

Inoculação e coinoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, associados com cobalto, molibdênio e níquel

Kathleen Lino da Silva^{1*}; Augustinho Borsoi¹

¹ Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

* kathleen.lino19@gmail.com

Resumo: A inoculação de sementes de soja é uma prática crucial que envolve a introdução de bactérias fixadoras de nitrogênio, melhorando o desempenho inicial da planta e do solo. Essas bactérias estabelecem simbiose com as raízes da planta, formando nódulos que possibilitam a fixação do nitrogênio atmosférico, tornando-o disponível. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, aplicado de forma conjunta e isolada, em associação de micronutrientes Cobalto, Molibdênio e Níquel nas características agrônômicas e produtivas da soja. O ensaio foi instalado na Fazenda Escola da FAG, no município de Cascavel - PR, entre outubro de 2024 a janeiro de 2025. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos, e cinco repetições. Os tratamentos foram divididos da seguinte forma: T1 – Testemunha; T2 – *B. japonicum*; T3 – *B. japonicum* + *A. brasilense*; T4 – *B. japonicum* + CoMoNi. Os parâmetros avaliados foram a altura de plantas, números de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade. Os resultados obtidos indicam que o uso de *B. japonicum* e *A. brasilense* e associação com micronutrientes interferem no número de grãos por vagem. No entanto, não resultou em incremento de produtividade da soja, nas condições estudadas.

Palavras – chaves: *Glycine max*; Fixação biológica de nitrogênio; Nodulação; Fertilidade do solo; Nutrientes.

Inoculation and co-inoculation of soybean seeds with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*, associated with cobalt, molybdenum and nickel

Abstract: Soybean seed inoculation is a crucial practice that involves the introduction of nitrogen-fixing bacteria, improving the initial performance of the plant and soil. These bacteria establish symbiosis with the plant roots, forming nodules that allow the fixation of atmospheric nitrogen, making it available. The objective of this study was to evaluate the effect of the bacteria *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*, applied together and in isolation, in association with micronutrients Cobalt, Molybdenum and Nickel on the agronomic and productive characteristics of soybean. The trial was installed at the FAG Farm School, in the city of Cascavel - PR, between October 2024 and January 2025. The experimental design adopted was in randomized blocks (DBC), with four treatments, and five replications. The treatments were divided as follows: T1 - Control; T2 - *B. japonicum*; T3 - *B. japonicum* + *A. brasilense*; T4 – *B. japonicum* + CoMoNi. The parameters evaluated were plant height, number of pods per plant, number of grains per pod and productivity. The results obtained indicate that the use of *B. japonicum* and *A. brasilense* and association with micronutrients interfere in the number of grains per pod. However, it did not result in an increase in soybean productivity under the conditions studied.

Keywords: *Glycine max*; Biological nitrogen fixation; Nodulation; Soil fertility; Nutrients.

Introdução

A soja (*Glycine max*), está entre as principais culturas de grãos do mundo, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial dessa commodity. O farelo de soja, o óleo, e outros produtos derivados são amplamente utilizados na alimentação humana e animal, além de ser uma importante fonte para produção de biodiesel.

No Brasil, a soja foi introduzida em 1882, com sementes vindas dos Estados Unidos, destacando-se como uma oleaginosa originária do leste asiático, especificamente da China, sua significativa expansão global é atribuída ao alto valor nutritivo de seus grãos, que contribui para sua ampla aceitação e demanda no País (Floss, 2022).

Para a safra 2024/2025, a área dedicada ao cultivo de soja foi de 45,7 milhões de hectares, o que representa um aumento de 3,8 % em relação à safra anterior, no entanto, a produção estimada foi de 147,68 milhões de toneladas, marcando uma redução de 4,5 % em comparação com a safra 2022/2023 (Conab, 2024). Para alcançar essa produção, o tratamento de sementes com bactérias, elementos minerais e micronutrientes é uma prática vantajosa e que, cada vez mais, vem se tornando investimento frequente do produtor rural para uma lavoura obter aumento de produtividade da soja, pois, permite sinergismo e disponibilidade de nutrientes às plantas no início de seu desenvolvimento. Por outro lado, a falta desses elementos implica em limitações de crescimento e metabolismo da cultura, consequentemente, resulta em perdas significativas (Carmo Filho, 2022).

