



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CURSO DE AGRONOMIA

Julia dos Santos Ganen

**Avaliação da nodulação da soja com estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* de forma isolada e combinada em casa de vegetação**

Curitibanos  
2024

Julia dos Santos Ganen

**Avaliação da nodulação da soja com estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* de forma isolada e combinada em casa de vegetação**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Rurais do Campus de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Agronomia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Sonia Purin da Cruz, Ph.D.

Curitibanos

2024

Ganen, Julia dos Santos

Avaliação da nodulação da soja com estirpes comerciais de Bradyrhizobium de forma isolada e combinada em casa de vegetação / Julia dos Santos Ganen ; orientadora, Sonia Purin da Cruz , 2024.

47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

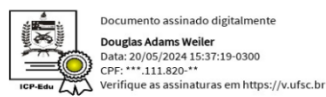
1. Agronomia. 2. Soja. 3. Bradyrhizobium . 4.  
Nodulação Cruz , Sonia Purin . II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Julia dos Santos Ganen

Avaliação da nodulação da soja com estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* de forma isolada e combinada em casa de vegetação

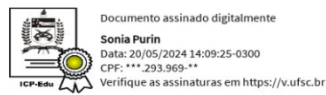
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, 16 de maio de 2024.



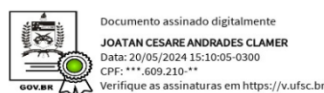
Coordenação do Curso

Banca examinadora



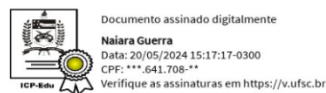
Prof.(a) Sonia Purin da Cruz, Dr.(a)

Orientador(a)



Eng. Agrônomo Joatan Césare Andrades Clamer

Biosphera Agro Solutions



Dr.a Naiara Guerra

Universidade Federal de Santa Catarina

Curitiba, 2024.

Dedico este trabalho ao meu pai, Vicente.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela superação de todos os obstáculos encontrados ao longo da jornada.

Ao meu pai, Vicente, que apresentou a profissão e ofereceu suporte durante todo o curso, motivando e me apoiando em todas as provas, sem medir esforços para que este momento fosse alcançado. À minha mãe, Karla, por se orgulhar e celebrar minhas conquistas como se fossem suas. Minha avó Vânia pelo amor incondicional e suas incansáveis orações sobre minha vida. Ao Yago meu namorado, por compartilhar praticamente toda a graduação ao meu lado, sendo meu apoio constante em todos esses anos, companheiro fiel nas alegrias e dificuldades que enfrentamos juntos, meu profundo agradecimento.

Um agradecimento especial às amigas Natalia, Sabrina, Laura, Bruna e Gabrielle, que estiveram ao meu lado desde o início. Especialmente à Fernanda, que além de colega de projeto, tornou-se minha fiel escudeira a quem devo tanto. Ao amigo Fernando, meu irmão de coração, cujo carinho é indescritível, sendo meu braço direito desde o primeiro dia de graduação. Aos amigos que chegaram depois, mas se tornaram uma verdadeira família: Anna, Olávio e João.

À orientadora, Professora Sonia, uma verdadeira inspiração e exemplo de ser humano, agradeço a orientação, apoio em todas as atividades, “puxões de orelhas”, oportunidades. Sua presença transformou não apenas minha graduação, mas minha vida como um todo.

A empresa Biosphera Agro Solutions, por ter proporcionado o ensaio e fornecido todo o suporte necessário para a realização deste projeto.

Aos colegas do Gmicro, pela camaradagem e ajuda mútua, tornando o trabalho mais leve. A todos que participaram desta jornada de alguma forma, o agradecimento é sincero. Todo carinho e apoio foram essenciais para tornar este capítulo possível.

