

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JEFFERSON DE LAZARI SILVA

**ESTRATÉGIAS DE INOCULAÇÃO E/OU INOCULAÇÃO ADICIONAL DE
BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**ILHA SOLTEIRA - SP
2025**



JEFFERSON DE LAZARI SILVA

**ESTRATÉGIAS DE INOCULAÇÃO E/OU INOCULAÇÃO ADICIONAL DE
BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira,
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586e Silva, Jefferson de Lazari.
Estratégias de inoculação e/ou inoculação adicional de bactérias promotoras de crescimento na produtividade da soja / Jefferson de Lazari Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
28 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2025

Orientador: Marcelo Andreotti

Indui bibliografia

1. Glycine max. 2. Inoculação. 3. Co-inoculação.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA
ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Estratégias de inoculação e/ou inoculação adicional de bactérias promotoras de crescimento na produtividade da soja

ALUNO: Jefferson De Lazari Silva RA: 182053831

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,0

Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)


Dra. Naiane Antunes Alves Ribeiro


Me. Nelson Câmara de Souza Junior

Jefferson de Lazari Silva

Ilha Solteira, 18 de junho de 2025.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as bênçãos recebidas durante a realização deste trabalho. Agradeço aos meus pais, Elizeti de Lazari e Luiz Carlos da Silva, por serem meus maiores incentivadores, por sempre acreditarem em mim e nunca medirem esforços para minha formação, amo muito vocês.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Andreotti, sou imensamente grato pela paciência e conhecimentos compartilhados que foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Agradeço à todos os integrantes da Equipe Andreotti, em especial Aline Marchetti Silva Matos pela colaboração no desenvolvimento do trabalho e pesquisa.

Agradeço à minha amiga Julia Borsatto Fascina, que ao longo de toda graduação esteve ao meu lado e não mediu esforços para ajudar nos momentos de necessidade.

Agradeço à República Bola Azul e todos os moradores que estiveram ao meu lado todos esses anos em Ilha Solteira, onde encontrei um novo significado de família e amizade.

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, (Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira) e funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE pela colaboração.

Por fim agradeço ao meu falecido avô paterno João Batista, minha verdadeira inspiração por escolher a Agronomia como profissão. Obrigado por todos os ensinamentos, carinho e amor que só avô sabe dar. O senhor estará para sempre na minha memória e no meu coração.

RESUMO

Estratégias que visem a otimização da produção de soja são importantes para agricultura brasileira. Entender a dinâmica dos microrganismos e melhor arranjos para coinoculação ou inoculação adicional, podem ser técnicas importantes para auxiliar na produção frente as mudanças climáticas. Essa pesquisa teve como objetivo geral avaliar se inoculação e/ou inoculação adicional de *Bradyrhizobium* e o *Azospirillum* na soja, tem efeito na nodulação da planta, e se esse possível efeito pode causar alterações no desenvolvimento e produtividade da soja. O experimento foi conduzido no município de Selvíria-MS, na safra 2022/23. O delineamento foi de blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 2, sendo os tratamentos: T1 (Controle sem inoculação), T2 (*Bradyrhizobium elkanii* nas sementes), T3 (*Bradyrhizobium* nas sementes + *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura), T4 (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum brasilense* nas sementes) combinados com ou sem pulverização de *Bradyrhizobium* no solo e nas entrelinhas da soja em estágio R1. No estágio R3 da soja foram avaliados o número e massa de nódulos por planta. Na colheita, foram avaliados os componentes da produção e produtividade de grãos. Favorecendo a nodulação e a produção de grãos, a combinação de ambos os microrganismos se mostrou eficaz, principalmente quando inoculados nas sementes. A inoculação adicional na fase R1 não mostrou influência na produtividade da soja. A inoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* representa uma prática promissora para a produção de soja, visto o aumento da população e produtividade de grãos, como constatados nessa pesquisa. Destaca-se que solos em sistema plantio direto de longa duração tendem a ter uma alta flora microbiana benéfica, devido as condições favoráveis de condução, como aporte de matéria orgânica e não revolvimento do solo, por isso resultados importantes puderam ser constatados no tratamento controle. Sendo assim, a reinoculação de *Bradyrhizobium* no estágio R1 pode ser benéfica, dependendo das condições do solo e da cultivar. Estratégias de inoculação adaptadas a cada situação podem melhorar a sustentabilidade e o desempenho da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Bradyrhizobium*; *Azospirillum brasilense*; nodulação produtividade de grãos.

ABSTRACT

Strategies aimed at optimizing soybean production are essential for Brazilian agriculture. Understanding the dynamics of microorganisms and identifying better arrangements for co-inoculation or additional inoculation can be important techniques to support production in the face of climate change. This research aimed to evaluate whether inoculation and/or additional inoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* in soybean has an effect on plant nodulation, and whether this potential effect can lead to changes in development and grain yield. The experiment was conducted in Selvíria, Mato Grosso do Sul, during the 2022/23 growing season. A randomized block design was used, with four replications in a 4 x 2 factorial scheme. The treatments were: T1 (Control – no inoculation), T2 (*Bradyrhizobium elkanii* on seeds), T3 (*Bradyrhizobium* on seeds + *Azospirillum brasilense* in the planting furrow), T4 (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum brasilense* on seeds), combined with or without *Bradyrhizobium* spraying on the soil and between soybean rows at the R1 growth stage. At the R3 stage, the number and mass of nodules per plant were evaluated. At harvest, yield components and grain productivity were assessed. Favoring nodulation and grain production, the combination of both microorganisms proved effective, especially when applied to the seeds. Additional inoculation at the R1 stage showed no influence on soybean yield. Inoculation with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* represents a promising practice for soybean production, given the increased population and grain yield observed in this study. It is worth noting that soils under long-term no-till systems tend to host a high population of beneficial microorganisms due to favorable conditions such as organic matter input and lack of soil disturbance. Therefore, significant results were also observed in the control treatment. Thus, re-inoculation with *Bradyrhizobium* at the R1 stage can be beneficial depending on soil conditions and cultivar. Inoculation strategies adapted to each situation may enhance soybean sustainability and performance

