótipo de solubilização de fosfato (Son et al., 2006; Andreeva et al., 2011). Esta bactéria é responsável por promover de maneira eficiente o crescimento das plantas, para isso, destacam-se a capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico, produção de fitohormônios, degradação de fitato, solubilização de fosfato (tornando o fósforo do solo biodisponível), solubilização de amônia, efeitos antagonistas contra vários fitopatógenos (como bactérias e fungos) por meio da produção de antibióticos, mecanismos de competição e indução de resistência nas plantas (Zakria et al., 2008; Feng et al., 2006).

Essa ampla gama de funções confere ao gênero *Pantoea* um grande potencial para aplicações na agricultura. Além disso, essas bactérias têm demonstrado eficácia no controle de diversos patógenos vegetais (Plaza et al., 2004), bem como na indução de resistência sistêmica em plantas colonizadas (Jeun et al., 2004). No entanto, é importante considerar que a espécie *P. agglomerans* também pode atuar como agente fitopatogênico (Hinton; Bacon, 1995), o que requer cautela quanto à sua aplicação em condições de campo.

Segundo Saadouli et al. (2021) a inoculação de *P. agglomerans* demonstrou ser uma abordagem eficaz para aumentar o teor de fósforo disponível no solo. O aumento de fósforo disponível após a adição de *P. agglomerans* pode ter resultado de uma combinação de mecanismos. A análise do sobrenadante do crescimento de *P. agglomerans* revelou a produção de ácido glucônico, diretamente implicado na queda do pH e no aumento de fósforo disponível. A presença de ácidos orgânicos no sobrenadante sugeriu que a solubilização do fosfato por *P. agglomerans* ocorre por meio da produção de ácidos orgânicos.

Esses achados apoiam a hipótese de que a atividade solubilizadora de fosfato de *P. agglomerans* está relacionada à produção de ácido glucônico. Billah et al. (2019) também indicaram que a atividade de solubilização de fósforo parece estar diretamente correlacionada à produção de ácido glucônico no espaço periplasmático de bactérias gram-negativas.

As bactérias solubilizadoras, incluindo espécies como *Pseudomonas putida* e *Pantoea agglomerans*, produzem ácidos orgânicos, incluindo o ácido glucônico, que ajudam a liberar o fósforo ligado a minerais insolúveis, tornando-o disponível para as plantas. A produção de ácido glucônico ocorre na região periplasmática, facilitando a oxidação de glicose e, assim, promovendo a acidificação local e a solubilização do fosfato inorgânico. Essa atividade é fundamental no processo de solubilização de fósforo, especialmente em solos ácidos, onde a presença de ácido glucônico aumenta a capacidade das bactérias de liberar fosfatos adsorvidos ou incorporados em minerais, contribuindo para melhorar a disponibilidade de fósforo às plantas (Mauboussin et al., 2009; El-Tarabily et al., 2008).

Apesar do elevado potencial das bactérias endofíticas, com ênfase em *P. agglomerans*, o conhecimento sobre sua aplicação prática ainda é limitado, especialmente em culturas como a soja. O principal desafio reside no manejo adequado desses microrganismos benéficos em condições de campo, considerando a complexidade das interações com o ambiente e com as plantas hospedeiras. Para que essas associações sejam exploradas de forma eficiente, é essencial o aprofundamento das investigações para desenvolver estratégias que favoreçam uma relação planta-microrganismo mais eficaz, promovendo uma agricultura mais sustentável, produtiva e economicamente viável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em nível de campo durante as estações de primavera e verão dos anos de 2023 e 2024, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada no município de Jaboticabal, no Norte do Estado de São Paulo, Brasil.

O local do experimento apresenta altitude média de 545 metros, sendo próximo as coordenadas de latitude 21° 14' 59" S e longitude 48° 17' 16" W. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa durante o verão e estação seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 22 °C e precipitação anual média de 1.425

mm (Alvares et al., 2013).

As precipitações e as temperaturas (máximas, mínimas e média) foram mensuradas durante a condução do experimento e estão apresentadas na Figura 1 e no Apêndice (Tabela 1A).

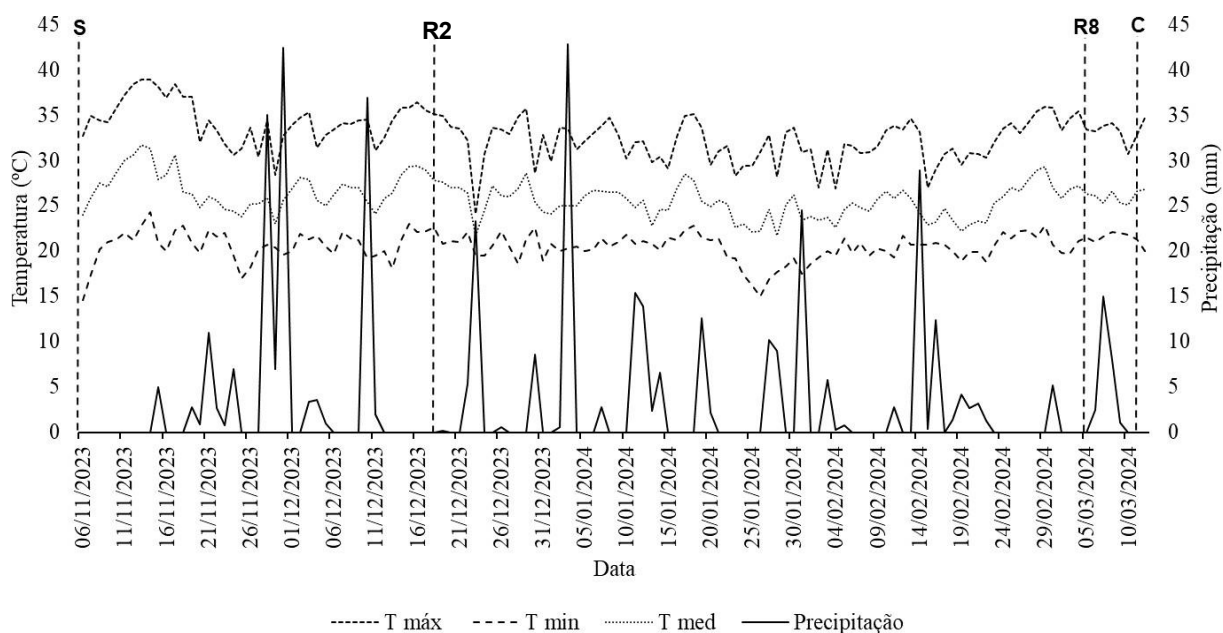


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), referente ao período de condução do experimento no campo; S = semeadura (06/11/2023), R2 = Florescimento pleno (18/12/2023), R8 = maturação fisiológica (05/03/2024) e C = colheita (12/03/2024).

Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo.

Durante o período experimental, compreendido entre 6 de novembro de 2023 e 10 de março de 2024, as temperaturas médias ficaram entre 25 °C e 26,8 °C. A precipitação foi irregular, com os maiores volumes em novembro (114,6 mm), dezembro (85 mm) e janeiro (143 mm), diminuindo em fevereiro (64,2 mm) e início de março (5,2 mm) as temperaturas máximas variaram em torno de 30 °C, com picos acima de 35 °C em alguns dias, enquanto que as temperaturas mínimas oscilaram entre 5 °C e 20 °C, com os menores valores observados no final de janeiro de 2024.

O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Santos et al., 2018) de textura argilosa, apresentando 571 g kg⁻¹ de argila, 249 g kg⁻¹ de silte e 180 g kg⁻¹ de areia. Antecedendo ao preparo de solo, foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 - 20 cm, para a realização da análise química do

solo, objetivando a verificação da necessidade ou não de calagem, adubação de base e definição da dose de P_2O_5 a ser utilizada no experimento, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm da área experimental antes da semeadura da cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2023¹.

pH	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl ₂	mmolc dm ⁻³							%
5,8	27	0	7,4	34	15	57,0	84,5	67
MO	Presina	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
g dm ⁻³	mg dm ⁻³							
19	62	6	0,43	0,9	11	34,2	2,8	

¹ **Fonte:** Athenas Consultoria Agrícola e Laboratório - Jaboticabal, São Paulo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 5 x 2, com quatro blocos. Os tratamentos foram constituídos de quatro fontes de P aplicadas no sulco de semeadura (Fosfato Monoamônico - MAP 17% N e 45% P_2O_5 e Superfosfato Triplo - SFT 41% P_2O_5 e 10% Ca - ambos convencional e revestido), uso de inoculante na semente a base de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF), ou seja, 0 (zero) - sem aplicação e com aplicação utilizando 50 gramas do produto comercial Sprinter® por hectare, acrescidos de dois (2) tratamentos: sem a aplicação de P no sulco de semeadura x sem e com o inoculante na semente. Portanto, o experimento teve 10 tratamentos e 40 parcelas experimentais (Tabela 2).

A área experimental apresentava histórico de cultivo de braquiária (*Urochloa ruziziensis*), arroz (primavera-verão) e feijão-comum (outono-inverno), sendo que antes da instalação do experimento encontrava-se em pousio com restos culturais de milho (cultivar ADR - 300).

O preparo do solo foi feito com uso de escarificação, aração e gradagem visando a eliminação de camadas compactadas, de torrões e o nivelamento do solo.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizando fontes de P (MAP e SFT - convencional e revestido) associados ou não com BSF (Sprinter® - sem e com aplicação na semente na dose de 50 g por hectare) na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2023.