## RESUMO

A soja é uma das culturas mais cultivadas globalmente, impulsionada pela ampla utilidade de seu grão, que serve de base para a alimentação tanto animal quanto humana. Devido à sua alta dependência do nutriente nitrogênio, são necessárias práticas que aprimorem a eficiência da fixação biológica (FBN). O uso de *Bradyrhizobium* na cultura da soja é reconhecido por reduzir custos e eliminar a necessidade de adubação nitrogenada. No entanto, as variações ambientais podem afetar a eficácia das estirpes, destacando a importância de potencializar a FBN, especialmente em condições desfavoráveis. Desta forma, o presente trabalho avaliou a nodulação de estirpes utilizadas comercialmente de forma isolada e combinada, buscando incrementos de nodulação. O experimento foi conduzido em parceria com a Empresa BIOSPHERA Agro Solutions, em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com treze tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram constituídos por T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T6 a T13: diferentes combinações entre as quatro estirpes de bactérias. Avaliou-se número e massa de nódulos, altura massa de parte aérea e raízes em V4 e R4. Os resultados foram submetidos à ANOVA ( $P > F_c = 0,05$ ) as médias foram comparadas com teste t (LSD). Entre as variáveis analisadas, aquelas que apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos nos dois estádios fenológicos foram a massa de nódulos frescos e secos, com os tratamentos T5 e T7 se destacando, e o número de nódulos, onde os tratamentos T5, T11 e T7 se sobressaíram. Esses dados destacam positivamente a estirpe *B. elkanii* 5019 de forma isolada e enfatizam a utilização das combinações de estirpes de *Bradyrhizobium* como uma alternativa para a cultura da soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L; bactérias diazotróficas; fixação biológica; combinações de estirpes.

## ABSTRACT

Soy is one of the most cultivated crops globally, driven by the wide usefulness of its grain, which serves as the basis for both animal and human nutrition. Due to its high dependence on the nutrient nitrogen, practices that improve the efficiency of biological fixation (BNF) are possible. The use of *Bradyrhizobium* in soybean cultivation is recognized for reducing costs and eliminating the need for nitrogen fertilizer. However, environmental variations can affect the effectiveness of strains, highlighting the importance of enhancing FBN, especially under unfavorable conditions. Therefore, the present work evaluated the nodulation of strains used commercially in isolation and in combination, seeking increases in nodulation. The experiment was conducted in partnership with the company BIOSPHERA Agro Solutions, in a greenhouse, in a completely randomized design with thirteen treatments and ten replications. The treatments consisted of T1: Control; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkani* 5019; T5: *Bradyrhizobium elkani* 587; T6 to T13: different modifications between the four strains of bacteria. essentially nodulation, mass of shoots and roots in V4 and R4. The results were submitted to ANOVA ( $P > F_c = 0.05$ ) and the means were compared with the t test (LSD). Among the proven variables, those that had significant differences between treatments in the two phenological stages were the mass of fresh and dry nodules, with treatments T5 and T7 standing out, and the number of nodules, where treatments T5, T11 and T7 stood out. These data specifically highlight the *B. elkani* 5019 strain in isolation and emphasize the use of modifications of *Bradyrhizobium* strains as an alternative for soybean cultivation.