A inoculação das sementes de soja é um procedimento crucial devido à necessidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Esse processo pode ser realizado de forma manual ou mecanizada, pois a cultura da soja requer uma quantidade significativa de nitrogênio disponível no solo para completar seu ciclo vegetativo e reprodutivo, e iniciar o enchimento dos grãos. A inoculação envolve a aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio nas sementes. Essas bactérias estabelecem uma relação simbiótica com o sistema radicular da planta, formando nódulos nas raízes, onde o nitrogênio atmosférico é fixado (Alves e Aguila, 2020).

O micronutriente benéfico cobalto (Co) e os essenciais molibdênio (Mo) e níquel (Ni) são fundamentais às plantas de soja por estarem diretamente envolvidos no processo de FBN, responsável pelo suprimento de N às plantas. Esses elementos são constituintes respectivamente, da hemoproteína, leghemoglobina e das enzimas nitrogenase e hidrogenase, as quais atuam no interior de estruturas denominadas de nódulos, que se desenvolvem no sistema radicular das plantas durante o processo de simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium sp.* Além disso, o Ni também é constituinte da enzima uréase, responsável por catalisar a degradação da ureia e realizar o metabolismo de N, a falta de Ni diminui a atividade

da uréase e causa o acúmulo de ureia, que em excesso pode ocasionar necrose das folhas e até a morte das plantas de soja. (Carmo Filho, 2022).

Para produzir 1000 kg de grãos de soja, são necessários 80 kg de nitrogênio (N). Desses 80 kg, 81 % são utilizados na formação dos grãos, enquanto os 19 % restantes são destinados ao desenvolvimento de caule, folhas e raízes (Hungria *et al.*, 2001). Entre as diversas fontes de nitrogênio disponíveis para a soja, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é a mais econômica. Esse processo é realizado por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que formam uma simbiose com as raízes das plantas, convertendo o N₂ atmosférico em NH₃, que é então fornecido à planta em troca de carboidratos produzidos pela fotossíntese (Hungria *et al.*, 2015).

O *Azospirillum brasilense* é um agente biológico que tem mostrado benefícios significativos na coinoculação. Esse microrganismo promove a fixação de nitrogênio e, principalmente, melhora o desenvolvimento do sistema radicular (Hidalgo *et al.*, 2018). Conhecidas como bactérias promotoras de crescimento vegetal, influenciam processos metabólicos e fisiológicos das plantas, estimulando a produção de fitormônios como o ácido indolacético e o ácido indolbutírico (Martínez-Viveros *et al.*, 2010; Hidalgo, 2018), além de enzimas hidrolíticas (Mostajeran *et al.*, 2007). Esses efeitos contribuem para uma maior absorção de nutrientes, maior tolerância à seca e aumento da produtividade (Bashan, Holguín e De-Bashan *et al.*, 2004).

Além da inoculação convencional, a técnica de coinoculação, que envolve a aplicação conjunta de *Bradyrhizobium* e *A. brasilense*, tem mostrado resultados significativos e está se tornando mais conhecida (Bárbaro *et al.*, 2008; Barbaro *et al.*, 2009; Pardino; Primieri, 2015; Braccini, 2016). No entanto, ainda é pouco utilizada pelos produtores devido ao seu alto investimento.