Tratamentos (T)	Fontes de P	BSF
T1 - SF x SB	ausência de fertilizante P	sem
T2 - SF x CB	ausência de fertilizante P	com
T3 - MAPc x SB	MAP convencional	sem
T4 - MAPc x CB	MAP convencional	com
T5 - MAPr x SB	MAP revestido	sem
T6 - MAPr x CB	MAP revestido	com
T7 - SFTc x SB	SFT convencional	sem
T8 - SFTc x CB	SFT convencional	com
T9 - SFTTr x SB	SFT revestido	sem
T10 - SFTTr x CB	SFT revestido	com

A dose de fósforo utilizada foi de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo definida levando em consideração o teor de fósforo no solo da área experimental, valor de 62 mg dm⁻³ (Tabela 1), e a produtividade esperada entre 4,0 a 5,0 t ha⁻¹, de acordo com as recomendações de Quaggio et al. (2022a). O inoculante utilizado foi o produto comercial Sprinter®, que contém as BSF *Pantoea agglomerans* cepa ESALQ 33.1. A inoculação foi realizada no dia 05 de novembro de 2023 (1 dia antes da semeadura da soja). A parcela experimental foi constituída de 5 linhas com 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m, sendo considerada como área útil as 3 linhas centrais.

A semeadura da cultura da soja foi realizada de forma manual em 06 de novembro de 2023, no espaçamento de 0,50 m, usando 12 sementes por metro. No estágio de maturação plena (R8), foi avaliado a população final de plantas por meio da contagem das plantas nas três linhas centrais, obtendo o valor médio de 220 mil plantas por hectare.

Os fertilizantes fosfatados e as sementes de soja foram colocados nos sulcos de semeadura de forma manual. Primeiramente foi colocado no sulco de semeadura os fertilizantes fosfatados com leve incorporação com “sacho”, e imediatamente foi

realizada a semeadura manual.

A cultivar de soja utilizada foi a Monsoy 6620 i2x, recomendada para a região de Jaboticabal, de hábito de crescimento indeterminado, com período ótimo de semeadura entre 20 de outubro à 20 de novembro, de ciclo precoce (109 a 114 dias), excelente sanidade foliar e radicular, e resistente ao nematoide *Meloydogine javanica* (Monsoy, 2023). As sementes foram provenientes da empresa “Sementes Jotabasso”, com tratamento de sementes industrial com Fortenza® Elite o qual é uma combinação de inseticidas e fungicidas (Ciantraniliprole, Abamectina, Tiametoxam, Azoxistrobina, Tiabendazol e Fludioxonil) e o inoculante líquido Novozymes Optimize® com *Bradyrhizobium japonicum*.

Na adubação de base somente foram utilizados os fertilizantes fosfatados na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Devido ao solo apresentar teor muito alto de potássio (K), valor de 7,3 mmolc dm⁻³ (Tabela 1), não foi realizada adubação potássica, pois o excesso desse nutriente, causa diminuição da absorção de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), conforme relatado por Mattos Junior et al. (2022a). Em razão do histórico da área experimental apresentar o cultivo de gramíneas e a ausência da soja por muitos anos, bem como o teor de enxofre (S) no solo ter o valor de 6,0 mg dm⁻³ (Tabela 1), foi realizada no dia 04 de dezembro de 2023, a aplicação em cobertura de 30 kg ha⁻¹ de N e 34 kg ha⁻¹ de S, utilizando como fonte sulfato de amônio (Quaggio et al., 2022a), precedida de incorporação ao solo com lâmina de água de 20 mm via irrigação.

A área experimental estava provida com sistema de irrigação do tipo aspersão convencional. Destaca-se também que, durante a condução do experimento houve a necessidade de realizar irrigação suplementar em razão da ocorrência do fenômeno El Niño, caracterizado por períodos com altas temperaturas (ondas de calor) e distribuição irregulares de chuvas (Figura 1 e Apêndice -Tabela 1A).

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual em 21/11/2023 e de herbicida. Os produtos utilizados no manejo fisiológico e nutricional (FN), controle de plantas daninhas (herbicida - H) e fitossanitário (inseticida/acaricida - I/A; fungicida - F), encontram-se descritos na Tabela 3 e no Apêndice (Tabela 2A). Os produtos foram aplicados com pulverizador tratorizado de barra, com exceção ao herbicida Glifosato 72 WG, na dose de 2,5 kg/ha que se utilizou de pulverizador costal manual de 20 litros em jato dirigido.

Tabela 3 - Informações referentes aos produtos utilizados durante a condução da cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2023 e 2024.

Data	Produto Comercial
28/11/23	Tiametoxam, lambda -cialotrina (Engeo Pleno) 0,2lt/ha (I) + KBT Radicel 0,2lt/ha (FN)
01/12/23	1ª aplicação – Glifosato 72 wg (Alamos) 2,5 kg/ha (H) 2ª aplicação - Exion Potencer Ultra 0,5 lt/ha + Exion Max 1,5 lt/ha + Blend 0,2lt/ha (FN)
08/12/23	Lambda cialotrina, clorantraniliprole (Ampligo) 0,1 lt/ha (I)
20/12/23	Abamectina 72 400ml/ha (I/A)
22/12/23	Picoxistrobina, ciproconazol (Approach Prima) 0,75lt/ha (F) + Exion Potencer Ultra 0,250lt/ha (FN)
03/01/24	Clorotalonil (Bravonil) 1,0 lt/ha (F) + Trifloxistrobina, Tebuconazol (Nativo) 0,6lt/ha (F) + Exion Peg ⁺ 1,5 lt/ha + Blend 0,2 lt/ha (FN)
26/01/24	Piraclostrobina, Epoxiconazol 0,5lt/ha (Opera) (F) + Cuprazol 0,5lt/ha + KBT K-bor Dry 1,0kg/ha + Blend 0,2lt/ha (FN)
09/02/24	Tiametoxam, lambda -cialotrina 0,2lt/ha Platinum Neo (I)
19/02/24	Acetamiprido, Bifentrina (Sperto) 0,3lt/ha (I)

Para analisar o crescimento, a nutrição e o desempenho agrônômico da cultura da soja, foram avaliadas as seguintes variáveis:

- **Altura de plantas** - nos estádios fenológicos de início de florescimento (R1), florescimento pleno (R2), granação entre 26% a 50% da cavidade da vagem preenchida pelo grãos (R5.3) e de início de maturação (R7), foram avaliadas em três (03) plantas na linha central de cada parcela experimental a altura das plantas por meio de uma régua graduada.

- **Índice de clorofila foliar** - foi realizado nos mesmos estádios fenológicos das avaliações de altura de plantas, utilizando o clorofilômetro portátil CCM-200 Plus (Opti- Sciences Inc., Hudson, NH, USA), sendo as leituras realizadas nos folíolos completamente expandidos localizados no terço superior em três (03) plantas na linha central de cada parcela experimental. As leituras foram realizadas no período da manhã, entre as 9h e 10h, sombreando o equipamento para evitar interferência da luz solar.

- **Cobertura vegetal** - foram feitas leituras nos estádios fenológicos de início

de florescimento (R1) e florescimento pleno (R2) com o auxílio do aplicativo Canopeo® (Patrignani e Ochsner, 2015); que analisa imagens com base em proporções de cores e índice de excesso de verde, proporcionando a fração de cobertura do solo pelo dossel da cultura. As leituras foram feitas com aparelho celular (*smartphone*) posicionado a 1,50 m acima do solo, no centro da terceira linha da parcela experimental.

- **Matéria seca da parte aérea** - durante o estágio fenológico de florescimento pleno (R2) foram coletadas três (03) plantas ao acaso na área útil de cada parcela experimental e em seguida, as plantas foram lavadas com água destilada e secas em estufa de circulação forçada a 65°C até atingirem massa constante para posterior pesagem.

- **Componentes de produção** - no estágio de maturação fisiológica (R8) foram coletadas dez plantas consecutivas na linha central de cada parcela experimental para a determinação dos componentes de produção: **número de vagens por planta, número de grãos por vagens e massa de cem grãos**. Para ao número de grãos por vagem foi realizado a estratificação em porcentagem de vagens chochas, vagens com 1, 2, 3 e 4 grãos. A massa de cem grãos foi determinada por meio da pesagem de três (03) subamostras de 100 grãos de cada parcela experimental, corrigindo os dados para 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida.

- **Produtividade de grãos** - a colheita foi realizada em 12 de março de 2024, utilizando colhedora automotriz de parcela, por meio de coleta e trilha das plantas contidas nas três linhas da área útil de cada parcela experimental e para obtenção da produtividade, a umidade dos grãos foi padronizada em 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida.

- **Teor de P foliar** - no estágio de florescimento pleno (R2) foram coletados ao acaso na área útil de cada parcela experimental, o terceiro trifólio com pecíolo de cinco (05) plantas, de acordo com metodologia descrita por Quaggio et al. (2022a). As folhas foram lavadas e, posteriormente, colocadas em estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65°C até massa constante. Depois de secas, foram moídas e a determinação do teor de P seguiu o método descrito por Malavolta et al. (1997).

- **Teor e acúmulo de P na parte aérea** - as amostras utilizadas para a determinação da matéria seca da parte aérea foram moídas em moinho tipo Willey e enviadas para laboratório visando a determinação do teor de P (Malavolta et al., 1997).

Por meio da multiplicação entre a matéria seca da parte aérea e o teor de P, obteve o acúmulo de P na parte aérea.

- **Teor e exportação de P nos grãos** - o teor de P nos grãos foi determinado de acordo com Malavolta et al. (1997) e a exportação de P foi calculada em função da multiplicação dos dados de produtividade e dos teores de P nos grãos.

- **Rendimento de peneiras** - após a colheita, os grãos foram armazenados em sacos de papel, em condições ambientais no Laboratório de Agricultura. Os grãos foram classificados em tamanho e formato pela passagem em peneiras de crivos redondos P15 (5,5 mm), P16 (6,0 mm), P17 (6,5 mm) e P18 (7,0 mm), em agitação por um 1 minuto. O percentual de grãos foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total da amostra de cada parcela.