**Keywords:** *Glycine max* L; diazotrophic bacteria; biological fixation; combination of strains.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de incorporação dos fertilizantes ao solo (A) e aspectos dos vasos após o processo de adubação e calagem (B). .....	20
Figura 2 - Preparação das sementes para o procedimento de inoculação.....	21
Figura 3 - Aspecto das sementes antes (A) e depois da aplicação de Standak Top (B). .....	21
Figura 4 - Semeadura nos vasos. ....	22
Figura 5 - Registro das plantas antes da avaliação aos 34 DAS.....	23
Figura 6 - Registro fotográfico de alguns exemplares avaliados na primeira coleta de dados aos 34 DAS. ....	23
Figura 7 - Procedimentos realizados para mensuração de dados na primeira coleta. ....	24
Figura 8 - Registro fotográfico de alguns exemplares das plantas avaliadas na segunda coleta de dados, aos 61 DAS.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de solo do experimento .....	18
Tabela 2 - Tratamentos, estirpes e doses de inoculante empregados no experimento. ....	20
Tabela 3 - Valores médios de massa de parte aérea fresca na primeira avaliação da soja no estádio V4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2023. .....	26
Tabela 4 - Valores médios de massa de nódulos frescos na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2023.....	27
Tabela 5 - Valores médios de massa de nódulos secos na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2023.....	27
Tabela 6 - Valores médios de número total de nódulos na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2023.....	28
Tabela 7 - Valores médios de número de nódulos presentes na raiz secundária na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2023 .....	29
Tabela 8 - Valores médios de massa de nódulos frescos na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2024.....	30
Tabela 9 - Valores médios de massa de nódulos secos na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2024.....	30
Tabela 10 - Valores médios de altura na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2024.....	31
Tabela 11 - Valores médios de número de nódulos na raiz principal na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2024 .....	32
Tabela 12 - Valores médios de número de nódulos presentes na raiz secundária na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2024. ....	32
Tabela 13 - Valores médios de número total de nódulos na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> - Curitibanos-SC, 2024.....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 O CULTIVO DA SOJA NO BRASIL .....	13
2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO .....	13
2.3 INOCULANTES PARA SOJA .....	14
2.4 NODULAÇÃO DA SOJA.....	15
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
3.1 INOCULAÇÃO E SEMEADURA .....	21
3.3 COLETA DE DADOS AOS 34 E 61 DAS .....	22
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
4.1 DADOS EM V4.....	26
4.2 DADOS EM R4.....	29
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta leguminosa cultivada globalmente e reconhecida como uma importante fonte de farelo proteico e óleo (Cunha,2012). O Brasil se destaca como o maior produtor mundial e principal exportador de soja (CONAB, 2023). Devido ao alto teor de proteínas nos grãos, cerca de 40% em média, o cultivo de soja demanda uma quantidade significativa de nitrogênio (Hungria, *et al.*, 2014). No entanto, é amplamente reconhecido que a produção nacional de soja seria economicamente inviável se toda a necessidade de nitrogênio da cultura dependesse exclusivamente de adubações minerais, devido à quantidade exigida pela cultura e aos custos associados à adubação nitrogenada (Hungria *et al.*, 2007).

O sucesso da fixação biológica de nitrogênio (FBN), no Brasil, é resultado de pesquisas e de seleção de estirpes compatíveis com as cultivares brasileiras, com alta eficiência e adaptadas às diferentes condições ambientais em que a cultura é cultivada no país (Santos *et al.*, 2006). Assim, a simbiose entre as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e a soja é essencial para o sucesso do cultivo. No Brasil, as estirpes empregadas na fabricação de inoculantes são SEMIA 587 e SEMIA 5019, da espécie *Bradyrhizobium elkanii*, e SEMIA 5079 e SEMIA 5080, da espécie *Bradyrhizobium japonicum* (Mattos; Oliveira,2014).

Nesse cenário, diversas áreas de pesquisa buscam aprimorar a nodulação da soja, considerando que algumas condições edafoclimáticas podem afetar seu funcionamento (Zilli *et al.*, 2010). A combinação de estirpes já utilizadas comercialmente pode ser uma alternativa favorável para promover uma melhor adaptação dessas bactérias em campo, e assim contribuir para melhor rendimento nos sistemas produtivos em diferentes ambientes.

Dada a importância do *Bradyrhizobium* para a soja e a influência de condições ambientais na eficiência da FBN, o uso de estirpes combinadas pode aprimorar a nodulação da soja, especialmente em ambientes desfavoráveis as bactérias. Diante desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a nodulação da soja. Foram mensuradas as seguintes variáveis: número de nódulos na raiz principal e na raiz secundária, massa dos nódulos, massa da parte aérea e das raízes, e altura das plantas. Essas avaliações foram realizadas em resposta a estirpes comerciais de *Bradyrhizobium*, tanto individualmente quanto em combinação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O CULTIVO DA SOJA NO BRASIL

Globalmente, a soja assume o papel principal entre as oleaginosas produzidas e consumidas, justificado pela sua importância tanto no consumo animal, por meio do farelo de soja, quanto no consumo humano, através do óleo (Dutra., *et al*). Atualmente as maiores regiões produtoras de soja no Brasil são o Centro-Oeste, Sul e Sudeste e a produtividade média de soja no país atingiu 3.508 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023). No Brasil, a partir dos anos 1970, a produção de soja alcançou notável destaque no agronegócio, marcado pelo aumento das áreas cultivadas e, sobretudo, pelo incremento da produtividade resultante da adoção de novas tecnologias (EMBRAPA, 2021). A introdução da soja na agricultura nacional provocou uma transformação no setor agrário. Inicialmente considerada uma cultura com pouca relevância nacional, se transformou, em um curto espaço de tempo, um dos principais produtos da atividade agrícola e da economia do país (Bonato; Bonato, 1987).