Portanto, mais estudos são necessários para avaliar a influência de tratamento de sementes com diferentes bactérias, associadas com elementos benéficos e micronutrientes, sobre a atividade de FBN e o desempenho das plantas em termos de desenvolvimento aéreo e radicular. Além disso, é importante conhecer o sinergismo entre os tratamentos a serem aplicados na semente. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a inoculação e coinoculação de sementes de soja com as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, associado com os micronutrientes Co, Mo e Ni nas características agrônômicas e produtivas da soja.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de campo, no município de Cascavel, no estado do Paraná, na área de cultivo da Fazenda Escola, do Centro Universitário FAG, localizada nas coordenadas geográficas Latitude: 24°56'24"S e Longitude: 53°30'49"W, entre o mês de outubro de 2024 a janeiro de 2025. O clima predominante na região é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) com precipitação anual média entre 1800 a 2000 mm (Nitsche *et al.*, 2019).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 2018). Para os parâmetros químicos foi realizado amostragem de solo antes da implantação do experimento, nas camadas de 0 - 0,20 cm (Tabela 1). A área experimental apresenta histórico de cultivos de plantas forrageiras e grandes culturas, como soja, milho e trigo, sendo que a última cultura instalada na área antes do ensaio foi o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.).

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20m antes do início do experimento. Cascavel, PR.

Atributos químicos do solo	Valor	Unidade	Interpretação
Ca	7,14	Cmol _c /dm ³	Alto
Mg	1,45	Cmol _c /dm ³	Alto
K	0,33	Cmol _c /dm ³	Alto
pH CaCl ₂	5,00	-	
CTC _{pH7.0}	14,68	Cmol _c /dm ³	Alto
Carbono	24,25	g/dm ³	Alto
M. Orgânica	41,71	g/dm ³	Alto
Saturação de bases	60,73	%	Médio
Ferro	23,10	mg/dm ³	Médio
Manganês	11,10	mg/dm ³	Médio
Cobre	2,8	mg/dm ³	Alto
Zinco	1,6	mg/dm ³	Médio

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), contemplando quatro tratamentos aplicados via semente, que incluíram inoculação e coinoculação, além da associação de nutrientes. O experimento foi realizado com cinco repetições, resultando em um total de 20 parcelas.

Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: T1 - testemunha (sem tratamento), T2 - *Bradyrhizobium japonicum* (4 mL kg⁻¹), T3 - *Bradyrhizobium japonicum* (4 mL kg⁻¹) + *Azospirillum brasilense* (2 mL kg⁻¹) e T4 - *Bradyrhizobium japonicum* (4 mL kg⁻¹) + CoMoNi (2 mL kg⁻¹). Ambos tratamentos foram feitos via inoculação e coinoculação horas antes da semeadura do experimento para não haver morte das bactérias por armazenamento e temperaturas inadequadas.

Para a condução deste estudo, foi utilizada a cultivar Zeus (55I57RSF IPRO), a qual possui alta tecnologia genética e um potencial produtivo altamente significativo. Esta cultivar é caracterizada por seu ciclo precoce, elevado potencial de ramificações e adequada adaptação a altitudes superiores, conforme os dados fornecidos pela empresa obtentora da semente.

O manejo pré – semeadura foi realizado de forma química, com finalidade de controle de plantas daninhas, sendo aplicado glifosato ($0,750 \text{ kg ha}^{-1}$) 7 dias antes da semeadura.

A semeadura foi realizada no dia 08 de outubro de 2024, sob palhada, em sistema de plantio direto, com espaçamento de 45 cm entre linhas, 13 sementes por metro linear, com população final de $288.880 \text{ plantas ha}^{-1}$ com auxílio de trator e semeadora, apenas para demarcar e riscar a área, incorporando adubo de base super fosfato simples (21 % de P_2O_5). Após, a semeadura foi realizada de forma manual, utilizando o equipamento adaptado como semeadora, conhecido como bicicletinha, com composição de um dosador de disco horizontal do tipo pipoqueira, e um sulcador do tipo disco duplo defasado no quadro, sendo manuseado pelo operador de forma manual em pé. A área total do experimento foi de 200 m^2 , com cada parcela apresentando dimensões de 3,00 m por 2,25 m.

