

FORMATO DO ARTIGO ORIGINAL

Avaliação de diferentes tipos de microrganismos para a inoculação de sementes na cultura da soja

Felipe Agostinho Gobo, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil

Gabriel da Silva Fucks, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil

João Rafael De Conte Carvalho de Alencar, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil, joao.alencar@grupointegrado.br

Resumo: O trabalho foi desenvolvido com intuito demonstrar a importância da associação da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* conjunta a *Azospirillum brasilense*, em seu papel fundamental para o desenvolvimento e produtividade da cultura da soja, sendo a cultura de suma importância econômica para o país, sendo os papéis principais a fixação biológica de nitrogênio, condicionando uma melhor qualidade e produtividade e reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados, assim promovendo uma produção mais sustentável, além do desenvolvimento radicular da cultura. O trabalho foi desenvolvido em Mamborê - Paraná, no qual foi utilizado a cultivar 95Y95IPRO, semeada usando a inoculação com diferentes tipos de associação, sendo de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*, subsequente com ambas bactérias separadas e o uso *Bradyrhizobium* em turfa. As avaliações foram feitas aos 40, 72, dias após a emergência da cultura, sendo avaliado desenvolvimento radicular, condicionamento dos nódulos e massa de grãos produzidos. O uso em conjunto de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* se mostrou mais eficiente com os demais tratamentos, mostrando a importância da associação das duas bactérias, resultando em mais produtividade em comparativo com a testemunha e as demais bactérias aplicadas sem conjunto.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*, *Bradyrhizobium japonicum*, nodulação

Resumo em inglês: Deve ser redigido nos mesmos parâmetros do resumo em português.

Abstract: This study aimed to demonstrate the importance of the association of the bacteria *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in their fundamental role in the development and productivity of soybean crops, a crop of paramount economic importance for the country. The main roles include biological nitrogen fixation, leading to improved quality and productivity and reducing the need for nitrogen fertilizers, thus promoting more sustainable production, in addition to promoting root development of the crop. The study was conducted in Mamborê, Paraná, using the 95Y95IPRO cultivar, sown with inoculation using different types of association: *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*, followed by both bacteria separately, and the use of *Bradyrhizobium* in peat. Evaluations were performed at 40 and 72 days after crop emergence, assessing root development, nodule formation, and grain mass produced. The combined use of *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* proved more efficient than the other treatments, showing the importance of the association of the two bacteria, resulting in higher productivity compared to the control and the other bacteria applied separately.

Keywords: *Azospirillum brasilense*, *Bradyrhizobium japonicum*, nodulation

Keywords: devem ser redigidas nos mesmos parâmetros das palavras-chave em português.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador de grãos de soja do mundo. No ano de 2023, foi registrada a produção de mais de 154 milhões de toneladas em uma área de cerca de 44.062,6 milhões de hectares, seguido pelos Estados Unidos que ocupa o segundo lugar (EMBRAPA, 2023).

Um dos motivos pelos quais o grão de soja é um dos grãos mais produzidos no mundo é pelo fato de seu alto teor de proteína em sua composição, sendo essencial e indispensável na alimentação tanto humana quanto animal. O teor de proteína encontrado no grão de soja é de aproximadamente 40% (CRISPINO et al, 2001).

Contudo, um dos principais nutrientes para a formação das proteínas é o nitrogênio. Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja, sejam necessários 80 kg de Nitrogênio, ou seja, para uma produtividade média de 3000 kg de soja por hectare, são necessários 240 kg de nitrogênio disponíveis no sistema para suprir a necessidade da cultura (HUNGRIA et al, 2001).

Existem diversas formas de disponibilizar esse nitrogênio ao sistema, como: adubação nitrogenada, fixação não biológica e pelo solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, onde, dentre essas opções a fixação biológica é a mais eficiente (HUNGRIA et al, 2007).

A adubação nitrogenada possui uma alta absorção pela planta de soja, porém em contrapartida, possui um elevado custo e também diversas formas de perdas por lixiviação, baixa taxa de assimilação pela planta entre outros fatores. Dessa forma, a maneira de disponibilizar essa quantidade de Nitrogênio para a planta mais eficientemente é a fixação biológica de Nitrogênio, onde essa é realizada através de uma relação simbiótica entre microrganismo diazotróficos e a planta. (HUNGRIA; VARGAS; CAMPOS, 1997).