Keywords: *Glycine max*; *Bradyrhizobium*; *Azospirillum brasilense*; nodulation; grain yield.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Médias de altura da planta (ALT), inserção de primeira vagem (ALTPV), população de plantas (POP), número de grãos por planta (NGP) e número de vagens por planta (NVP), da soja sob efeito de inoculação e inoculação adicional. Selvíria, 2022/23.).....	19
Tabela 2- Médias do número de nódulos (NOD), massa fresca do nódulo (MSNOD), massa seca do nódulo (MSNOD), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), da soja sob efeito de inoculação e inoculação adicional. Selvíria, 2022/23.).....	21
Tabela 3. Desdobramento da interação entre inoculações na semeadura e inoculação adicional de <i>Bradyrhizobium</i> no solo em R1 da soja, para número de grãos por planta (NGP), número de nódulos por planta (NOD), massa fresca de nódulos por planta (MFNOD) e produtividade de grãos (PG). Selvíria, 2022/23.)....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados médios de temperatura máxima, média, mínima e precipitação pluvial de maio de 2022 a março de 2024, Selvíria - MS (2024).....	15
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALTPV.....	Altura de Inserção da Primeira Vagem
ALT.....	Altura de Plantas
M100.....	Massa de 100 grãos
NVP.....	Número de Vagem por Planta
NGP.....	Número de Grãos por Planta
NGV.....	Número de Grãos por Vagem
NOD.....	Número de Nódulos por Planta
MFNOD.....	Massa fresca do nódulo
MSNOD.....	Massa seca do nódulo
PG.....	Produtividade de grãos
CV.....	Coeficiente de variância
I.Adicional.....	Inoculação Adicional
POP.....	População de plantas
FBN.....	Fixação Biológica de nitrogênio
SPD.....	Sistema plantio direto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Fixação biológica de nitrogênio.....	12
2.2 Inoculação e co-inoculação na soja.....	13
2.3 inoculação adicional.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização e características da área.....	15
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	16
3.3 Semeadura, condução e avaliações da soja.....	17
3.4 Análise estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÃO.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma importante cultura no cenário brasileiro e mundial, podendo ser utilizada na pecuária, pois tem papel preponderante na fabricação de rações para alimento de animais e para o consumo humano. A safra brasileira no ano de 2024 foi estimada em aproximadamente 147 milhões de toneladas, com a expectativa do aumento da exportação do grão para a China (maior importadora da soja brasileira), assim há uma necessidade de incremento na produção para as próximas safras para atender a demanda nacional e mundial (CONAB, 2024).

Neste cenário, é necessário à implementação de novas técnicas para aumento da produtividade da soja nas áreas agrícolas, mesmo com condições climáticas adversas. Quanto ao uso de fertilizantes nitrogenados, para se ter uma boa produtividade é estimado o uso de 80 kg de N para cada 1.000 kg de grão produzido, e 240 kg N para uma produtividade média de 3000 kg ha⁻¹ (Hungria, Campo e Mendes, 2007). Contudo, para a soja, as necessidades são supridas por bactérias diazotróficas que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Com o avanço das pesquisas, a descoberta das bactérias do gênero *Bradyrhizobium* houve a redução de custos de produção da soja, possibilitando assim uma maior competitividade brasileira no mercado internacional. Essa competitividade se tornou possível pois a FBN permite o aporte de N para a produção da soja sem a necessidade do uso da adubação nitrogenada por meio de fertilizantes minerais, o que faz a soja brasileira economizar ao longo de cada safra cerca de 13 bilhões de dólares nos custos totais de produção (Hungria *et al.*, 2020; Hungria *et al.*, 2005).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas podem ser introduzidas nas sementes ou no sulco de semeadura com o processo de chamado de inoculação. A inoculação no sulco de semeadura, em conjunto com o tratamento de sementes, é uma estratégia que vem sendo adotada com sucesso, sendo essa prática recomendada tecnicamente (Hungria *et al.*, 2007; Vieira Neto *et al.*, 2008), pois a *Azospirillum brasilense* tem potencial, por efeito hormonal, em aumentar o volume de raízes e pelos radiculares, que podem incrementar a infecção e formação de nódulos pela *Bradyrhizobium* (Hungria *et al.*, 2020; Hungria e Nogueira, 2020).

O processo de inoculação consiste na aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio às sementes, previamente à semeadura. Tais bactérias são veiculadas por meio de um produto denominado inoculante. Dessa forma, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) ocorre de maneira controlada, mediante a utilização do inoculante, o qual contém estirpes selecionadas e adaptadas a distintas condições ambientais. (Cassini e Franco, 2006).

Na co-inoculação, as bactérias podem ser inoculadas de maneira isolada ou em consórcio. Esta técnica consiste na combinação de espécies ou cepas que desempenham distintos processos microbianos, de tal forma que os benefícios inerentes a cada microrganismo são sinergicamente integrados, culminando em um incremento nos rendimentos da cultura (Santos et al., 2019).

Já a reinoculação, ou inoculação adicional, compreende a aplicação direta do inoculante juntamente com as sementes, ou posteriormente à implantação da cultura, caracterizando-se como uma inoculação em cobertura. O inoculante é aplicado diretamente ao solo, com o objetivo de promover a formação de novos nódulos e aumentar a disponibilidade de nitrogênio (N_2) ao longo do ciclo cultural (Sousa *et al.*, 2021; Teixeira *et al.*, 2022). Tal técnica é importante pois há uma necessidade alta de N a partir dos estádios R2 (floração) até R4 (vagens desenvolvidas) na cultura, sendo que, em R5 em que a planta se encontra no estágio de formação de grãos, a FBN tende a ter uma queda drástica, podendo afetar significativamente a produção total de grãos (Hungria *et al.*, 2020; Hungria e Nogueira, 2020).