Para a análise univariada os dados foram previamente analisados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias através dos testes de Kolmogorov-Smirnov (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1939) e Levene (Levene, 1960), respectivamente. Após confirmação dos pressupostos estatísticos, os dados foram submetidos ao teste de análise de variância pelo teste F e para comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Agroestat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

Devido à estrutura de dependência das variáveis analisadas, aplicou-se a análise multivariada de componentes principais (Hair Júnior, 2009) para plotar a distribuição das variáveis e tratamentos, em duas dimensões, e agrupar as variáveis em novas variáveis latentes (componentes principais). A análise foi realizada utilizando a média das repetições de cada variável para cada tratamento. Previamente à análise, todas as variáveis foram padronizadas, gerando média nula e variância unitária. O número de componentes principais foi escolhido segundo o critério de Kaiser, utilizando aqueles com autovalores acima de 1,0 (Kaiser, 1958). Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais. Variáveis com pontuação superior a 0,600 foram consideradas relevantes para a explicação dentro de cada componente principal. A seleção das variáveis utilizadas na análise multivariada foi em função de uma matriz de correlação, utilizando-se as variáveis mais correlacionadas entre si, sendo um dos preceitos da multivariada (dependência entre as variáveis).

Para identificar tratamentos com características específicas, foram traçadas elipses abrangendo os valores dos eixos X e Y variando de -1,96 a 1,96. Esses valores referem-se ao valor Z da distribuição normal, em que valores menores que -1,96 e maiores que 1,96 indicam pontos com características específicas ao nível de 5% de significância. Para a elaboração da elipse foram plotadas as distribuições normais nos eixos X e Y, onde o valor Z de -1,96 e 1,96 coincidiu com os mesmos valores dos eixos do gráfico biplot. As análises estatísticas multivariadas foram realizadas no software Statistica®, versão 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à população final de plantas (PPF), observou-se diferença significativa entre as fontes de fertilizantes fosfatados (Tabela 4). O tratamento SF apresentou a maior PPF, com 231.000 plantas ha^{-1} , enquanto o SFTr resultou na menor população, com 200.000 plantas ha^{-1} . Os demais fertilizantes fosfatados (MAPc, MAPr e SFTc) apresentaram valores intermediários, sem diferença estatística significativa entre si. A inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) não influenciou significativamente a população final de plantas. Esses resultados indicam que a escolha da fonte de fósforo pode afetar a emergência e o estabelecimento inicial das plantas de soja, enquanto a inoculação microbiana não teve impacto sobre a densidade populacional final. Na média geral, a população de plantas final foi de 215.900 plantas ha^{-1} , ficando abaixo do que preconizado para a cultivar utilizada (Monsoy 6620 i2x) na época de semeadura adotada (06/11/2023) que é de 240.000 plantas ha^{-1} (Monsoy, 2023).

Para a altura de plantas, foi verificado que não houve efeito dos tratamentos nas quatro (04) épocas de avaliação ou nos diferentes estádios fenológicos da cultura da soja (Tabela 4). A altura de plantas foi crescente atingindo o seu máximo valor no estádio fenológico de início de maturação (R7), obtendo valor médio de 141,47 cm. Destaca-se que, apesar da alta altura das plantas de soja, não foi observado problemas de acamamento das plantas, provavelmente em razão da cultivar Monsoy 6620 i2x apresentar nota de 1,8 (1 = resistente e 9 = suscetível) para essa característica agrônômica (Monsoy, 2023).

Tabela 4. Resultados da população de plantas final (PPF) em plantas.ha⁻¹, altura de plantas (AP) medidas em centímetros (cm) avaliadas nos estágios fenológicos de início de florescimento (R1), florescimento pleno (R2), granação entre 26% a 50% (R5.3) e de início de maturação (R7), em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo – 2024¹.

Tratamentos	PPF (plantas ha)	R1 (cm)	R2 (cm)	R5.3 (cm)	R7 (cm)
Fonte de P₂O₅ (F)					
SF	231.000 a	42,00	60,46	126,50	141,71
MAPc	218.000 ab	41,83	62,67	127,71	143,79
MAPr	216.500 ab	44,04	60,96	126,92	140,08
SFTc	214.000 ab	46,25	63,29	125,92	140,83
SFTr	200.000 b	44,96	63,83	127,92	140,92
DMS	19.268	4,88	5,75	9,62	4,55
Inoculação (IN)					
Sem	215.800	44,18	62,42	126,25	141,22
Com	216.000	43,45	62,07	127,73	141,72
DMS	8.561	2,17	2,55	4,28	2,02
Valor-F					
F	5,62**	2,59 ns	1,12 ns	0,13 ns	1,67 ns
IN	0,01ns	0,48 ns	0,08 ns	0,51 ns	0,26 ns
F x IN	0,51ns	0,32 ns	1,14 ns	0,26 ns	2,50 ns
Média Geral	215.900	43,81	62,24	126,99	141,47
CV (%)	6,11	7,64	6,32	5,19	2,20

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. ** Significativo pelo teste F (p < 0,01).

O índice de clorofila foliar também não foi influenciado pelos tratamentos, sendo crescente do estágio fenológico de início do florescimento (R1) até a granação entre 26% a 50% (R5.3), no qual se obteve na média de 38,85 (Tabela 5). Os valores do índice de clorofila foliar, na média geral, nos estádios fenológicos de florescimento pleno (R2) e de início de maturação (R7) foram semelhantes, obtendo índices de 28,67 e 28,53 respectivamente. Destaca-se que o uso do clorofilômetro portátil proporciona

leituras instantâneas de maneira não destrutiva das folhas, podendo complementar a análise foliar para diagnosticar a nutrição nitrogenada na planta. O nitrogênio é um dos principais elementos da estrutura molecular da clorofila (Taiz et al., 2017), a qual está correlacionada com o teor de N foliar (Wolf e Floss, 2008).

Tabela 5. Resultados do índice de clorofila foliar (ICF) avaliados nos estádios fenológicos de início de florescimento (R1), florescimento pleno (R2), granação entre 26% a 50% (R5.3) e de início de maturação (R7), em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2024¹.

Tratamentos	ICF - R1	ICF - R2	ICF - R5.3	ICF - R7
	-	-	-	-
Fonte de P₂O₅ (F)				
SF	20,42	28,34	36,13	28,48
MAPc	22,13	29,16	37,85	26,80
MAPr	22,62	28,92	39,51	29,51
SFTc	20,52	28,90	40,25	29,32
SFTTr	21,39	28,01	40,49	28,53
DMS	2,22	2,11	6,05	4,85
Inoculação (IN)				
Sem	21,86	28,72	38,25	28,11
Com	20,97	28,62	39,45	28,95
DMS	0,98	0,94	2,69	2,15
Valor-F				
F	3,25*	0,87 ns	1,57 ns	0,83 ns
IN	3,38 ns	0,05 ns	0,85 ns	0,65 ns
F x IN	1,89 ns	0,87 ns	1,83 ns	1,30 ns
Média Geral	21,41	28,67	38,85	28,53
CV (%)	7,11	5,03	10,66	11,63

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. * Significativo pelo teste F (p < 0,05).

A cultura da soja demanda um aporte elevado de N para que ocorra crescimento e produtividade, cerca de 80 kg de N por tonelada de grão produzida (Salvagiotti et al., 2008). Os valores do índice de clorofila foliar encontrados nesse trabalho são semelhantes aos verificados por Yokoyama et al. (2018) em pesquisa realizada em Londrina (PR), durante o ciclo da soja (cultivar BRS 359 RR) em função da densidade de plantas (120, 230, 340 e 380 mil plantas ha⁻¹) e sua relação com a produtividade de grãos.

A cobertura vegetal (COVE) não foi significativamente afetada pelos tratamentos no estágio de início de florescimento (R1). No florescimento pleno (R2), entretanto, algumas fontes de fósforo diferiram estatisticamente, sendo que os tratamentos SFTc e SFTr apresentaram maior cobertura, MAPr apresentou menor valor, enquanto SF e MAPc exibiram valores intermediários (Tabela 6). De maneira geral, a cobertura vegetal aumentou de 77,95% em R1 para 95,16% em R2, representando incremento de 17,21% na cobertura vegetal das plantas de soja em sete (07) dias.

Tabela 6. Resultados de cobertura vegetal (COVE) avaliadas nos estádios fenológicos de início de florescimento (R1), florescimento pleno (R2) e de massa seca da parte aérea (MSPA), em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2024¹.

Tratamentos	COVE - R1	COVE - R2	MSPA
	----- (%)-----	-----	(g planta ⁻¹)
Fonte de P₂O₅ (F)			
SF	77,35	95,18 ab	10,54 bc
MAPc	78,96	95,42 ab	14,43 a
MAPr	74,25	93,31 b	12,40 abc
SFTc	77,11	96,39 a	9,99 c
SFTr	82,09	95,51 a	12,99 ab
DMS	9,05	2,75	2,79
Inoculação (IN)			
Sem	78,51	95,56	11,95
Com	77,39	94,75	12,20
DMS	4,02	1,22	1,24
Valor-F			
F	1,71 ns	2,91*	7,19**
IN	0,33 ns	1,85 ns	0,18 ns
F x IN	0,39 ns	1,78 ns	3,23 *
Média Geral	77,95	95,16	12,07
CV (%)	7,96	1,98	15,84

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. * Significativo pelo teste F (p < 0,05). ** Significativo pelo teste F (p < 0,01).

Entre as variáveis relacionadas ao crescimento da soja — altura de plantas,

índice de clorofila foliar e cobertura vegetal — apenas a massa seca da parte aérea (MSPA) foi significativamente influenciada pelos tratamentos. O maior valor de MSPA foi observado no tratamento MAPc, com 14,43 g planta⁻¹, enquanto que o SFT-c apresentou o menor valor com 9,99 g planta⁻¹ (Tabela 6). Para o desdobramento da interação entre fontes de fertilizantes fosfatados e inoculação com BSF, a única diferente entre a inoculação foi para a fonte SFTr, onde o manejo SB apresentou MSPA superior ao manejo CB (Tabela 7). Dentro o manejo SB, os maiores valores de MSPA foram obtidos para as fontes MAPc e SFTr, diferindo do manejo SF e SFTc. No manejo CB, o MAPc apresentou MSPA superior ao SFTc. A maior MSPA do MAPc e SFTr comparado ao SFTc no manejo SB pode ser explicada pelo revestimento do SFT, evitando a fixação do P do fertilizante na fração argila do solo, e pelo fornecimento de N pelo MAP.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre fontes de P₂O₅ e inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) para a massa seca da parte aérea (MSPA) da soja.