Essa relação ocorre pelas bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* na cultura da soja, que fazem a troca do nitrogênio atmosférico em amônia para que a cultura absorva esse nutriente. As bactérias fixadoras de nitrogênio possuem uma enzima chamada dinitrogenase, responsável por realizar a quebra do nitrogênio atmosférico (CRISPINO, et al, 200; FAGAN et al, 2007). Essa relação também pode ser melhorada por bactérias procaríotas microaeróbicas do gênero *Azospirillum*, que promovem o crescimento das raízes pela produção de reguladores vegetais (MARIN et al, 1999).

Os trabalhos com microrganismos fixadores de nitrogênio vêm sendo desenvolvidos no Brasil desde a expansão comercial da cultura da soja que ocorreu por volta de 1960, que demonstram que não seja necessário a adição de adubos nitrogenados na cultura, apenas a fixação biológica de Nitrogênio.

Dessa forma, o objetivo deste presente estudo é avaliar os diferentes tipos de inoculação que podem ser utilizados na cultura da soja.

MÉTODO

O experimento foi conduzido na propriedade rural sitio Rio Grandense (24° 22' 27,85"S e 52°35'42,78"O), do proprietário Milton Wolmir Fucks, que fica localizado no município de Mamborê, pertencendo a comunidade Lageado. O clima é Cfa segundo a classificação de Köppen, o clima subtropical úmido é caracterizado por verões quentes e invernos amenos, as precipitações são distribuídas ao longo do ano, com alta frequência de chuvas, especialmente nos verões, devido à influência de massas de ar tropicais (APARECIDO et al., 2016). O solo é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (SANTOS et al., 2025).

O experimento foi realizado entre os meses outubro de 2024 até fevereiro de 2025, onde foi utilizada a cultivar de soja 95y95 da Pioneer sementes, com potencial para produção de grãos, sementes classificadas como 95y95 possuem o grupo de maturação de 5.9 adaptada para essa região, sendo umas das cultivares mais plantadas na região por possuir alguns pontos fortes como rusticidade, alta caixa produtiva e tolerância a alguns tipos de nematoides,

Foram estabelecidos cinco tratamentos em delineamento de faixas, com a população de 224.137,93 por hectare. O delineamento foi inteiramente atualizado, com cinco soluções de inoculação e co-inoculação no processo de semeadura. O tamanho da área experimental foi de 1350m², com 5 faixas de 60m de comprimento com 4,5m de largura, com espaçamento entre linhas de 0,45cm.

Para cada tratamento foi utilizado um tipo de metodologia com microrganismos diferentes, sendo na parcela (1) a utilização da coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, (2) tratamento inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, (3) tratamento com *Azospirillum brasilense*, (4) tratamento testemunha sem nenhum tipo de tratamento, (5) tratamento *Bradyrhizobium japonicum* turfoso, no qual a dosagem de cada tratamento foi utilizado 300mL/ha de *Bradyrhizobium* e 150 mL/ha de *Azospirillum*, na parcela com inoculante turfoso foi utilizado 300g/ha do inoculante na caixa de sementes.

Para avaliação foram coletadas 5 plantas por ponto em 5 pontos aleatórios totalizando 25 plantas por tratamento, identificadas suas respectivas parcelas, em seguida foram contados, pesados e analisados para identificação de viabilidade, juntamente com tamanho de formação de raiz, para posteriormente análise estatística, foram realizadas duas coletas para amostragem uma em estágio vegetativa com 40 dias após a emergência (DAE), e posterior em estágio reprodutivo com 72 DAE.

Ao 123 DAE, a cultura encerrou seu ciclo dando início a colheita, realizada de forma mecanizada com uma colhedora, sendo descartado as bordaduras e três linhas laterais de cada lado das parcelas, após a colheita de cada parcela separadamente, no qual foi pesada a massa de grãos total da parcela e retirada o fator de umidade dos grãos, sendo realizada apenas avaliação descritiva.

As variáveis em questão foram o número de nódulos, formação de raízes, diante o período de desenvolvimento por tratamento e rendimento de massa de grãos entre os mesmos.

Na análise de rendimento, foram pesados em kg a quantidade colhida e determinado em m² a área de cada experimento, sendo dividido por 10000m² para obtermos kg/ha, o resultado dessa operação dividimos pelo fator de kg por sacas, sendo 60 kg, chegando a sc/ha.