O Brasil se destacou ao aproveitar o escoamento da safra durante a entressafra americana, e com esta vantagem competitiva, o país passou a investir em tecnologia para adaptação da cultura às condições brasileiras. Este processo, mediado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, permitiu pela primeira vez na história o cultivo do grão em regiões de baixas latitudes (EMBRAPA, 2024).

Atualmente o Brasil é o líder no ranking internacional de produção de soja, apresentando a maior extensão territorial dedicada ao cultivo. O país alcançou uma média de 140 milhões de toneladas de grãos de soja durante uma safra produtiva (CONAB, 2023). Essa evolução na produção da soja brasileira contribuiu para sua consolidação como líder global entre as oleaginosas. Para Brandão e Hungria (2000), a cultura da soja só apresenta viabilidade econômica graças a fixação biológica de nitrogênio, este processo evita a aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos, diminuindo significativamente os custos de produção da cultura.

### 2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é o nutriente que a maioria das culturas precisa em maior quantidade, exercendo uma importância crucial para aumentar a produtividade agrícola (Souza; Soratto, 2006). Sendo componente dos ácidos nucleicos e das proteínas, que são moléculas essenciais

para todos os processos biológicos, é o nutriente mais demandado pelas plantas (Hungria *et al.*, 2007). No entanto, as plantas são capazes de assimilá-lo apenas na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (Bredemeier; Mundstock, 2000).

A fixação biológica do nitrogênio consiste na redução do nitrogênio atmosférico em amônia por meio da ação da nitrogenase. Os microrganismos capazes de realizar este processo são divididos em dois grupos principais: fixadores simbióticos e não simbióticos (Moreira; Siqueira, 2006; Hungria *et al.*, 2001).

Os gêneros de bactérias fixadoras de nitrogênio simbióticas, como *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, são amplamente documentados na literatura. Ao estabelecer uma relação simbiótica com as raízes das plantas, esses microrganismos têm a capacidade de atender toda necessidade de nitrogênio em plantas leguminosas (Florencio *et al.*, 2022). Quando essas bactérias se associam simbioticamente às plantas, acabam formando estruturas especializadas denominadas nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica (Hungria *et al.*, 2001).

Conforme Zilli, Campo e Hungria (2010), no cenário do cultivo de soja no Brasil, a aplicação de inoculantes com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium*, emerge como uma prática indispensável, uma vez que a FBN pode suprir todo o N que a soja necessita (Hungria *et al.*, 2007; Hungria; Mendes, 2015; Hungria; Nogueira, 2022).

A eficácia desses microrganismos viabiliza a obtenção de elevados rendimentos de grãos, dispensando a utilização de nitrogênio mineral. A adoção generalizada desta tecnologia pelos produtores brasileiros não apenas amplia sua prática, mas também se traduz em uma estimativa de economia anual de 15,2 bilhões de dólares na safra 2019-2020 em fertilizantes nitrogenados (Telles *et al.*, 2023).

### 2.3 INOCULANTES PARA SOJA

Atualmente, para a cultura da soja, os inoculantes mais amplamente adotados são os turfosos e líquidos. Conforme estabelecido pela Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011, a concentração mínima desses inoculantes deve ser de  $1 \times 10^9$  bactérias viáveis por grama ou mililitro de inoculante (MAPA, 2011).

Recomenda-se a aplicação de uma carga bacteriana de 1.200.000 bactérias por semente em áreas previamente cultivadas com soja e de 2.400.000 bactérias por semente em áreas novas (Vieira Neto *et al.*, 2008). A qualidade da inoculação é crucial, sendo fundamental realizar o procedimento até 24 horas antes da semeadura, garantindo uma mistura eficaz do inoculante

com as sementes e evitando tratamentos que possam ser prejudiciais às bactérias (Hungria; Campo; Mendes, 2001).