Fonte de P ₂ O ₅	MSPA (g planta ⁻¹)	
	SB	CB
SF	9,31 aB	11,8 aAB
MAPc	13,49 aA	15,37 aA
MAPr	13,15 aAB	11,65 aAB
SFTc	9,22 aB	10,77 aB
SFTr	14,55 aA	11,43 bAB

SF: sem fertilizante; MAPc: monoamônio fosfato convencional; MAPr: monoamônio fosfato revestido; SFTc: superfosfato triplo convencional; SFTr: superfosfato triplo revestido; SB: sem bactéria solubilizadoras de fosfato; CB: com bactéria solubilizadoras de fosfato; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A porcentagem de vagens chochas, com 1, 2, 3 e 4 grãos não foi significativamente influenciada pelas fontes de fósforo, pela inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato, nem pela interação entre esses fatores (Tabela 8). Em termos médios, observou-se baixa ocorrência de vagens chochas (1,33%), enquanto a maioria das vagens apresentou dois grãos (38,36%) ou três grãos (43,56%), e a presença de algumas vagens com 4 grãos (0,39%), refletindo bom desempenho produtivo da cultura.

Tabela 8. Resultados de porcentagem de vagens chochas, com 1, 2, 3 e 4 grãos, em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2024¹.

Tratamentos	Chochas	1 grão	2 grãos	3 grãos	4 grãos
----- (%)-----					
Fonte de P₂O₅ (F)					
SF	1,81	16,80	39,13	41,82	0,42
MAPc	1,01	16,00	40,19	42,50	0,28
MAPr	1,46	15,62	37,76	44,80	0,34
SFTc	1,33	18,51	38,37	41,38	0,41
SFTTr	1,01	14,86	36,34	47,28	0,49
DMS	1,13	4,55	4,45	6,27	0,42
Inoculação (IN)					
Sem	1,16	15,76	38,83	43,87	0,37
Com	1,49	16,96	37,89	43,24	0,40
DMS	0,50	2,02	1,97	2,79	0,19
Valor-F					
F	1,50 ns	1,59 ns	1,80 ns	2,63 ns	0,63 ns
IN	1,94 ns	1,48 ns	0,94 ns	0,22 ns	0,08 ns
F x IN	1,16 ns	0,56 ns	0,59 ns	0,61 ns	2,54 ns
Média Geral	1,33	16,35	38,36	43,56	0,39
CV (%)	58,21	19,05	7,95	9,87	73,87

¹ns Não significativo pelo teste F.

Observou-se efeito significativo das fontes de fósforo sobre o número de vagens por planta (NVP) e o número de grãos por planta (NGP) (Tabela 9). O fertilizante MAPr proporcionou os maiores valores médios, com 81,65 vagens e 185,52 grãos por planta, diferindo estatisticamente das fontes SF e SFTTr. Por outro lado, o número de grãos por vagem (NGV), a massa de cem grãos (MCG) e a produtividade de grãos (PG) não foram influenciados pelos tratamentos.

A inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato, isoladamente ou em interação com as fontes de P, não exerceu influência significativa sobre nenhuma das

variáveis analisadas. Ressalta-se que, mesmo sem diferenças estatísticas para a produtividade de grãos, os resultados indicam tendência de maior contribuição do MAPr para componentes de produção como NVP e NGP, o que pode estar associado à sua eficiência na disponibilização de fósforo para a cultura da soja.

Tabela 9. Resultados de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagens (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG), em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2024¹.

Tratamentos	NVP	NGP	NGV	MCG	PG
	-	-	-	g	kg ha ⁻¹
Fonte de P₂O₅ (F)					
SF	63,82 b	141,66 b	2,26	18,87	5.209,50
MAPc	66,44 ab	149,49 ab	2,27	18,78	5.236,84
MAPr	81,65 a	185,52 a	2,30	18,31	5.504,84
SFTc	65,06 ab	143,82 b	2,24	18,64	5.563,74
SFTTr	63,81 b	147,54 ab	2,34	18,63	5.374,44
DMS	17,04	38,31	0,10	1,09	629,89
Inoculação (IN)					
Sem	68,53	155,31	2,29	18,66	5.405,17
Com	67,78	151,90	2,27	18,64	5.350,57
DMS	7,57	17,02	0,04	0,48	276,79
Valor-F					
F	3,41*	3,81*	2,29 ns	0,66 ns	1,14 ns
IN	0,04 ns	0,17 ns	0,69 ns	0,01 ns	0,17 ns
F x IN	0,68 ns	0,71 ns	0,89 ns	0,61 ns	0,63 ns
Média Geral	68,15	153,61	2,28	18,65	5.377,87
CV (%)	17,12	17,08	3,08	4,02	6,70

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. ** Significativo pelo teste F (p < 0,05).

A massa de cem grãos (MCG) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, com média geral de 18,65 g (Tabela 9). No entanto, destaca-se que apenas o tratamento SFTc com inoculação apresentou valor acima de 18 g, embora com NVP e NGP inferiores à média geral, porém não houve diferença estatística. O inverso ocorreu no tratamento MAPr com inoculação, que registrou a menor MCG (18,31 g) associada a elevados valores de NVP e NGP. Esse resultado pode ser

explicado pelo mecanismo de ajuste no equilíbrio fonte-dreno, em que o aumento no número de vagens e de grãos por planta reduz a quantidade de fotoassimilados destinados a cada grão. Assim, plantas com maior carga reprodutiva tendem a apresentar menor massa individual de grãos.

Resultados semelhantes quanto ao número médio de vagens por planta também foram relatados por outros estudos. Htwe et al. (2018), ao investigarem a coinoculação na soja em relação ao número médio de vagens, não verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos avaliados. Da mesma forma, Adamcheski et al. (2019), ao examinarem a inoculação com distintos microrganismos, não identificaram variações relevantes nesse parâmetro.

Para a produtividade de grãos (Tabela 9), não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste F ($p > 0,05$). Os valores variaram de 5.209,50 kg ha⁻¹ (SF) a 5.563,74 kg ha⁻¹ (SFTc), resultando em uma diferença de apenas 354,24 kg ha⁻¹, equivalente a 5,9 sacas ha⁻¹. A média geral foi de 5.377,87 kg ha⁻¹, o que corresponde a 89,6 sacas ha⁻¹.

As maiores produtividades de grãos foram observadas para SFT convencional e MAP revestido com valores de 5.563 e 5.504 kg ha⁻¹, respectivamente. Pode-se levantar a hipótese de que o SFT por apresentar cálcio na composição química, tenha favorecido para não acidificação do solo próximo a rizosfera (região onde o solo e as raízes das plantas entram em contato), colaborando para o desenvolvimento das bactérias solubilizadoras de fosfato. Com relação ao MAP, por apresentar na composição química nitrogênio, pode levar a acidificação do solo próximo a rizosfera, porém o efeito pode ter sido menor ou amenizado em razão de ser de grânulos revestidos e portanto, de liberação mais lenta, merecendo a realização de novas pesquisas.

O coeficiente de variação (CV) foi de 6,70%, considerado baixo, evidenciando boa precisão experimental. A Diferença Mínima Significativa (DMS) foi de 629,89 kg ha⁻¹ (10,5 sacas ha⁻¹), superior à diferença máxima observada entre tratamentos (276,79 kg ha⁻¹ ou 4,6 sacas ha⁻¹), explicando a ausência de significância estatística. Esses resultados sugerem que, independentemente da fonte de fósforo ou da associação com bactérias solubilizadoras, a produtividade de grãos foi estável, provavelmente em função da elevada fertilidade do solo experimental, com teor de P

disponível de 62 mg dm^{-3} (Tabela 1).

Comparativamente, a produtividade média obtida no experimento ($5.377,9 \text{ kg ha}^{-1}$) superou amplamente as médias reportadas pela Conab (2024) para a safra 2023/24, de 3.200 kg ha^{-1} no Brasil e 2.800 kg ha^{-1} no estado de São Paulo. Esses resultados podem ser explicados por fatores favoráveis, como a adoção de irrigação suplementar, o uso de boas práticas de manejo agrônomo e a escolha da cultivar.

O ano agrícola 2023/2024 foi caracterizado pela presença do fenômeno El Niño de forte intensidade, ou seja, períodos com altas temperaturas (ondas de calor) e distribuição irregulares de chuvas. Como relatado (item Material e Métodos), foi utilizado o fornecimento de água de forma suplementar por meio de irrigação. Ao longo do ciclo da cultura da soja, houve precipitação acumulada (chuvas) de 341 mm de água (Figura 1 e Apêndice - Tabela 1A), sendo necessário a intervenção com irrigação por 20 vezes, fornecendo 300 mm de água, o que promoveu uma lâmina de água total de 641 mm . A cultura da soja necessita de 450 a 800 mm de água/ciclo, bem distribuídos ao longo do ciclo, sendo que na fase crítica que vai do início da floração (R1) até a presença de vagens com grãos bem formados (R6), situa-se entre 7 a 8 mm por dia (Farias et al., 2007).

Merece também destaque o uso de outras boas práticas agrônômicas como a escolha da cultivar, época de semeadura, manejo com produtos de ação fisiológica e nutricional, controle de plantas daninhas e fitossanitário (ver item Material e Métodos, na Tabela 3 e no Apêndice - Tabela 2A), associado a fertilidade do solo (Tabela 1), com baixa acidez, média saturação por bases, teores altos para P, Ca e Mg, teor muito alto para K, teores médios de S, B e Fe, teores altos de Cu, Mn e Zn (Quaggio e Raij, 2022; Quaggio et al., 2022b; Mattos Junior et al., 2022a,b; Boaretto et al., 2022).

Outro aspecto importante a relatar refere-se ao ciclo da cultura da soja que foi de 113 dias (ciclo = dias entre à emergência de plântulas - 13 de novembro de 2023, e a maturação fisiológica - 05 de março de 2024), ficando dentro da descrição da cultivar utilizada, Monsoy 6620 i2x, que é de 109 a 114 dias para a região de Jaboticabal (Monsoy, 2023).