Os dados obtidos foram analisados e tabulados em planilha eletrônica, pelo software AGROESTAT (BARBOSA; MALDONADO, 2015), assim geradas as médias para geração de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos diferentes tratamentos de inoculação na cultura da soja (*Glycine max*) demonstrou variações nos parâmetros de produtividade, desenvolvimento radicular e nodulação.

A Tabela 1 apresenta a produtividade de grãos em sacas por hectare (sc/ha) para cada tratamento. O tratamento com a coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* resultou na maior produtividade, atingindo 59,80 sc/ha. Este valor representa um incremento de 5,89% em relação à inoculação isolada com *B. japonicum* (56,47 sc/ha) e de 8,08% em comparação com o tratamento testemunha (55,33 sc/ha). A inoculação isolada com *A. brasilense* e o tratamento com *B. japonicum* turfoso apresentaram produtividades de 55,16 sc/ha e 53,67 sc/ha, respectivamente.

Tabela 1 – Produtividade em sacas por hectare por tratamento. Mamborê - PR. 2025.

Tratamento	Área ha	Amostra (kg)	Sacas/ha*
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>	0,028704	103	59,80
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	0,029509	100	56,47
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,0305118	101	55,16
Testemunha	0,031326	104	55,33
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> turfoso	0,032292	104	53,67

Kg: Peso em quilogramas. Fonte: Autores (2025). Ha: Unidade de medida em Hectare.

O comprimento de raiz (cm) das plantas de soja, avaliado nos estádios vegetativo e reprodutivo, é detalhado na Tabela 2. No estágio vegetativo, a coinoculação (*B. japonicum* + *A. brasilense*) e a inoculação isolada com *B. japonicum* apresentaram os maiores comprimentos de raiz, com 20,60 cm e 19,72 cm, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. O tratamento com *B. japonicum* turfoso resultou no menor comprimento (14,24 cm). No estágio

reprodutivo, a coinoculação manteve a superioridade (26,88 cm), seguida pela inoculação isolada com *B. japonicum* (22,28 cm).

Tabela 2 – Comprimento de raiz (cm) de plantas de soja em diferentes épocas de amostragem de acordo com diferentes tratamentos de inoculação. Mamborê - PR. 2025.

Tratamento	Vegetativo (cm)	Reprodutivo (cm)
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>	20,60 a	26,88 a
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	19,72 ab	22,28 b
<i>Azospirillum brasilense</i>	17,52 b	18,52 c
Testemunha	17,36 b	19,76 bc
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> turfoso	14,24 c	17,88 c
D.M.S. (5%)	2,9793	3,1959
C.V.(%)	2,97	3,20

Letras diferentes minúsculas na coluna indicam diferença entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2025).

A **Tabela 3** mostra a quantidade de nódulos de *Bradyrhizobium japonicum* em raiz pivotante. No estágio vegetativo, a coinoculação e o *B. japonicum* turfoso obtiveram os maiores números de nódulos (48,00 e 49,28, respectivamente), sem diferença estatística entre eles. No estágio reprodutivo, o *B. japonicum* turfoso (50,44) e a coinoculação (44,60) foram os tratamentos com maior nodulação.

Tabela 3 Quantidade de nódulos de *Bradyrhizobium japonicum* em raiz pivotante de soja de acordo com diferentes tipos de inoculação. Mamborê – PR, 2025.

Tratamento	Vegetativo	Reprodutivo
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>	48,00 a	44,60 b
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	44,60 ab	42,28 bc
<i>Azospirillum brasilense</i>	39,24 c	37,36 cd
Testemunha	41,04 bc	36,60 d
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> turfoso	49,28 a	50,44 a
D.M.S. (5%)	DMS (5%) = 4,7858	DMS (5%) = 4,9982

C.V.(%)		
---------	--	--

Letras diferentes minúsculas na coluna indicam diferença entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2025).

Os resultados obtidos demonstram o impacto positivo da inoculação e, em particular, da coinoculação, no desempenho agrônomo da soja. O incremento de produtividade de 8,08% observado no tratamento coinoculado (*B. japonicum* + *A. brasilense*) em relação à testemunha está em consonância com estudos que apontam ganhos médios na ordem de 8% a 15% em produtividade de grãos com a coinoculação (JANTALIA et al., 2021; DALOLIO et al., 2018).

A coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense* é uma prática que tem se consolidado devido à sinergia entre os microrganismos [2](#). Enquanto o *Bradyrhizobium* é o principal responsável pela Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), o *Azospirillum brasilense* atua como uma bactéria promotora de crescimento vegetal (BPCV), principalmente através da produção de fitormônios como as auxinas (BULEGON et al., 2016).