Atualmente, a cultura da soja no Brasil depende da tecnologia de inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) do gênero *Bradyrhizobium* para garantir altos rendimentos de grãos, eliminando a necessidade de adubação nitrogenada (Alves *et al.*, 2003). Mas, mesmo com toda a tecnologia implementada e estudos sobre a inoculação, os questionamentos do processo biológico de ter a capacidade em atender toda demanda de novas cultivares que tiveram seu potencial produtivo elevado, surgem para incremento de produtividade e menor custo de produção (Vitti e Trevisan, 2000; Yamada, 2000; Lamond e Wesley, 2001; Cooper, 2003). Nesse contexto, a necessidade de se testar a co-inoculação e/ou a inoculação adicional na soja se faz necessária.

Após a inoculação adicional com as bactérias na produção da soja, há relatos de aumento no desenvolvimento radicular e na formação de nódulos (Hungria *et al.*,

2013; Hungria et al., 2015a; Hungria et al., 2015b; Rego et al., 2018; Deak et al., 2020; Moretti et al., 2020a, Moretti et al., 2020b; Rondina et al., 2020). Entretanto, em outras pesquisas realizadas, os efeitos da inoculação adicional das mesmas bactérias não foram tão positivos na soja (Zuffo et al., 2016a; Zuffo et al., 2016b; Galindo et al., 2017; Oliveira et al., 2019; Fipke et al., 2020).

A hipótese desta pesquisa é que a co-inoculação e/ou reinoculação na soja pode ser um mecanismo importante para suprir ou maximizar a demanda de N das plantas em fases críticas de necessidade e aumentar a eficiência desta pela manutenção das estirpes vivas e atuantes. Diante dos fatos, o objetivo do trabalho consisti em avaliar os efeitos da inoculação de *B. elkanii* e/ou co-inoculação com *Azospirillum brasilense*, associada ou não à inoculação adicional de *B. elkanii* (pulverização diretamente no solo e nas entrelinhas da soja em R1), sobre a nodulação, componentes da produção e produtividade de grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fixação biológica de nitrogênio

O processo de fixação de nitrogênio na soja ocorre pela relação simbiótica com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* denominadas de acordo com a taxonomia atual. Além disso, a diversidade dentro das espécies é significativa, com bactérias apresentando diferentes características morfológicas, fisiológicas e genéticas, classificadas como estirpes ou cepas (Hungria; Campo, Mendes, 2007).

O nitrogênio é considerado um elemento essencial, e quando seu balanço é deficitário pode afetar o crescimento foliar (no qual é o primeiro afetado), no processo da fotossíntese, formação de raízes, e translocação de fotoassimilados (Ryle et al., 1979; Taiz e Zieger, 2004;). Com a diminuição no desenvolvimento vegetativo da planta e a redução na produtividade como consequência, o N pode ser absorvido do solo como NH_4^+ , na forma de NO_3^- ou através do N_2 atmosférico pela fixação biológica (FBN). Nas leguminosas o N é absorvido na forma de N_2 e transformado em NH_4 através do processo simbiótico com bactérias (Gerahty et al., 1992; Taiz e Zieger, 2004).

A fixação biológica do nitrogênio é um processo sequencial que inicia com a adaptação da bactéria à planta e culmina na formação de nódulos nas raízes, onde ocorre a fixação do nitrogênio atmosférico. A nodulação se inicia rapidamente, cerca de 2 horas após o contato bactéria-raiz, e os primeiros nódulos se desenvolvem nas regiões de crescimento das raízes, especialmente nos pelos radiculares (Bhuvaneswari et al., 1980). Os nódulos estão presentes nas raízes e surgem como resultado da infecção ocasionada pelas bactérias. Plantas como a soja e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) são infectadas, geralmente, por diazotróficos dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Rhizobium* (Vargas; Hungria, 2007).

2.2 Inoculação e co-inoculação na soja

Tendo em vista a necessidade elevada de nitrogênio na cultura da soja, a inoculação de bactérias fixadoras é uma técnica de grande valor para atingir maiores produtividades e abaixar o custo de produção, com a diminuição do uso de fertilizantes nitrogenados (Mercante et al., 2002).

A maximização da eficiência na interação entre a soja e estirpes só é dada pelas pesquisas brasileiras (Mercante et al., 2002). Desta forma, pode-se destacar o estímulo da FBN no Sistema de Plantio Direto, onde cada vez mais verifica-se maiores números de nódulos viáveis nas raízes, otimizando o desenvolvimento radicular e vegetativo nas plantas (Hungria, 2000).

Na safra de 2013/2014 a Embrapa começou a recomendar o uso da co-inoculação, que consiste em inocular em conjunto a bactéria *Bradyrhizobium* e duas estirpes selecionadas (Ab-V5 e Ab-V6) da espécie *Azospirillum brasilense* (Hungria; Nogueira, 2019).

A bactéria *Bradyrhizobium* é tradicionalmente utilizada para fornecer nitrogênio às plantas, sendo fundamental para o seu desenvolvimento. Enquanto que a *Azospirillum brasilense* tem se destacado como uma alternativa promissora, pois, além de fixar nitrogênio, estimula o crescimento radicular, ampliando a capacidade da planta de absorver outros nutrientes do solo (Hungria et al., 2015).

A economia anual com o uso de inoculantes rendeu uma economia de US\$ 3,2 bilhões em fertilizantes nitrogenados por ano, tendo em vista que 94% das necessidades de nitrogênio foram supridas pela FBN, em média de 300 kg N por hectare fornecidos (CONAB, 2016).

2.3 inoculação adicional

A inoculação adicional refere-se à prática de realizar uma nova aplicação de inoculante, normalmente *Bradyrhizobium*, após inoculação direta nas sementes, com a aplicação do inoculante no solo após o estabelecimento da cultura (entrelinhas), caracterizando-se como uma inoculação em cobertura. Essa técnica visa estimular a formação de novos nódulos radiculares e aumentar a disponibilidade de nitrogênio (N) ao longo do ciclo da cultura (Sousa et al., 2021; Teixeira et al., 2022).