Com relação as variáveis nutricionais, verificou-se efeito significativo apenas para o teor de fósforo nos grãos, com diferenças para os fatores isolados e para a interação entre fonte de fósforo e inoculação com BSF (Tabela 10). Para as fontes de P, o controle

SF apresentou TPG superior ao MAPr e SFTc. Quanto a inoculação com BSF, o manejo SB apresentou TPG superior ao manejo CB. No geral, essa variável apresentou tendência de diluição com a produtividade de grãos, ou seja, quanto maior a produtividade de grãos, menor o teor de fósforo nos grãos. Os valores encontrados para o teor de fósforo foliar e exportação de fósforo pelos grãos, estão dentro da faixa adequada para a cultura da soja, que é de 2,5 - 5,0 g kg⁻¹ na folha e 10,0 kg t⁻¹ de grãos produzidos, preconizados por Quaggio et al. (2022a). Quanto ao teor de fósforo na planta e acúmulo de fósforo na parte aérea, na média geral, os valores foram de 2,87 g kg⁻¹ e 34,69 kg ha⁻¹, respectivamente. Destaca-se também que as variáveis acúmulo de fósforo na parte aérea e exportação de fósforo pelos grãos, apresentaram altas Diferenças Mínimas Significativas (DMS), com valores de 25,11 e 6,21 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 10. Resultados de teor de fósforo na planta (TPP), teor de fósforo foliar (TPF), teor de fósforo nos grãos (TPG), acúmulo de fósforo na parte aérea (APPA) e exportação de fósforo pelos grãos (EXP P), em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2024¹.

Tratamentos	TPP -----g kg ⁻¹ -----	TPF	TPG g kg ⁻¹	APPA -----kg ha ⁻¹ -----	EXP P
Fonte de P₂O₅ (F)					
SF	3,17	3,20	5,43 a	33,39	29,68
MAPc	2,60	3,05	5,33 ab	37,66	28,38
MAPr	2,80	3,18	4,98 b	35,04	26,37
SFTc	2,63	3,08	5,05 b	26,28	27,02
SFTTr	3,17	3,07	5,18 ab	41,08	27,56
DMS	0,70	0,31	0,37	14,97	3,70
Inoculação (IN)					
Sem	2,88	3,15	5,29 a	34,38	28,43
Com	2,87	3,08	5,10 b	34,99	27,17
DMS	0,31	0,14	0,16	6,58	1,63
Valor-F					
F	2,86 ns	0,93 ns	4,64**	2,49 ns	2,19ns
IN	0,01 ns	1,29 ns	6,11*	0,04 ns	2,66ns
F x IN	0,30 ns	2,00 ns	5,40**	0,91 ns	2,64ns
Média Geral	2,87	3,12	5,20	34,69	27,80
CV (%)	14,03	5,68	4,12	24,73	7,63

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. * Significativo pelo teste F (p < 0,05). ** Significativo pelo teste F (p < 0,01).

No desdobramento da interação entre fontes de P e inoculação com BSF para o TPG, observou-se que apenas o MAPc apresentou diferenças para a inoculação com BSF, com maior valor para o manejo SB (Tabela 11). Para o manejo sem inoculação, a fonte MAPc apresentou TPG superior ao MAPr, SFTc e SFTTr. No manejo com inoculação, o tratamento controle SF apresentou TPG superior ao MAPc e MAPr. Esses resultados podem demonstrar um efeito de diluição ocasionado pela maior PG da soja quando foi aplicado os fertilizantes MAPc e MAPr, visto que o TPG é afetado por efeito de diluição, conforme discutido anteriormente.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre fontes de P_2O_5 e inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) para o teor de fósforo (P) nos grãos (TPG) da soja.

Fonte de P_2O_5	TPG (g kg ⁻¹)	
	SB	CB
SF	5,40 aAB	5,47 aA
MAPc	5,77 aA	4,90 bB
MAPr	5,09 aB	4,87 aB
SFTc	4,97 aB	5,13 aAB
SFTTr	5,23 aB	5,13 aAB

SF: sem fertilizante; MAPc: monoamônio fosfato convencional; MAPr: monoamônio fosfato revestido; SFTc: superfosfato triplo convencional; SFTTr: superfosfato triplo revestido; SB: sem bactéria solubilizadoras de fosfato; CB: com bactéria solubilizadoras de fosfato; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao rendimento de peneiras, também não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 12). Na média geral, observou-se maior retenção de grãos na peneira 17, com valor de 43,59%, seguido pela peneira 18 (20,8%). Esses resultados indicam boa uniformidade no tamanho dos grãos, uma vez que a maior parte ficou concentrada nos crivos de maior calibre (17 e 18). Essa característica pode ter contribuído para a obtenção das altas produtividades de grãos registradas no experimento.

Tabela 12. Resultados de rendimento de peneiras (RP) de crivos 18, 17, 16, 15 e fundo, em função de fontes de fertilizantes fosfatados na ausência e presença de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2024¹.

Tratamentos	RP18	RP17	RP16	RP15	Fundo
----- (%)-----					
Fonte de P ₂ O ₅ (F)					
SF	22,09	43,67	23,86	7,20	3,17
MAPc	20,56	43,99	25,20	7,25	2,99
MAPr	20,90	43,25	25,00	7,60	3,24
SFTc	20,84	43,25	24,82	7,25	3,14
SFTr	19,61	43,05	26,16	8,10	3,07
DMS	4,72	2,54	3,75	1,65	0,82
Inoculação (IN)					
Sem	20,85	43,59	24,94	7,50	3,11
Com	20,75	43,58	25,08	7,46	3,13
DMS	2,09	1,13	1,67	0,73	0,36
Valor-F					
F	0,60 ns	0,47 ns	0,82 ns	0,91 ns	0,23 ns
IN	0,01 ns	0,00 ns	0,03 ns	0,01 ns	0,02 ns
F x IN	0,63 ns	0,02 ns	0,52 ns	0,34 ns	0,09 ns
Média Geral	20,80	43,59	25,01	7,48	3,12
CV (%)	15,55	3,98	10,27	15,14	18,02

¹ns Não significativo pelo teste F.

A análise multivariada evidenciou padrões distintos de associação entre os tratamentos e as variáveis agrônômicas da soja. Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) explicaram aproximadamente 60% da variabilidade dos dados, sendo 34,32% para o CP1 e 25,24% para o CP2 (Figura 2).

No CP1, observou-se que variáveis como vagens com 1 e 2 grãos, RP17 e RP18 se correlacionaram diretamente, enquanto apresentaram correlação inversa com ICF3, RP15, RP16, vagens com 3 grãos, NGV e MSPA. Essa distribuição posicionou o tratamento SFSB com características específicas associadas às variáveis iniciais, indicando menor rendimento em relação às variáveis produtivas, enquanto o tratamento SFTrSB se destacou pela maior relação com ICF3, RP15, RP16, vagens com 3 grãos, NGV e MSPA, evidenciando desempenho superior

nessas características.

No CP2, as variáveis NVP, PG, NGP e ICF mostraram correlação direta entre si, contrastando com AP4, FC2 e MCG. Nesse componente, o tratamento MAPrCB destacou-se com maiores valores de NVP, PG, NGP e ICF4, posicionando-se fora da elipse de -2 a 2 no eixo Y, o que indica características produtivas diferenciadas em relação aos demais tratamentos.

De maneira geral, a ordenação multivariada revelou que os tratamentos com fertilizantes revestidos e inoculação tendem a se associar mais fortemente às variáveis de produtividade, enquanto tratamentos sem fósforo ou com fertilizantes convencionais apresentam desempenho intermediário ou inferior. Esses resultados reforçam a importância da escolha da fonte de fósforo e do uso de microrganismos solubilizadores para maximizar o rendimento da soja.

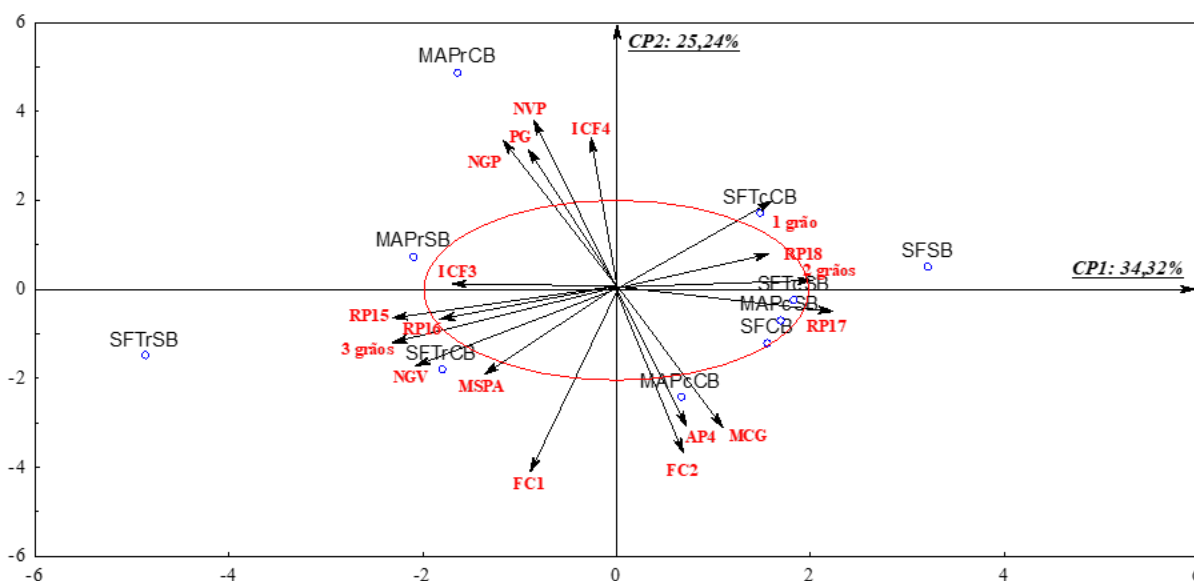


Figura 2. Análise de componentes principais para as variáveis agronômicas da cultura da soja submetida a diferentes fontes de fósforo (MAP e SFT, convencionais (c) e revestidos (r)) associadas (CB) ou não à inoculação com bactérias solubilizadoras de fósforo (SB). T1 = ausência de fertilizante fosfatado sem BSF; T2 = ausência de fertilizante fosfatado com BSF; T3 = MAP convencional sem BSF; T4 = MAP convencional com BSF; T5 = MAP revestido sem BSF; T6 = MAP revestido com BSF; T7 = SFT convencional sem BSF; T8 = SFT convencional com BSF; T9 = SFT revestido sem BSF; T10 = SFT revestido com BSF. NGP = número de grãos por planta; NVP = número de vagens por planta; FG = fitomassa de grãos; MSPA = massa seca da parte aérea; MCC = massa de cem grãos; AP = altura de plantas; FC1, FC2, ICF3 e ICF4 = componentes principais extraídos da análise.