Após o estabelecimento, as plantas foram acompanhadas constantemente para o monitoramento de pragas e doenças. Para o controle químico de *Euschistus heros* (percevejo – marrom), foi utilizada uma aplicação única, dos ingredientes ativos Acefato e Bifentrina, compostos no mesmo produto comercial, com a dosagem de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Para controle químicos de doenças, sendo estas *Microsphaeria diffusa* (oídio) e manchas foliares, foram utilizados, em quatro aplicações os ingredientes ativos Trifloxistrobina + Tebuconazol, na dosagem de $0,6 \text{ L ha}^{-1}$, Prothioconazol + Trifloxistrobina $0,500 \text{ L ha}^{-1}$, Epoxiconazol + Fluxapirroxade + Piraclostrobina, $1,0 \text{ L ha}^{-1}$, Clorotalonil $2,0 \text{ L ha}^{-1}$, Mefentrifluconazol + Piraclostrobina + Fluxapirroxade $0,700 \text{ L ha}^{-1}$.

O controle de plantas daninhas pós plantio, foi realizado por meio de capina nos primeiros estádios vegetativos da cultura, e por meio de aplicação química na fase V4, utilizando Haloxifope na dose de $0,290 \text{ L ha}^{-1}$ associação de Glifosato na dose de $0,750 \text{ kg ha}^{-1}$, devido à alta infestação de plantas invasoras.

Os parâmetros de altura e número de vagens por planta, foram avaliados em 10 plantas das linhas centrais de cada parcela, obtido com auxílio de banner com medidas, medindo-se da região do colo até a última vagem da planta. O número de vagens por planta foram contados manualmente e separados por parcelas, obtendo uma média por tratamento no final. Para o parâmetro grãos por vagem, foram utilizadas as mesmas plantas da contagem de vagens,

selecionando 10 vagens por parcela e contabilizando quantos grãos cada uma delas desenvolveram, assim, obtendo uma média.

A produtividade foi avaliada em 3 metros na mesma área central de cada parcela, colhendo-se manualmente e após levadas para o galpão para secagem e em seguida foram trilhadas com a máquina estacionária motorizada posteriormente a amostra foi pesada e os valores convertidos por meio de regra de três levando em consideração a área colhida e o peso por parcela e corrigido a umidade a 13 %, segundo a Regra para análise de sementes.

Os dados serão submetidos a análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância, com auxílio do programa estatístico Genes (Cruz, 2016).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir do teste de Tukey para altura das plantas de soja mostraram que não houve respostas significativa nos tratamentos (Tabela 2). Indicando que, tanto *Bradyrhizobium japonicum* associada a *Azospirillum brasilense* utilizados em tratamento de semente de soja quanto *B. japonicum* associadas cobalto, molibdênio e níquel ou uso de *B. japonicum* de forma isolada não interfere em desempenho da altura de plantas, nas condições edafoclimáticas em que o ensaio foi conduzido.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância e médias dos parâmetros altura de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade, em função do uso microrganismos e micronutrientes em tratamento de semente de soja.

Tratamentos	Altura de plantas (m)	Nº de vagens/planta	Grãos por vagem	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	0,75 a	34,00 b	3,00 a	5524,45 a
<i>B. japonicum</i>	0,82 a	44,00 b	3,28 a	5688,89 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	0,75 a	66,4 a	3,30 a	5651,85 a
<i>B. japonicum</i> + CoMoNi	0,80 a	65,2 a	3,34 a	4485,18 a
QM Blocos	0,004	251,075	0,008	361552,40
QM Tratamentos	0,006 ^{ns}	1281,60 *	0,121 ^{ns}	1639470,00 ^{ns}
Média geral	0,78	52,40	3,23	5337,59
CV (%)	5,84	17,75	6,62	12,70

QM: quadrado médio ^{ns}: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F; *: significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro.

Para a variável número de vagens por planta foi verificada diferença significativa, sendo os tratamentos com inoculação de *B. japonicum* associado a *A. brasilense* e o *B. japonicum* + CoMoNi apresentaram valores estatisticamente iguais e superiores aos tratamentos testemunha

e com *B. japonicum* isolada (Tabela 2). Em trabalho realizado por Masciarelli *et al.* (2014) também foi verificado que a coinoculação com *B. japonicum* e *B. amyloliquifaciens* em plantas de soja aumentou o crescimento das plantas.