Embora a soja não seja originária do Brasil, o sucesso da sua alta produtividade é resultado de estudos sobre melhoramento genético de sementes, escolhas de cultivares de plantas e de tipos de inoculantes, bem como de técnicas de inoculação desenvolvidas, especificamente, para as condições de solo e clima do Brasil (Hungria et al., 2006; Hungria e Mendes, 2015; Santos et al., 2019). Ao introduzir microrganismos no solo por meio da inoculação, ocorre o estabelecimento da população de *Bradyrhizobium* na soja, o que favorece a FBN (Thies et al., 1991; Thies et al., 1995; Hungria et al., 2006). Além disso, os benefícios proporcionados pela inoculação fizeram com que o Brasil aumentasse a adoção dessa tecnologia pelos agricultores, com a comercialização de 70 milhões de doses de inoculantes de *Bradyrhizobium* nas safras de 2018 e 2019 (Santos et al., 2019).

No entanto, pesquisas realizadas no Brasil e outros países produtores de soja da América do Sul mostraram que a inoculação adicional, mesmo em solos com grande quantidade de *Bradyrhizobium* estabelecido na soja, resultou em um aumento de 8% na FBN e no rendimento de grãos (Hungria et al., 2006; Hungria et al., 2013; Hungria et al., 2020; Hungria e Mendes, 2015). Isso torna essa prática interessante para aumentar a produtividade e a quantidade de palhada para o Sistema de Plantio Direto (SPD).

Novas alternativas vêm sendo implementadas visando aumentar a produtividade da cultura da soja no país, dentre elas está a inoculação por cobertura suplementar (Inoculação adicional) com *Bradyrhizobium japonicum* (Bárbaro et al., 2008). O termo reinoculação é utilizado quando uma área que já possui uma população de bactérias estabelecida, por ter um cultivo anteriormente, recebe novamente a inoculação de bactérias (Hungria et al. 2008). Assim, o inoculante é

aplicado no sulco de semeadura diretamente no solo, promovendo novos nódulos para disponibilizar N no ciclo da planta. (Sousa et al., 2021; Teixeira et al., 2022).

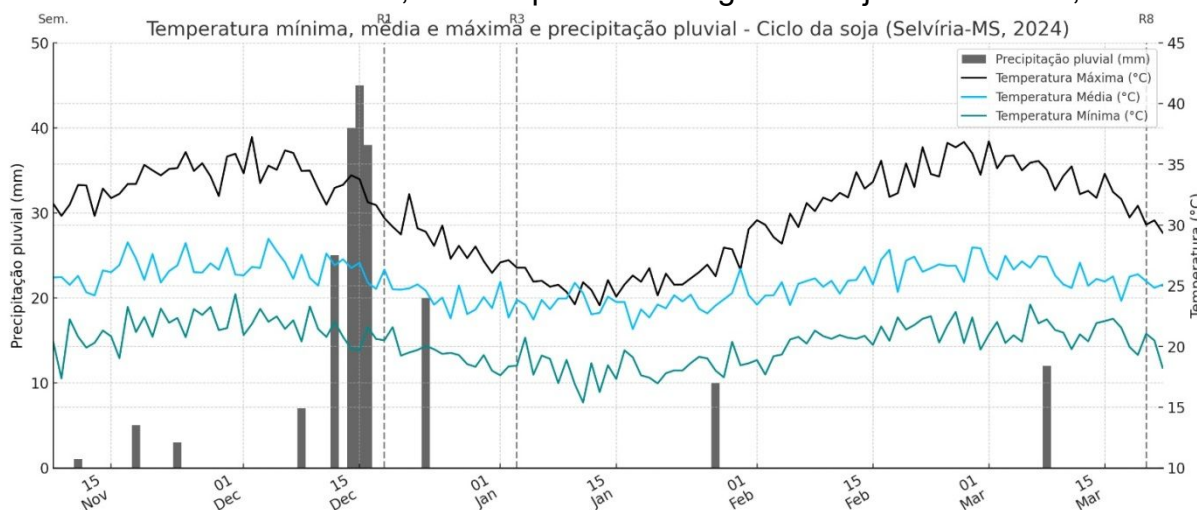
Em solos com população de *Bradyrhizobium* já estabelecida, a inoculação adicional com estirpes selecionadas pela pesquisa brasileira resultou em incrementos médios de 4,7 % (Hungria et al., 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área

O experimento foi realizado na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP - campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS com coordenadas geográficas 51°22' W e 20°22' S e 335 m de altitude. A cultura foi implantada na condição de sequeiro no ano de 2022/23.

Figura 1 - Precipitação pluvial, temperatura mínima, média e máxima, no ciclo de 08/11/2022 a 22/03/2023, e os respectivos estágios da soja. Selvíria-MS, 2024.



Fonte: Adaptado pelo próprio autor. Estação meteorológica do laboratório de irrigação e drenagem localizado na FE/Unesp- Ilha Solteira-SP.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo onde foi conduzido o experimento foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, típico argiloso (Santos et al., 2018). A área experimental possui histórico de cultivo constituído por culturas anuais em SPD há 12 anos e anteriormente à condução da atual pesquisa houve uma sequência de cultivos. Foram nos últimos 10 anos

agrícolas: Milho + *Urochloa* spp. + Guandu-anão (Safr 2014/15) e Feijão de inverno (Safr 2015); Milho + *Urochloa* spp. + Guandu-anão (Safr 2015/16) e Feijão de inverno (Safr 2016); Soja (Safr 2016/17) e Sorgo + *Urochloa* spp. + Guandu Anão (Safr 2017); Soja (Safr 2017/18) e Sorgo + *Urochloa* spp. (Safr 2018); Soja (Safr 2018/19) e Aveia preta (Safr 2019); Soja (Safr 2019/20) e Aveia preta (Safr 2020), Sorgo granífero (Safr 2021), em área de sequeiro. Em abril de 2021 foi necessária a aplicação de calcário, na dose de 2,3 t ha⁻¹ (PRNT de 87%) aplicada a lanço e sem incorporação.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial de 4x2, sendo quatro tratamentos com inoculação e/ou coinoculação, com ou sem inoculação adicional. Os tratamentos estão dispostos abaixo:

- Tratamento 1- Controle, soja sem inoculação.
- Tratamento 2- Soja com inoculação de *Bradyrhizobium* nas sementes.
- Tratamento 3- Soja com inoculação de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum brasilense* nas sementes.
- Tratamento 4- Soja com inoculação de *Bradyrhizobium* nas sementes e *Azospirillum brasilense* no sulco da semeadura.