5. CONCLUSÃO

Por meio da análise univariada pode-se verificar que houve efeito significativo para a interação, das fontes de fertilizantes fosfatados x uso de inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato para as variáveis massa seca da parte aérea e teor de fósforo nos grãos.

Pela análise multivariada foi observado que o uso de fertilizantes fosfatados revestidos e a inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato tendem a se associar mais fortemente às variáveis de produtividade, com destaque para o MAPrCB que proporcionou melhor desempenho agrônômico em relação às demais fontes, para as variáveis de número de grãos e produtividade.

6. REFERÊNCIAS

ADAMCHESKI, R. G. et al. **Effects of soybean inoculation with different microorganisms on morphological and yield components**. In: IV Simpósio de Microbiologia Agrícola da ESALQ, 2019, USP.

AGUADO-SANTACRUZ, G. A. Uso de microorganismos como biofertilizantes. En: Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias** (INIFAP), p. 35-78., 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v.22, p.711- 728, 2013.

ANSARI, F. A.; AHMAD, I.; PICHTEL, J. Growth stimulation and alleviation of salinity stress to wheat by the biofilm forming *Bacillus pumilus* strain FAB10. **Applied Soil Ecology**, v. 143, p. 45–54, 2019.

ANDREEVA, I. G.; GOLUBYEVA, L. I.; KUVAEVA, T. M.; GAK, E. R.; KATASHKINA, J. I.; MASHKO, S. V. Identification of *Pantoea ananatis* gene encoding membrane pyrroloquinoline quinone (PQQ)-dependent glucose dehydrogenase and pqqABCDEF

operon essential for PQQ biosynthesis. **FEMS Microbiology Letters**, v. 318, p. 55-60, 2011.

ARAÚJO, N. C. S. **Biossolubilização e desempenho agronômico de fosfatos naturais do grupo Bambuí**. 2021. Trabalho de Curso (Bacharel em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2021.

AUGUSTO, L.; ACHAT, D. L.; JONARD, M.; VIDAL, D.; RINGEVAL, B. Soil parent material: a major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. **Global Change Biology**, v. 23, n. 9, p. 3808-3824, 2017.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos versão 1.1.0.712. Jaboticabal: **FCAV/UNESP**, 2015.

BENITES, V. M. **A importância da pesquisa na avaliação da eficiência das tecnologias em fertilizantes fosfatados no Brasil**. Boletim Informativo da SBCS, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135594/1/2015-101.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2025.

BILLAH, M.; KHAN, M.; BANO, A.; HASSAN, T. U.; MUNIR, A.; GURMANI, A. R. Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. **Geomicrobiology Journal**, v. 36, p. 904–916, 2019.

BISSANI, M.; TEDESCO, P. A.; SELBACH, E. L. S.; SÁ, C.; GIANELLO, F. A. O.; CAMARGO, F. **Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas**. 2ª ed. 2008.

BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V.; CANTARELLA, H. **Micronutrientes**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, M. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022a. p.121-129.

BONISSONI, K. Tecnologia Kimcoat completa 10 anos. **Revista Cultivar**, 2018. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/tecnologia-kimcoat-completa-10-anos>. Acesso em: 25 jun. 2025.

BORELLI, L. M. Fertilizantes de eficiência aprimorada – perspectivas e potencial de uso de biopolímeros como matrizes de liberação lenta ou controlada. 2020, p.56. **Monografia** (Engenharia Agrônoma). Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020.

BUONO, N. I.; ULLA, E. L. Efectos de la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones controladas. **Revista Agronômica Noroeste Argentino**, v. 36 p. 45-54, 2016.

CALABI-FLOODY, M.; MEDINA, J.; RUMPEL, C.; CONDRON, L.M.; HERNANDEZ, M.; DUMONT, M.; MORA, M.L.L. Chapter threee – smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture. **Advances in Agronomy**, v.147, p. 119-157, 2018.

CARVALHO, A. M. X. D.; MENDES, F. Q.; MENDES, F. Q.; TAVARES, L. D. F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, p.e327420312, 2020.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N.; WILLERDING, A. L. Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 359-366, 2010.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, safra 2023/24, décimo levantamento - julho. Brasília, DF, v.11, n.10, 2024.

CRUZ, D. R. C.; FERREIRA, I. V. L.; MONTEIRO, N. O. C.; NASCENTE, A. S.; OLIVEIRA, R. B.; SANTOS, S. G. F.; ROSA, C. O.; VIEIRA, I. C. O. Multifunctional microorganisms in agriculture: a systematic review of phosphorus-solubilizing bacteria. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v.17, n.3, p.01-24, 2024.

EL-TARABILY, K. A.; NASAR, S. A. Sistematização de crescimento de plantas na calcareidade: Solubilização e promoção de fósforo por microrganismos. **Applied and Soil Ecology, Amsterdam**, v. 39, p. 161-171, 2008.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. C. S. **Nutrição mineral do feijoeiro**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 394 p.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa, Londrina - PR, 2007, 9p. (Circular Técnica, 48).

FENG, Y.; SHEN, D.; SONG, W. Rice endophyte *Pantoea agglomerans* YS19 promotes host plant growth and affects allocations of host photosynthates. **Journal of Applied Microbiology**, v. 100, p. 938–945, 2006.

FERREIRA, M. J.; SILVA, H.; CUNHA, A. Siderophore-producing rhizobacteria as a promising tool for empowering plants to cope with iron limitation in saline soils: a review. **Pedosphere**, v. 29, p. 409–420, 2019.

FIGUEIREDO, C.C.; BARBOSA, D.V.; OLIVEIRA, S.A.; FAGIOLI, M.; SATO, J.H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, UFC, Fortaleza, CE, v. 43, n. 3, p. 446–452, 2012.

GALIANDO, F. S.; RODRIGUES, W. L.; FERNANDES, G. C.; BOLETA, E. H. M.; JALAL, A.; ROSA, P. A. L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasilense* inoculation under Brazilian savannah conditions. **European Journal of Agronomy**, v. 134, p. 126471, 2022.

GAVINI, F.; MERGAERT, J.; BEJI, A. M. O. R.; MIELCAREK, C.; IZARD, D.; KERSTERS, K.; DE LEY, J. Transfer of *Enterobacter agglomerans* (Beijerinck 1888) Ewing and Fife 1972 to *Pantoea* gen. nov. as *Pantoea agglomerans* comb. nov. and description of *Pantoea dispersa* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 39, n. 3, p. 337–345, 1989.

GAZOLA, R. D. N.; BUZETTI, S.; DINALLI, R. P.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; CELESTRINO, T. D. S. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG. v. 60, n.6, p. 876- 884, 2013.

GOMES, E. A.; SILVA, U. D. C.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; LANA, U. D. P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. dos. **Microorganismos promotores do crescimento de plantas**. 1. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa milho e sorgo, 2016. 51 p.

GUELF, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, v. 157, p. 1-14, 2017.

GYANESHWAR, P. et al. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plant. **Plant and Soil**, v. 245, p. 83-93, 2002.

HAIR JÚNIOR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E. AND TATHAM, R. L. (2009). **Data multivariate analysis**. Bookman Editora. 536 p.

HALING, R. E.; YANG, Z.; SHADWELL, N.; CULVENOR, R. A.; STEFANSKI, A.; RYAN, M. H.; SANDRAL, G. A.; KIDD, D. R.; LAMBERS, H.; SIMPSON, R. J. Growth and root dry matter allocation by pasture legumes and a grass with contrasting external critical phosphorus requirements. **Plant and Soil**, v.407, n.1-2, p.67-79, 2016.

HEGYI, A.; NGUYEN, T. B. K.; POSTA, K. Metagenomic analysis of bacterial communities in agricultural soils from Vietnam with special attention to phosphate solubilizing bacteria. **Microorganisms**, v. 9, n. 9, p. 1796, 2021.

HERRING, J. R.; FANTEL, R. J. Phosphate rock demand into the next century: impact on world food supply. **Natural Resources Research**, v. 2, p. 226–246, 1993.

HINTON, D. M.; BACON, C. W. *Enterobacter cloacae* is an endophytic symbiont of corn. **Mycopathologia**, Den Haag, v. 129, p. 117–125, 1995.

JEUN, Y. C.; PARK, K. S.; KIM, C. H.; FOWLER, W. D.; KLOEPPER, J. W. Cytological observation of cucumber plants during induced resistance elicited by rhizobacteria. **Biological Control**, Orlando, v. 29, p. 39-42, 2004.

JUNIOR, A. F. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2018.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, p. 187-200, 1958. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1007/BF02289233>

KAUR, G.; REDDY, M. S. Effects of phosphate-solubilizing bacteria, rock phosphate and chemical fertilizers on maize-wheat cropping cycle and economics. **Pedosphere**, v. 25, p. 428-437, 2015.

KIM, K. Y.; McDONALD, G. A.; JORDAN, D. Solubilization of hydroxyapatite by *Enterobacter* agglomerans and cloned *Escherichia coli* in culture medium. **Biology and Fertility of Soils**, v. 24, p. 347-352, 1997.