O maior comprimento de raiz e a alta quantidade de nódulos observados nos tratamentos coinoculados e com *B. japonicum* isolado (Tabelas 2 e 3) reforçam essa sinergia. O *Azospirillum* é conhecido por estimular o desenvolvimento do sistema radicular, o que, por sua vez, pode proporcionar uma maior área de superfície para a infecção pelo *Bradyrhizobium* e, conseqüentemente, uma maior nodulação e FBN (BULEGON et al., 2016). A maior nodulação no estágio reprodutivo, especialmente no tratamento com *B. japonicum* turfoso, sugere uma maior eficiência na FBN, que é crucial para o suprimento de nitrogênio durante o enchimento de grãos (JANTALIA et al., 2021).

A superioridade da coinoculação em produtividade (Tabela 1) pode ser atribuída à combinação de uma FBN eficiente (promovida pelo *Bradyrhizobium japonicum*) com o aumento da absorção de água e nutrientes e a tolerância a estresses bióticos e abióticos (promovida pelo *Azospirillum brasilense*) (DALOLIO et al., 2018).

A inoculação isolada com *A. brasilense* não se destacou em produtividade ou nodulação (Tabelas 1 e 3), o que era esperado, visto que este microrganismo não é um fixador de nitrogênio primário para a soja, mas sim um promotor de crescimento que potencializa a ação da bactéria diazotrófica *B. japonicum* (DALL'OLIO et al., 2018.)

Os resultados confirmam que a coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* é uma tecnologia de alto impacto, essencial para garantir a sustentabilidade e a alta produtividade da cultura da soja no Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo confirmam a eficácia da coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na semente de forma líquida como uma prática agrônômica superior para a cultura da soja na região de Mamborê – PR.

A coinoculação demonstrou ser o tratamento mais eficiente, resultando no maior índice de produtividade de grãos (59,80 sc/ha), além de promover um sistema radicular mais desenvolvido e uma nodulação robusta nos estádios vegetativo e reprodutivo.

Conclui-se que a adoção da coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense* é altamente recomendada para maximizar o potencial produtivo da soja, otimizando a FBN e o desenvolvimento da planta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Centro Universitário Integrado pela coordenação, suporte institucional e apoio concedido ao desenvolvimento deste projeto. Expresso também minha sincera gratidão ao senhor Milton Wolmir Fuchs, proprietário da área experimental, por disponibilizar o local para a condução desta pesquisa. Dirijo meu reconhecimento à Fazenda 5 Irmãos, pela concessão de todos os produtos utilizados no experimento, cuja contribuição foi essencial para a realização deste trabalho. Agradeço de forma especial ao professor João Rafael, pela orientação, dedicação e contribuição técnica ao longo do desenvolvimento deste estudo. Registro, igualmente, minha gratidão ao professor Jhone Espindola, que foi fundamental na execução das atividades experimentais, oferecendo suporte e conhecimento indispensáveis para a concretização deste projeto. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

REFERÊNCIAS

APARECIDO, L. E. O. et al. Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para o zoneamento climático do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 405-417, 2016.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal, FCAV/UNESP. 396p, 2015.

BULEGON, L. G. et al. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium E Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, Chapingo, v. 34, n. 2, p. 169-176, abr./jun. 2016.

CRISPINO, C.C.; FRANCHINI, J.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; LOUREIRO, M.F.; SANTOS, E.N.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Adubação nitrogenada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

DALOLIO, R. S. et al. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA**, 8., 2018, Goiânia. Anais [...]. Goiânia: Embrapa Soja, 2018. p. 1-4.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja**. 2023.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; CASAROLI, D.; MANFRON, P. A.; SIMON, J.; DOURADO NETO, D.; DE JONG VAN LIER, Q.; SANTOS, O. S.; MÜLLER, L. Fisiologia da fixação do nitrogênio em soja: uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14, n. 1, p. 89–106, 2007.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 6, p. 793–803, 2007.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J. **A inoculação da soja**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 1997. (Embrapa Cerrados. Folheto, 2

JANTALIA, C. P. et al. Soja inoculada com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* spp. em áreas comerciais dos estados do Tocantins e Bahia: efeito na contribuição da FBN e na produtividade de grãos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2021. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 105).

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. dos S.; BALDANI, J. I. **Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1999.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 6ª ed., Brasília: EMBRAPA, 2025, 393p.