Todos os tratamentos de inoculação foram combinados com ou sem a pulverização do *Bradyrhizobium* no solo das entrelinhas da soja, em estágio R1.

As parcelas tinham 14 linhas de 12 m de comprimento, espaçadas 0,50 m entre linhas e entre parcelas. Em relação às sementes de soja, foram tratadas de acordo com o padrão comercial com fungicidas e inseticidas. Os inoculantes via sementes foram inoculados à sombra, logo antes da semeadura, para evitar a morte dos microrganismos, inviabilizando o produto. Enquanto a inoculação adicional foi efetuada com pulverizador costal com *Bradyrhizobium* nas entrelinhas da soja em estágio R1. Em relação aos inoculantes líquidos, foram utilizadas as estirpes de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 (3 x 10⁸ UFC/mL) da empresa BIOMAX Azum e *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019 com 7 x 10⁹ UFC/mL) da empresa BIOMAX premium. A dose do inoculante *Bradyrhizobium* foi de 200 mL para cada 20 kg de sementes e 400 mL em 200 L de água ha⁻¹ para a calda de

pulverização costal (inoculação adicional no solo das entrelinhas da soja), enquanto a dose do *Azospirillum* foi de 200 mL para cada 20 kg de sementes.

3.3 Semeadura, condução e avaliações da soja

Na safra de soja, a semeadura ocorreu em 08/11/2022, com uso de semeadora-adubadora com mecanismo do tipo haste (Tatu Marchesan PST Plus 4045) para plantio direto, utilizando a cultivar 97R50 IPRO (Pioneer®, crescimento indeterminado, grupo de maturidade 7.5, intacta RR2 PRO com tratamento Inseticida Dermacor® e fungicida Rancona®), em espaçamento de 0,50 m e densidade de 13,66 sementes/m. A adubação de semeadura foi com 300 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, conforme Quaggio et al. (2022).

A inoculação adicional ocorreu em 21/12/2022, com pulverização costal de *Bradyrhizobium* nas entrelinhas da soja em estágio R1, com *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019) da BIOMAX, na dose de 400 mL/200 L de água ha⁻¹ para a pulverização.

No estágio R3, em 06/01/2023, foram coletadas cinco plantas sequenciais por parcela para avaliar o número de nódulos radiculares (NOD) e a massa fresca (MFNOD) e seca (MSNOD) dos nódulos. As raízes foram coletadas até 20 cm de profundidade, lavadas e peneiradas para recuperação dos nódulos, que foram contados e pesados (massa fresca), e depois secos em estufa a 65°C por 72 h (massa seca).

A colheita (estágio R8) ocorreu em 22/03/2023 (134 dias de ciclo), onde foram avaliadas a População de Plantas (POP) em 4 linhas de 4m de comprimento por parcela, que depois de trilhadas, os grãos foram pesados para obtenção da Produtividade de Grãos (PG) com 13% da umidade (base úmida) por parcela e extrapolados para kg ha⁻¹. No mesmo dia da colheita foram coletas 1ª plantas sequenciais na linha para mensuração da Altura de Plantas (ALT), Altura da Inserção da Primeira Vagem (ALT1VG), Número de Vagens por Planta (NVP), Número de Grãos por Planta (NGP), e em 4 amostras de 100 grãos, eles foram pesados para determinação da Massa de 100 Grãos (M100), com umidade corrigida para 13 % (base úmida).

3.4 Análise estatística

Para análise de estatística, utilizou-se o software R da versão R x 64.4.1.0 (R core team, 2021). Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro Wilk) e homocedasticidade de Levene, ambos a 5% de significância ($p \geq 0,05$). Logo após foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra de soja 2022/23, não foi observada interação significativa entre inoculação e inoculação adicional quanto à altura de plantas (ALT) (Tabela 1). O tratamento controle (T1) apresentou maior estatura em relação ao T3, que recebeu *Bradyrhizobium* nas sementes e *Azospirillum* no sulco. A inoculação adicional também não influenciou na altura da planta, devido a adequada quantidade de chuvas (Figura 1) até o florescimento em R1, pois a partir deste estágio o crescimento em altura é mínima, e os assimilados são direcionados às flores e frutos (Maria et al., 2019).

Para a altura de inserção da primeira vagem (ALTPV), não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1). Esses resultados estão em conformidade com outros estudos que indicam ausência de efeito das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCPs), sendo essa variável influenciada por fatores próprios da cultivar (Barros et al., 2020; Michelon et al., 2020; Molla et al., 2001).

Em relação à população de plantas (POP), também não houve mudanças significativas por interação entre os tratamentos (Tabela 1). Observou-se efeito isolado com redução na população final de plantas nos tratamentos com inoculação nas sementes e com inoculação adicional. A redução pode ter relação com a má distribuição hídrica ocorrida durante a semeadura, intensificando a competição entre microrganismos na rizosfera, especialmente no tratamento T4. Essa menor população impactou negativamente a produtividade de grãos (Tabela 2). Ainda assim, a inoculação adicional realizada no estágio R1 foi ineficiente, provavelmente devido à falta de chuvas nos estádios posteriores, que dificultou a mobilização da calda de pulverização no solo e limitou a infecção das bactérias nas raízes.

Tabela 1 - Médias dos valores para altura da planta (ALT), inserção de primeira vagem (ALTPG), população de plantas por hectare (POP), número de grãos por planta (NGP), número de vagens por planta (NVP), da cultura soja, em área sob sistema plantio direta, por efeito da inoculação e inoculação adicional. Selvíria-MS, 2023.