KOLMOGOROV, A. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. **Istituto Italiano degli Attuari**, v. 4, p. 83–91, 1933.

LEVENE, H. Robust tests for equality of variances, pp. 278–292. In I. OLKIN, S. G. GHURYE, W. HOEFFDING, W. G. MADOW, AND H. B. MANN (eds.), **Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotelling**. Stanford University Press, Stanford, CA. 1960.

LI, C.; LI, C.; ZHANG, H.; LIAO, H.; WANG, X. The purple acid phosphatase GmPAP21 enhances internal phosphorus utilization and possibly plays a role in symbiosis with rhizobia in soybean. **Physiologia Plantarum**, v. 159, n. 2, p. 215-227, 2017.

LU, L.; QIU, W.; GAO, W.; TYERMAN, S. D.; SHOU, H.; WANG, C. OsPAP10c, a novel secreted acid phosphatase in rice, plays an important role in the utilization of external organic phosphorus. **Plant Cell and Environment**, v. 39, n. 10, p. 2247-2259, 2016.

MAKOUDI, B.; KABBADJ, A.; MOURADI, M.; AMENC, L.; DOMERGUE, O.; BLAIR, M.; DREVON, J. J.; GHOUAM, C. Phosphorus deficiency increases nodule phytase activity of faba bean–rhizobia symbiosis. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.40, n.3, p.1-10, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**, 2. ed., Piracicaba: Universidade de São Paulo. 1997. 390 p.

MARTINS JÚNIOR, A. A.; COELHO, M. A. O. Influência da adubação com fertilizante fosfatado revestido, na produtividade da cultura de soja. **Revista Perquirere**, v.19, n.2, p.87-94, 2022.

MARTINS, A. L. L.; MELO, B. S.; SILVA, C. L. S.; FERNANDES, H. E.; QUEIROZ, A. S. B.; CHAGAS JÚNIOR, A. F. C. Desempenho de mudas de alface sob doses de inoculante biológico solubilizador de fósforo. **Agri-Environmental Sciences**, v. 8, n. 2, p. 8, 2022.

MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A. **Potássio**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, M. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 2022a. p.106-112.

MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A. **Cálcio, magnésio e enxofre**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, M. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 2022b. p.113-120.

MAUBOUSSIN, M. A. et al. Solubilização de fosfato de origem inorgânica por bactérias: uma abordagem eficiente para a solubilização de fósforo. **Word Journal of Microbiology**, v. 5, p. 147-1471, 2009.

MONSOY - PORTFÓLIO DE VARIEDADES: NOVAS VARIEDADES PLATAFORMA INTACTA2 XTEND®. 55p. 2023. (acesso a Plataforma Intacta 2 Xtend em setembro de 2023).

MORATA, M. H. B. Adubação fosfatada associada a microrganismos solubilizadores de fósforo aplicados à cultura da soja. **Dissertação em Produção Vegetal** (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), 2024. 21f.

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M. R.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SA, N. M. H. Phosphate-

solubilizing microorganisms associated with rhizosphere of maize and sorghum in Brazilian soils. **Applied Soil Ecology**, v. 63, p. 94-101, 2013.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITARO, W. B. **Comparação de custos de sistemas de adubação para mudas de citros: fontes de liberação lenta e solúveis**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2002.

PAIVA, C. A. O.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 18p. (Circular Técnica, 260).

PAIVA, C. A. O.; ALVES, V. M. C.; GOMES, E. A.; SOUSA S. M.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E. **Microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio na cultura da soja**. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Bioinsumos na cultura da soja*. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p.163-179.

PAIVA, C. A. O.; BINI, D.; SOUSA, S. M.; RIBEIRO, V. P.; SANTOS, F. C.; PAULA LANA, U. G.; SOUZA, F. F.; GOMES, E. A.; MARRIEL, I. E. Inoculation with *Bacillus megaterium* CNPMS B119 and *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. **Frontiers Microbiology**. 15:1426166. 2024. doi: 10.3389/fmicb.2024.1426166

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no Uso do Fósforo: Uma Questão de Segurança Hídrica e Alimentar. **Química Nova**, v. 39, n. 6, p. 732-740, 2016.

PAREDES, M.; ESPINOSA, D. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfatos: una revisión crítica. **Terra Latinoamericana**, v. 28, p. 61-70, 2010.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T. E. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. **Agronomy journal**, v. 107, p. 2312-2320, 2015.

PLAZA, P.; USALL, J.; SMILANICK, J. L.; LAMARCA, N.; VINAS, I. Combining *Pantoea agglomerans* (CPA-2) and curing treatments to control established infections of *Penicillium digitatum* on lemons **Journal of Food Protection**, Ames, v. 67, p. 781-786, 2004.

POLIDORO, J. C. Fertilizante de eficiência aumentada: estado da arte e perspectivas futuras. In: **FERTBIO 2016**, Goiânia. Rede FertBio, 2016. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/fertbio2016/palestrantes/palestras/Jose%20Carlos%20Polidoro.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2025.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. **Manejo da acidez do solo**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, M. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.).

Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. p.61-85.

QUAGGIO, J. A.; CANTARELA, H.; ROSOLEM, C. A.; CRUSCIOL, C. A. C. **Soja (*Glycine max*)**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, M. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022a. p.209-212.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; RAIJ, B. V. **Fósforo**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, M. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022b. p.95-105.

RADZKI, W.; GUTIERREZ MAÑERO, F. J.; ALGAR, E.; LUCAS GARCÍA, J. A.; GARCÍA-VILLARACO, A.; RAMOS SOLANO, B. Bacterial siderophores efficiently provide iron to iron-starved tomato plants in hydroponics culture. **Antonie Van Leeuwenhoek**. v. 104, p. 321-330, 2013.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do cerrado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/572251>. Acesso em: 25 jun. 2025.

RESENDE, A. V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; ABREU, S. C.; SANTOS, F. C.; COELHO, A. M. Manejo de nutrientes no cultivo de milho segunda safra na região do cerrado. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, Passo Fundo, RS, Brasil, v. 28, n. 166, p. 19-29, 2018.

RIBEIRO, V. P.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M.; PAULA LANA, U. G.; COELHO, A. M.; MARRIEL, I. E.; PAIVA, C. A. O. Co-inoculation with tropical strains of *Azospirillum* and *Bacillus* is more efficient than single inoculation for improving plant growth and nutrient uptake in maize. **Archives of Microbiology**. v.204, p.1-13, 2022.

RIBEIRO, V.G.S.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, M.M.; GONÇALVES, L.L.; NETO, M. M.; SANTOS, E.S.; SANTOS, H.T. Agronomic Efficiency of phosphorus fertilizers with associate technology in soy crop in cerrado soil. **Journal of Agricultural Science**, v.13, n.10, 2021.

SAADOULI, I.; MOSBAH, A.; FERJANI, R.; STATHOPOULOU, P.; GALIATSATOS, I.; ASIMAKIS, E.; MARASCO, R.; DAFFONCHIO, D.; TSAMIS, G.; OUZARI, H.I. The impact of the inoculation of phosphate-solubilizing bacteria *Pantoea agglomerans* on phosphorus availability and bacterial community dynamics of a semi-arid soil. **Microorganisms**, v. 9, n.1661, 2021.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; ESPECTACULAR, J. E.; WALTERS, D. T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**. v.108, n.1, p.1-13, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 590p. 2018.

SASABUCHI, I. T. M.; KRIEGER, K. S.; NUNES, R. S.; FERREIRA, A. C.; XAVIER, G. T. M.; URZEDO, A. L.; CARVALHO, W. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 46, n. 2, p. 185–198, fev. 2023.

SHOME, S.; BARMAN A.; SOLAIMAN, Z. M. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria influence the soil nutrient availability, growth, yield, and quality of soybean. **Agriculture**. v.12, 2022.

SILVA, F. D. F. Uso de fertilizantes de eficiência aumentada na agricultura. 2024. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, 2024.

SILVESTRINI, G. R.; ROSA, E. J.; CORRÊA, H. C.; DAL MAGRO, T.; SILVESTRE, W. P.; PAULETTI, G. F.; CONTE, E. D. Potential use of phosphate-solubilizing bacteria in soybean culture. **AgriEngineering**, 2023, 5, 1544–1554. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5030095>

SMIRNOV, N. On the estimation of the discrepancy between empirical curves of distribution for two independent samples. **Bulletin Mathematique de l'Universite de Moscou**, v. 2, p. 3–14, 1939.

SON, H.J.; PARK, G.T.; CHA, M.S.; HEO, M.S. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a novel salt- and pH-tolerant *Pantoea agglomerans* R-42 isolated from soybean rhizosphere. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 204-210, 2006.

SOUSA, S. M.; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; PAULA LANA, U. G.; GOMES, E. A. Tropical bacillus strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.40, n.2, p.867-877, 2021.

SOUZA, J. R.; RIBEIRO, B. N.; RAPOSO, T. P.; FIORIN, J. E.; CASTRO, G. S. A.; MAGALHÃES, R. S. Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja. **Acta Iguazu**, v.3, n.4, p.1-9, 2014.

SOUZA, C. H. E.; RIBEIRO, V. G. S.; GONCALVES, L. L.; BORBA, M. G.; REIS JR, R. A. Phosphorus fertilizer with increased efficiency affects soybean yields. **Australian Journal of Crop Science**, v.1, p.893-898, 2022. SULIEMAN, S.; TRAN, L. S. P. Phosphorus homeostasis in legume nodules as an adaptive strategy to phosphorus deficiency. **Plant Science**, v.239, p.36-43, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TRENKEL, M. E. **Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture**. 2nd ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

VEY, R. T. **Bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da soja**. 2023. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

USDA. Soybean 2024 World Production. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 19 de jun. 2025.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, p. 571-586, 2003.

WOLF, W. M.; FLOSS, E. L. Correlação entre teores de nitrogênio e clorofila na folha com o rendimento de grãos de aveia branca. **Ciência Rural**. v.38, p.1510-1515, 2008.

HTWE, A. Z. et al. 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.