As variáveis número de grão por vagem e produtividade não apresentaram respostas significativa (Tabela 2), portanto, o uso de *B. japonicum* e *A. brasilense* e associação com micronutrientes não incrementaram a produtividade nas condições do estudo. No entanto, de acordo com Hungria, Campos e Mendes (2007), o uso associado destas duas bactérias em TS pode causar incremento no rendimento do grão em até 8 % e ainda contribuir com a melhoria das condições químicas do solo, ao deixar resíduo de N para as culturas subsequentes.

Os resultados deste estudo corroboram com Luz *et al.* 2019), de acordo com os autores ao estudar a cultura da soja verificou que a coinoculação de *B. japonicum* com *A. brasilense* não incrementou a produtividade quando comparado aos tratamentos com inoculação de *B. japonicum* e testemunha. Já no trabalho realizado por Hungria (2013), verificaram os benefícios gerados com a inoculação com *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum* spp. em leguminosas, em que, avaliando a ação da coinoculação em soja não observou diferença entre os tratamentos. Hungria *et al.* (2015), ao analisar a coinoculação de *Bradyrhizobium* spp. na cultura da soja, verificaram efeitos positivos na produtividade desta cultura.

Assim, a inoculação ou coinoculação mista com microrganismos simbióticos e assimbióticos apresentam potencial de produzir efeito sinérgico, o que gera incrementos nos resultados, superando aqueles obtidos de forma isolada (Bárbaro *et al.*, 2008). Porém, para tal, as condições e associações das bactérias (estirpes) devem ser adequadas. Para as condições edafoclimáticas da área do presente estudo com os microrganismos utilizados (*B. japonicum* e *A. brasilense*) não foi verificado aumento de produtividade para a cultura da soja.

Porém, é importante salientar que a qualidade dos microrganismos pode afetar sua ação, portanto, a produção e armazenamento adequado destes seres vivos são cruciais para o obter resultado potenciais. Além disso, segundo Bulegon *et al.*, (2016), a não ocorrência de diferença nos resultados quanto ao uso de inoculação e coinoculação deve-se a fatores intrínsecos de condições ambientais do solo e de cultivares.

Segunda a análise de solo da área, em que o ensaio foi instalado, possui solo fértil e com alto teor de matéria orgânica, isto pode explicar a não resposta na inoculação dos microrganismos, pois, trabalhos realizados em área de primeiro cultivo e com alto teor de matéria orgânica não resultou em incremento de produtividade com uso de inoculantes devido a mineralização do N da matéria orgânica (Hungria *et al.*, 2001). Antes da implantação do ensaio havia na área o cultivo de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Esta cultura apresenta

alto potencial para cobrir o solo e alta produção de massa verde, chegando até 35 t ha⁻¹ (Barros e Jardine, 2021). Outro fator a levar em consideração, quando não é observada interação ao uso de microrganismos na soja é a adubação nitrogenada, pois a cultura é sensível, onde adição de N na semeadura reduz a nodulação e por conseguinte na queda de rendimento (Hungria *et al.*, 2000).

O simples fato de fazer uso associado de microrganismo no agroecossistema não é garantia de sucesso, pois são organismos que estão em contínua interação, apresentando relações de simbiose, antagonismo, mutualismo e parasitismo entre as diferentes espécies de organismo do solo (Gouda *et al.*, 2018). Além disso, necessitam estar em harmonia dentro da vasta heterogeneidade da rizosfera, pois competem com a microbiota nativa. Assim, o êxito no uso de microrganismos como bioinsumos na agricultura depende também de características dos inoculantes e da sua interação com o solo e com a planta (Cardozo *et al.*, 2022), além da forma de inoculação.

Apesar da inoculação via semente ser a mais utilizada, alguns cuidados devem ser levados em consideração, pois há alguns fatores que podem reduzir a densidade do inoculo ou a capacidade de colonizar a planta hospedeira em função de tratamentos químicos realizados na semente, além disso, algumas espécies produzem, durante a germinação, compostos aleloquímicos que podem ser nocivos ao microrganismo (Goutam, 2021; Lopes *et al.*, 2021).

Conclusões

A utilização de *B. japonicum* + *A. brasilense* e *B. japonicum* + CoMoNi em tratamento de semente resultou em maior número de vagens por planta.