Semeadura	ALT	ALTPV	POP	NGP	NVP
(S)	-----cm-----		-----nº-----		
T1	135 a	26	223055 a	130	62
T2	131 ab	28	225679 a	126	55
T3	126 b	28	241281 a	141	62
T4	131 ab	26	196821 b	161	64
Adicional (A)					
SEM	130	27	229143 a	131	61
COM	131	27	214275 b	149	61
Valor de Pr>Fc					
S	0,0127*	0,4618 ^{ns}	0,0011*	0,0001*	0,2398 ^{ns}
A	0,6532 ^{ns}	0,4927 ^{ns}	0,0362*	0,0001*	0,9999 ^{ns}
S X A	0,1951 ^{ns}	0,2736 ^{ns}	0,8091 ^{ns}	0,0037*	0,2620 ^{ns}
CV (%)	3,56	10,07	8,48	7,52	13,85 ^{ns}

S – Inoculações na semeadura: T1: Sem inoculação, T2: Bradyrhizobium na Semente, T3: Bradyrhizobium na semente/Azospirillum no sulco de semeadura, T4: Bradyrhizobium e Azospirillum nas sementes. A – Inoculação adicional de Bradyrhizobium no solo em R1 da soja. *significativo e ^{ns}não significativo pelo Teste de Tukey a 5% Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em que: CV: coeficiente de variação. **Fonte:** O autor, 2025.

Não houve diferença significativa na interação entre inoculação e inoculação adicional sobre o número de vagens por planta (NVP), nem influência isolada de cada tratamento (Tabela 1). Embora a FBN esteja associada à produção de hormônios vegetais que favorecem o crescimento e a formação de flores, vagens e sementes (Epstein e Bloom, 2006; Spaepen et al., 2007; Coatti et al., 2010; Davies, 2010; Liu et al., 2004), esses efeitos não se refletiram no número de vagens por planta (NVP) neste estudo. Por outro lado, observou-se efeito significativo da interação entre inoculação e inoculação adicional sobre o número de grãos por planta (Tabela 2).

No desdobramento da interação para NGP (Tabela 3), o tratamento T4 (inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* nas sementes) se destacou, provavelmente compensando a menor população de plantas (Tabela 1). A inoculação adicional também aumentou o número de grãos por planta, exceto no T2 (apenas *Bradyrhizobium* nas sementes). No T1 (sem inoculação na sementeira), a inoculação adicional via solo com *Bradyrhizobium* teve efeito positivo, e a presença de *Azospirillum* pode ter favorecido o desenvolvimento radicular e a formação de novos nódulos ativos (Gutierrez et al., 2007), resultando em maior produção de grãos.

Os tratamentos não interferiram sobre a massa seca de nódulos (MSNOD) (Tabela 2), mas houve interação significativa entre inoculação e inoculação adicional para o número (NOD) e a massa fresca de nódulos (MFNOD) (Tabela 2). No desdobramento da interação (Tabela 3), o tratamento T4 com inoculação adicional apresentou os menores valores de NOD e MFNOD, sugerindo competição entre as bactérias na rizosfera, mesmo com aplicação tardia de *Bradyrhizobium*.

Tabela 2 - Médias dos valores para número de nódulos (NOD), massa fresca de nódulos por planta (MFNOD), massa seca de nódulos por planta (MSNOD), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) da cultura soja, em área sob sistema plantio direto, por efeito da inoculação e inoculação adicional. Selvíria-MS, 2023.

Semeadura (S)	NOD n°	MFNOD -----g-----	MSNOD	M100	PG (kg ha ⁻¹)
T1	35	0,774	0,507	18,3 ab	4914
T2	30	0,726	0,361	17,2 b	5135
T3	29	0,786	0,386	17,3 b	5731
T4	21	0,482	0,400	18,5 a	4376
Adicional (A)					
SEM	29	0,669	0,423	17,8	5091
COM	29	0,714	0,405	17,8	4987
Valor de Pr>Fc					
S	0,0021*	0,0039*	0,2594 ^{ns}	0,0059*	0,0002*
A	0,9777 ^{ns}	0,4466 ^{ns}	0,7480 ^{ns}	0,8601 ^{ns}	0,5620 ^{ns}
S X A	0,0213*	0,0400*	0,4244 ^{ns}	0,5623 ^{ns}	0,0261*
CV (%)	21,76	23,70	36,70	4,45	9,96

S – Inoculações na semeadura: T1: Sem inoculação, T2: *Bradyrhizobium* na Semente, T3: *Bradyrhizobium* na semente/*Azospirillum* no sulco de semeadura, T4: *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* nas sementes. A – Inoculação adicional de *Bradyrhizobium* no solo em R1 da soja. *significativo e ^{ns}não significativo pelo Teste de Tukey a 5% Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em que: CV: coeficiente de variação. **Fonte:** O autor, 2025.

A co-inoculação pode favorecer a nodulação por estímulo à produção de flavonoides, que ativam genes do *Bradyrhizobium* em R1 (Rondina et al., 2020; Barbosa et al., 2021), A análise desses resultados está relacionada ao processo de nodulação, no qual a expansão do sistema radicular pode favorecer a absorção de água e nutrientes (Rondina et al., 2020; Barbosa et al., 2021). A co-inoculação induz a produção de flavonoides, que ativam o gene *Nod* no *Bradyrhizobium*. Essa ativação desencadeia sinais bioquímicos e hormonais nas raízes que iniciam o processo de infecção pelos microrganismos. No entanto, como a inoculação

adicional foi feita em período de estresse hídrico, a liberação de flavonoides pode ter sido comprometida.

O tratamento controle (T1) apresentou os maiores valores de NOD e MFNOD, o que se atribui à presença de uma microbiota nativa bem estabelecida, característica de áreas sob Sistema Plantio Direto (SPD) com cultivos anteriores com soja. Esse sistema mantém elevada diversidade microbiana devido à presença de resíduos culturais na superfície e à ausência de revolvimento do solo, garantindo um ambiente estável para o desenvolvimento da microbiota, inclusive com *Rhizobium* (Mondaca et al., 2024).

A interação microbiana natural no solo pode inibir o estabelecimento de microrganismos exógenos por competição ou antagonismo. O contato precoce do *Bradyrhizobium* com a semente e posterior ação do *Azospirillum* favorece o desenvolvimento da planta, embora estudos mostrem que essa combinação nem sempre melhora a massa seca dos nódulos (Alberto-Casas et al., 2019; Molla et al., 2001; Rego et al., 2018).