YOUSUF, J.; THAJUDEEN, J.; RAHIMAN, M.; KRISHNANKUTTY, S.; ALIKUNJ, A. P.; ABDULLA, M. H. Nitrogen fixing potential of various heterotrophic *Bacillus* strains from a tropical estuary and adjacent coastal regions. **Journal of Basic Microbiology**, v. 57, n. 11, p. 922-932, 2017.

YU, X.; KEITEL, C.; DIJKSTRA, F.A. Global analysis of phosphorus fertilizer use efficiency in cereal crops. **Global Food Security**, v. 29, 2021.

U.S. Geological Survey. **Mineral commodity summaries 2024**. U.S. Geological Survey, 212 p. 2024 Disponível em: <https://doi.org/10.3133/mcs2024>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ZAKRIA, K. U.; Ogawa, T.; Yamamoto, A.; Saeki, Y.; Akao, S. Influence of inoculation technique on the endophytic colonization of rice by *Pantoea* sp. isolated from sweet potato and by *Enterobacter* sp. isolated from sugarcane Muhammad. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 54, p. 224–236, 2008.

ZANÃO JUNIOR, L. A.; ARF, O.; REIS JUNIOR, R. A.; PEREIRA, N. Phosphorus fertilization with enhanced efficiency in soybean and corn crops. **Australian Journal of Crop Science**. v.14, n.1, p.78-84, 2020.

ZHOU, Y.; WANG, Y.; ZHU, X.; LIU, R.; XIANG, P.; CHEN, J.; CHEN, L. Management of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* with combinations of different rhizobacterial strains on soybean. **PLoS One**, v. 12, n. 8, p. e0182654, 2017.

APÊNDICES

Tabela 1A - Valores diários de temperatura máxima, mínima e média do ar e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento com a cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2023 e 2024¹.

Dia	T máx (°C)	T mín (°C)	T med (°C)	Precipitação (mm)
06/11/2023	32,7	14,6	24	0
07/11/2023	34,9	17,4	25,9	0
08/11/2023	34,4	20,2	27,5	0
09/11/2023	34,2	21	27,1	0
10/11/2023	35,8	21,3	28,7	0
11/11/2023	37,2	22	30	0
12/11/2023	38,4	21,2	30,6	0
13/11/2023	38,9	22,8	31,7	0
14/11/2023	38,9	24,3	31,3	0
15/11/2023	38,1	20,9	27,9	5
16/11/2023	36,9	20	28,4	0
17/11/2023	38,4	22,3	30,6	0
18/11/2023	37	22,8	26,5	0
19/11/2023	37	20,9	26,3	2,8
20/11/2023	32	19,8	24,8	0,9
21/11/2023	34,4	22,3	26	11
22/11/2023	33,3	21,6	25,6	2,7
23/11/2023	31,8	22	24,6	0,8
24/11/2023	30,6	19,5	24,4	7
25/11/2023	31,3	17	23,8	0
26/11/2023	33,6	18,2	25,2	0
27/11/2023	30,4	20,2	25,2	0
28/11/2023	34,4	20,7	25,9	35
29/11/2023	28,4	20,4	23	7
30/11/2023	32,7	19,6	25,6	42,4
01/12/2023	33,9	20	26,9	0
02/12/2023	34,7	21,9	28,1	0
03/12/2023	35,3	21,3	27,9	3,4
04/12/2023	31,4	21,7	25,6	3,6
05/12/2023	32,8	20,5	25	1
06/12/2023	33,4	19,7	26,2	0
07/12/2023	34,1	22,1	27,4	0
08/12/2023	34	21,4	27	0
09/12/2023	34,4	21,2	27	0
10/12/2023	34,5	19,2	25,4	36,9
11/12/2023	31,1	19,5	24,1	2
12/12/2023	32,5	20	25,8	0

Continuação...

Dia	T máx (°C)	T min (°C)	T med (°C)	Precipitação (mm)
13/12/2023	34,4	18,1	26,4	0
14/12/2023	35,8	21,2	28,4	0
15/12/2023	35,8	23	29,3	0
16/12/2023	36,4	22,1	29,4	0
17/12/2023	35,5	22,2	28,9	0
18/12/2023	35,1	22,6	27,8	0
19/12/2023	34,9	20,8	27,6	0,2
20/12/2023	33,7	21,1	27	0
21/12/2023	33,5	21	27	0
22/12/2023	32,2	22,1	26,4	5,4
23/12/2023	24,1	19,5	21,7	23,3
24/12/2023	30,7	19,5	24,5	0
25/12/2023	33,6	20,6	27,2	0
26/12/2023	33,4	22,2	26,1	0,6
27/12/2023	32,9	20,5	26	0
28/12/2023	34,8	18,6	26,9	0
29/12/2023	35,7	21,3	28,6	0
30/12/2023	28,6	22,6	25,4	8,6
31/12/2023	32,8	18,9	24,3	0
01/01/2024	29,9	20,8	24,1	0
02/01/2024	33,6	20	25	0,6
03/01/2024	33,5	20,3	25	42,8
04/01/2024	31,2	20,5	25	0
05/01/2024	32,1	20	26,1	0
06/01/2024	33	20,2	26,7	0
07/01/2024	33,8	21,4	26,6	2,8
08/01/2024	34,7	20,5	26,5	0
09/01/2024	32,8	21	26,5	0
10/01/2024	30,2	21,8	25,8	0
11/01/2024	32	20,8	24,8	15,4
12/01/2024	32,1	21,1	25,6	13,9
13/01/2024	29,8	20,8	22,8	2,4
14/01/2024	30,4	20,1	24,6	6,6
15/01/2024	29,1	21,5	24,5	0
16/01/2024	32,6	21,2	26,9	0
17/01/2024	34,9	22,3	28,5	0
18/01/2024	35,1	22,8	27,8	0
19/01/2024	33,6	21,5	25,5	12,6
20/01/2024	29,5	21,2	24,9	2,2
21/01/2024	31	21,4	25,6	0
22/01/2024	31,6	19,3	25,2	0
23/01/2024	28,3	19,2	22,6	0
24/01/2024	29,4	17,4	23	0

Continuação...

Dia	T máx (°C)	T min (°C)	T med (°C)	Precipitação (mm)
25/01/2024	29,4	16,2	22,1	0
26/01/2024	30,9	15	22,2	0
27/01/2024	32,8	16,9	24,6	10,2
28/01/2024	28,2	17,7	21,7	9
29/01/2024	33,1	18,3	25,1	0
30/01/2024	33,6	19,2	26,2	0
31/01/2024	30,9	17,5	23,4	24,5
01/02/2024	31,2	18,6	23,8	0
02/02/2024	27	19,3	23,4	0
03/02/2024	31,2	20	23,7	5,8
04/02/2024	26,9	19,5	22,6	0,3
05/02/2024	31,8	21,4	24,6	0,8
06/02/2024	31,6	19,8	25,3	0
07/02/2024	30,8	20,9	24,8	0
08/02/2024	30,9	19,5	24,4	0
09/02/2024	31,5	20,3	25,7	0
10/02/2024	33,3	20	26,6	0
11/02/2024	33,8	19,3	25,8	2,8
12/02/2024	33,4	21,7	26,7	0
13/02/2024	34,6	20,7	25,8	0
14/02/2024	33,1	20,7	24,2	28,9
15/02/2024	27	20,7	22,9	0,4
16/02/2024	29	20,9	23,2	12,4
17/02/2024	30,7	20,7	24,7	0
18/02/2024	31,3	20	23,4	1,4
19/02/2024	29,5	18,9	22,2	4,2
20/02/2024	30,8	19,9	22,9	2,7
21/02/2024	30,7	19,9	23,3	3,2
22/02/2024	30,3	18,8	23,1	1,3
23/02/2024	32	20,6	25,3	0
24/02/2024	33,5	22,1	26	0
25/02/2024	34,1	21,4	27	0
26/02/2024	33	22,2	26,6	0
27/02/2024	34,1	22,3	27,8	0
28/02/2024	35,4	21,5	28,9	0
29/02/2024	35,9	22,8	29,3	0
01/03/2024	35,8	20,7	27	5,2
02/03/2024	33,3	19,8	25,8	0
03/03/2024	34,6	19,7	26,8	0
04/03/2024	35,4	21,1	27,2	0
05/03/2024	33,4	21,5	26,3	0

¹ **Fonte:** Estação Agroclimática do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo.

Tabela 2A - Descrição dos produtos utilizados no manejo fisiológico e nutricional durante o período de condução do experimento com a cultura da soja. Jaboticabal, São Paulo - 2023 e 2024¹.

Produto	Descrição
KBT Radicel	Fertilizante com ação nutricional e de estímulo fisiológico. Sua composição garante o fornecimento de Zn, Mo, Co e Ni para potencializar o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.
Exion Potencer Ultra	Biofertilizante, ativador e potencializador fisiológico de rápida ação, contém nutrientes essenciais e é ditivado com substâncias húmicas, capazes de manter ativo o metabolismo das plantas.
Exion Max	Produto que combina a ação de micronutrientes Zn, Mn, B, Cu e Mo com aminoácidos selecionados para maior desenvolvimento vegetativo de leguminosas e plantas folhosas.
Exion Peg⁺	Produto que combina a ação dos nutrientes Ca, Mg, Mn, B, Co, Mo e Ni, altamente solúveis, com aminoácidos e substâncias biofisiológicas direcionadas para o maior e mais eficiente pegamento das estruturas reprodutivas.
Cuprazol	Produto com elevado poder de dispersão de água e alta concentração de cobre, essencial para ajudar na gestão de doenças em plantas cultivadas. A sua composição permite fornecer nutrientes essenciais para a indução da resistência das plantas aos estresses bióticos.
KBT K-bor Dry	Produto que combina concentrações adequadas dos nutrientes essenciais K, B e Ni, associado a aminoácidos e substâncias biofisiológicas requeridos no estágio fenológico reprodutivo das culturas (enchimento de grãos e frutos), convertendo peso em produtividade.
Blend	Adjuvante

¹ **Fonte:** Site da empresa Essere Group - Kimberlit.