A inoculação e coinoculação de microrganismos associados Co, Mo e Ni não influenciou a produtividade e demais características da soja, nas condições estudadas.

Referências

ALVES, A. C. D. O.; HEIFFIG-DEL AGUILA, L. S. A importância da fixação biológica para a cultura da soja. In: SEMANA INTEGRADA UFPEL, 6.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2020, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2020.2020.

BÁRBARO, I. M. Produtividade da soja em resposta a inoculação padrão e coinoculação. **Colloquium Agrariae**, v. 5, n. 1, p. 14-22, 2009.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALÃO, 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**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 14 mai. 2025

BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. **Nabo-forrageiro**. Londrina: Embrapa agroenergia 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/nabo-forrageiro>>. Acesso em: 24 maio. 2025.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.

BRACCINI, A. L. Co-inoculação e Modos de Aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e Adubação Nitrogenada na Nodulação das Plantas e Rendimento da Cultura da Soja. **Scientia Agrararia Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.

BULEGON, L. G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, E. A. M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, v. 34, p. 169-176, 2016.

CARDOZO, P.; OKON, Y.; BASHAN, Y.; FERNANDES-JUNIOR, P.; HUNGRIA, M. Improvement of Maize Yield by Foliar Application of *Azospirillum brasilense* Az39. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 41, n. 3, p. 1032–1040, 2022.

CARMO FILHO, A. D. S. **Tratamento de sementes de soja com cobalto, molibdênio e níquel: efeitos no potencial fisiológico das sementes, nodulação e desempenho das plantas**. 2022. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Ajustes na área de milho e soja resultam em uma produção de 295,45 milhões de toneladas na safra 2023/2024**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/ajustes-na-area-de-milho-e-soja-resultam-em-uma-producao-de-295-45-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024-1>. Acesso em: 15 mai. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., Brasília, 2018. 356 p.

FLOSS, E. L. **Maximizando o rendimento da soja: “Ecofisiologia, nutrição e manejo”**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Sul, 2022. 416 p.

GOUTAM, N. Seed Coating with Beneficial Microbes for Precision Farming. **International Journal of Modern Agriculture**, v. 10, n. 1, 2021.

GOUDA, S.; KERRY, R. G.; DAS, G.; PARAMESWARAN, B.; KUMAR, A.; PATRA, J. K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, v. 206, p. 131–140, 2018.

HIDALGO, M. G. **Diversidad de genes bacterianos relacionados con promoción del crecimiento vegetal**. Universitat Oberta de Catalunya, Dissertação de Mestrado (Máster de Bioinformática y Bioestadística Microbiología, biotecnología y biología molecular). 2018.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, 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**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. J. (ed.). **Biological nitrogen fixation**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015. p. 1009–1024.

HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology Fertility Soils**, v.49, p.791–801, 2013.

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 Sciences**, v.6, p.811-817, 2015.

LOPES, M. J. S.; SANTIAGO, B. S.; SILVA, I. N. B.; GURGEL, E. S. C. Microbial biotechnology: inoculation, mechanisms of action and benefits to plants. **Research, Society and Development**, v. 10, p.1-13. 2021.

LUZ, R. A.; FACHINELLI, R.; KATHYUCI, H.; ABREU, A.; MAKINO, P. A.; CECCON, G. Produtividade da soja e bioindicadores do solo em função da inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em sucessão de cultivos. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 5, 2019.

MASCIARELLI, O.; LLANES, A.; LUNA, V. A new PGPR co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* enhances soybean nodulation. **Microbiological Research**, v. 169, n. 7–8, p. 609-615, 2014.

MARTINSEZ-VIVEROS, O.; JORQUERA, M. A.; CROWLEY, D. E.; GAJARDO, G.; MORA, M. L. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, n. 10, p. 293-319, 2010.

MOSTAJERAN, A.; AMOOAGHAIE, R.; EMTIAZI, G. The participation of the cell wall hydrolytic enzymes in the initial colonization of *Azospirillum brasilense* on wheat roots. **Plant and Soil**, v. 291, p. 239-248, 2007.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019. 210 p.