Para a massa de 100 grãos (M100), não houve interação significativa dos tratamentos (Tabela 2), mas a inoculação inicial promoveu grãos mais pesados no T4, possivelmente, por compensação da menor população de plantas (POP) (Tabela 1). A combinação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* favoreceu o desenvolvimento e a massa dos grãos (Puentes et al., 2017), embora o estresse hídrico no R1 possa ter limitado os efeitos da inoculação adicional (Naoe et al., 2020; Silva et al., 2022).

Houve interação significativa na produtividade de grãos (PG) (Tabela 1), cujo desdobramento (Tabela 3) indicou os menores valores no T4 com inoculação adicional, devido à baixa POP, que não foi compensada com maior NGP e M100 (Tabelas 2 e 3). A inoculação é recomendada, inclusive em áreas já cultivadas com soja, pois garante ganhos médios de 8% na produtividade (Hungria et al., 2007; Hungria; Nogueira, 2019). O bom desempenho do tratamento controle (T1) foi atribuído à microbiota nativa consolidada pelo SPD. A inoculação adicional coincidiu com período de estresse hídrico severo (Figura 1) comprometendo a atuação dos microrganismos e a produtividade. Tanto a escassez, quanto o excesso hídrico prejudicam a soja, especialmente em fases críticas como floração e enchimento de grãos (Chen et al., 2016). De modo geral, áreas apenas inoculadas inicialmente apresentaram melhor produtividade que aquelas com reaplicação do *Bradyrhizobium*. Isso confirma que aliar SPD com microrganismos é um método

importante para produtividade na cultura da soja, além do mais, pode significar uma redução nos custos produtivos pela manutenção de flora microbiana benéfica no solo, favorecendo a soja e as culturas da rotação

Tabela 3- Desdobramento da interação entre inoculações na semeadura e inoculação adicional de *Bradyrhizobium* no solo em R1 da soja, para número de grãos por planta (NGP), número de nódulos por planta (NOD), massa fresca de nódulos por planta (MFNOD) e produtividade de grãos (PG). Selvíria-MS, 2023

Semeadura (S)	NGP		NOD		MFNOD		PG	
	Adicional (A)		Adicional (A)		Adicional (A)		Adicional (A)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
T1	118 bB	143 bcA	37 aA	33 aA	0,857 aA	0,692 abA	4877 aA	4951 aA
T2	131 abA	122 cA	27 aA	34 aA	0,560 abB	0,892 aA	4952 aA	5318 aA
T3	130 abB	151 bA	25 aA	33 aA	0,805 aA	0,767 abA	5599 aA	5863 aA
T4	145 aB	178 aA	26 aA	16 bB	0,457 bA	0,507 bA	4937 aA	3815 bB

S – Inoculações na semeadura: T1: Sem inoculação, T2: *Bradyrhizobium* na Semente, T3: *Bradyrhizobium* na semente/*Azospirillum* no sulco de semeadura, T4: *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* nas sementes. A – Inoculação adicional de *Bradyrhizobium* no solo em R1 da soja. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte:** O autor, 2025.

Destaca-se que T3 apresentou as maiores médias de produção dentre os demais tratamentos, com incremento percentual médio de 20% para o tratamento que recebeu a inoculação adicional. Ao todo T3 foi capaz de aumentar em torno de 12 e 15 sacas ha^{-1} nos tratamentos sem e com inoculação adicional respectivamente. O uso de *Azospirillum spp.* na soja é uma das alternativas mais viáveis para aumento da produtividade de grãos, visto os mecanismos importantes controlados por essa bactéria. Nesse trabalho a coinoculação via sulco apresentou as maiores médias produtivas, indicando que essa aplicação pode ser benéfica e evitar efeito de competição que pode diminuir a eficiência da coinoculação, o que pode ser visto em T4 quando as duas bactérias foram utilizadas de maneira conjunta. Quanto a inoculação adicional, cabe ao produtor decidir se esse incremento médio é viável para ganhos, avaliando a questão custo/benefício. No entanto, é importante tomar nota que o preço do inoculante comercial é relativamente barato, o que pode viabilizar o uso dessa técnica como alternativa para a diminuição da FBN ao longo do ciclo da soja.

5. CONCLUSÃO

A inoculação com *Bradyrhizobium* via sementes, associada à aplicação de *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura, em sistema de plantio direto, mostra-se uma prática promissora para estimular o crescimento e o desenvolvimento da soja, contribuindo para o aumento da produtividade e a eficiência no uso dos recursos do solo. Além disso, a inoculação adicional de *Bradyrhizobium* no estágio R1 da cultura, via solo, também pode trazer benefícios, embora sua eficácia dependa das condições edafoclimáticas, do histórico da área se em SPD por longa duração e das características da cultivar utilizada. Portanto, a adoção de estratégias de inoculação adaptadas a cada realidade produtiva pode representar um avanço significativo na sustentabilidade e no desempenho agrônomo da cultura da soja.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTO-CASAS, M.; BLANCO, C.; FAJARDO-MOLINA, S.; PÉREZ, J.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. Respuesta de soja (*Glycine max* (L) Merr) a la inoculación con *Azospirillum* y *Bradyrhizobium*, **Cutivos tropicais** v. 40, n. 1, p. 2 2019. DOI:10.1234/ct.v40i1.1491.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Piracicaba, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Bárbaro, I. M., Brancalião, S. R., Ticelli, M., Miguel, F. B. & Silva, J. A. A. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. Artigo em Hypertexto. 2008. [Acesso em: 2 nov. 2019]. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm.
- BARROS, L. H. D. S.; MAGALHÃES, M. O. L.; DALBIANCO, A. B.; MARTINEZ, R. A. S.; FIDELIS, R. R.; ROSA, H. H. R. Soybean inoculation techniques for the region of Tangará da Serra - MT, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e724986029, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6029.
- CAMPOS, R. J.; HUNGRIA, M.; A Inoculação da Soja. Londrina: Embrapa- CNPSo. 28p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 17; EMBRAPA CPAC. Circular Técnica, 34). 2007.
- CARNIEL, Eduardo. Influência da reinoculação e coinoculação na produtividade de soja na região Centro-Sul do Paraná. 2018.

DALOLIO¹, Ricardo Sanches et al. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. 2018.

EPSTEIN, E.; A.N.N.D. P Bloom. 2006. **Princípios e perspectivas**. Editora Planta, Londrina, Brazil.

CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. **Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos**. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Eds). Feijão: 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, p.143-159.

CONAB, C. N. DE A. **Acompanhamento da safra brasileira 2023/2024**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2023/2024, 2024.

FAGAN, Evandro Binotto et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja- Revisão. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

GUTIERREZ, L.; WUYTSWINKEL, O.V.; CASTELAIN, M.; BELLINI, C. Combined networks regulating seed maturation. **Trends Plant Science**, v. 12, p. 294–300, 2007. DOI:[10.1016/j.tplants.2007.06.003](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.06.003).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologias de inoculação da cultura da soja: mitos, verdades e desafios**. In: KAPPES, C. (Ed.). Boletim de Pesquisa 2019/2020. Rondonópolis: Fundação MT, p. 50-62, 2019 (Fundação MT. Boletim, 19).

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S.; SILVA JÚNIOR, E. B.; ZILLI, J. É. Inoculum rate effects on the soybean symbiosis in new or old fields under tropical conditions. **Agronomy Journal**, v.109, p.1106–1112, 2017. DOI:[10.2134/agronj2016.11.0641](https://doi.org/10.2134/agronj2016.11.0641)

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Alternative methods of soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. **African Journal Agriculture**, v. 10, p. 2329-2338, 2015. DOI: [10.5897/AJAR2014.8687](https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8687)

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Co-inoculation of soybeans and common beans with *rhizobia* and *azospirilla*: strategies to improve Sustainability **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 791-801, 2013. DOI:[10.1007/s00374-012-0771-5](https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5)

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Science**, n.6, p. 811-817, 2015. DOI: [10.4236/ajps.2015.66087](https://doi.org/10.4236/ajps.2015.66087)

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologias de inoculação da cultura da soja: mitos, verdades e desafios**. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50–62. (Boletim, 19). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123928/1/SP-17-2020-online-1.pdf>.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; CAMPOS, L. J. M.; MENNA, P.; BRANDI, F.; RAMOS, Y. G. Seed pre-inoculation with *Bradyrhizobium* as time-optimizing option for large-scale soybean cropping systems. **Agronomy Journal**, [S.L.], v. 112, n. 6, p. 5222-5236, 22 set. 2020. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/agj2.20392>.

MARIA, I.C.; BERTOL, I.; DRUGOWICH, M.I. **Manual de manejo e conservação do solo e da água**. Manual de manejo e conservação do solo e da água: 527-587, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 2019.

MERCANTE, F. B. et al. Nutrição Nitrogenada na Cultura da Soja em Mato Grosso do Sul: Reinoculação x Adubação Nitrogenada. Comunicado Técnico, 66. Dourados, MS. Dezembro, 2002.

MICHALAK, DIEGO MONTEIRO. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA SOJA.

MONDACA, P.; CELIS-DIEZ, J. L.; DÍAZ-SIEFER, P.; OLMOS-MOYA, N.; MONTERO-SILVA, F.; MOLINA, S.; FONTÚRBEL, F. E.; APONTE, H.; MANDAKOVIC, D.; BASTIDAS, B.; ARELLANO, E. C. LAVANDERO, B.; CARVAJAL, M.; GAXIOLA, A. Effects of sustainable agricultural practices on soil microbial diversity, composition, and functions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 370, p.109053, 2024. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109053.

NISHI, Catalina Y. Masuda; HUNGRIA, Mariangela. Efeito da reinoculação na soja [Glycine max (L.) Merrill] em um solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium* com as estirpes SEMIA 566, 586, 587, 5019, 5079 e 5080. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 359-368, 1996.

NOAH, M.; MEBELO, M. Responses of soybeans (Glycine max (L.) Merrill) associated with variable plant density stress applied at different phenological stages: Plasticity or elasticity? **African Journal of Biotechnology**, v. 19, n. 6, p. 307–319, 2020. DOI:10.5897/ajb2020.17096.

PRANDO, A. M. et al. Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2022/2023 no Paraná. 2023.

PUENTE, M. L.; CASSÁN, F. D.; MOLINA, R. M.; GUALPA, J. L.; LOPEZ, G. A.; CARLETTI, S. M. The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean are explained by an auxin signaling model. **Symbiosis**, v. 76, n. 1, p. 41–49, 2017. DOI:10.1007/s13199-017-0536-x.

ROGESKI, Rafael; LAZARETTI, Norma Schlickmann. Efeito do tratamento de semente sobre a inoculação em soja. **Revista Cultivando o Saber**, p. 42-49, 2020. SANTOS, H. G., et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 355 p.

SANTOS M. S.; NOGUEIRA M.A.; HUNGRIA M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of

beneficial bacteria in agriculture. **AMB Expr** 9:205. 2019.
<https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>.

SOUSA, W. S.; TEIXEIRA, I. R.; CAMPOS, T. S.; SILVA, G. C.; SILVA, M. B.; MOREIRA, S. G. Supplementary reinoculation in topdressing of *Rhizobium tropici* in common bean crop: effects on nodulation, morphology, and grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, e20, 2021.

RONDINA, A.B.L.; SANZOVO, A.W.S.; GUIMARÃES, G.S.; WENDLING, J.R.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, p. 537-549, 2020. DOI: [10.1007/s00374-020-01453-0](https://doi.org/10.1007/s00374-020-01453-0).

TEIXEIRA, I. R.; LOPES, P. R.; SOUSA, W. S.; SILVA, G. C. Response of common bean to *rhizobium* reinoculation in topdressing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 4, p. 274-282, 2022. DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p274-282](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p274-282)

ZILLI, Jerri Édson et al. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1875-1881, 2010.

ZILLI, Jerri Édson; CAMPO, Rubens José; HUNGRIA, Mariangela. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 335-337, 2010.