Durante o ciclo fenológico da soja, os primeiros nódulos de *Bradyrhizobium* se formam com a infecção da raiz principal. Ao longo desse ciclo, observa-se uma contínua formação e renovação desses nódulos no sistema radicular da planta, adaptando-se às suas necessidades. Destaca-se o estágio V4, marcado pelo pleno estabelecimento dos nódulos, e o estágio R1, que representa o pico de nodulação para a cultura. No entanto, a partir do estágio R5, observa-se uma redução na formação de novos nódulos, uma vez que o nitrogênio começa a ser direcionado para o acúmulo nos órgãos reprodutivos, como vagens (Cassini; Franco, 2006).

Um aspecto essencial para a qualidade da inoculação é a eficiência das estirpes utilizadas (Denardin, 2006). No contexto da soja, o gênero *Bradyrhizobium* apresenta uma afinidade particular com a cultura. Tendo em vista a ausência natural dessas bactérias nos solos brasileiros, a inoculação é justificada. A especificidade da infecção de *Bradyrhizobium* na soja é favorecida por um complexo conjunto de informações genéticas entre os rizóbios e a planta hospedeira, envolvendo diversos genes (Cardoso, Freitas, 1992; Yusuf, Siemens, Bullock, 1999).

Os microrganismos empregados na produção de inoculantes para a cultura da soja, devidamente registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), incluem: *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079, *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587, e *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 5019. Estes microrganismos são mantidos na EMBRAPA Soja, na cidade de Londrina, PR.

É visto um aumento crescente no uso de inoculantes microbianos, captando a atenção dos agricultores. Além da eficiência evidente da fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja, os inoculantes microbianos proporcionam ao agricultor benefícios como redução de custos e mitigação de problemas ambientais. Esse cenário só comprova o resultado comercial dos produtos, pois os inoculantes baseados em bactérias do gênero *Bradyrhizobium* representaram 57,4% das vendas deste setor no ano de 2022 (ANPII, 2023).

## 2.4 NODULAÇÃO DA SOJA

De acordo com estudo de Hungria, Campo e Mendes (2001), plantas de soja com uma nodulação adequada devem apresentar entre 15 e 30 nódulos por planta durante o período de florescimento da cultura. A capacidade de realizar a FBN na soja está estreitamente ligada à

quantidade e à massa dos nódulos. Para aprimorar a nodulação das estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio, é importante realizar testes, visando combinar diferentes estirpes.

Cada estirpe pode ter melhor adaptação a regiões diferentes e melhor desempenho em contextos específicos. A adaptação das cepas a diferentes condições edafoclimáticas pode potencializar a nodulação. Estas pesquisas visam identificar e superar limitações que possam afetar a eficácia das bactérias fixadoras de nitrogênio, almejando melhorar a produtividade agrícola. A combinação de estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* na soja acarreta uma maior diversidade genética de rizóbios, o que, por sua vez, pode beneficiar a planta de soja, aumentando a nodulação e refletindo em produtividade da cultura em cenários adversos.

No estudo de Scholles e Vargas (2004), foram utilizadas estirpes recomendadas para o cultivo de soja (SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 e SEMIA 5080) em situação de solo inundado. Foi constatado que a hipoxia prejudicou a fixação biológica de nitrogênio das estirpes avaliadas de forma isolada. Entretanto duas estirpes apresentaram uma capacidade de FBN superior sobre essas condições limitantes: SEMIA 587 (*B. elkanii*) e SEMIA 5079 (*B. japonicum*)

O trabalho de Bizarro (2008) testou a simbiose e variabilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em diferentes manejos do solo. O trabalho ressaltou que houve variabilidade genética de acordo com o manejo realizado, sendo que as estirpes de *B. japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) não foram tão competitivas quanto as de *B. elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019), que apresentaram resultados positivos independente das condições de manejo testadas.

No estudo conduzido por Zenzen *et al.* (2007), foi analisada a nodulação de plantas de soja sujeitas a diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* e exposição à hipoxia. Os resultados indicaram que as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019 apresentaram um desempenho superior à estirpe SEMIA 5079, resultando em uma maior massa seca de nódulos. Especificamente, a estirpe 5019 atingiu uma média de 0,84g de massa seca de nódulos por planta de soja. Além disso, as plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 5019 e SEMIA 587 mostraram-se menos suscetíveis ao alagamento em comparação com a estirpe SEMIA 5079. A estirpe 5019 gerou uma média de 249 nódulos, enquanto a estirpe 5079 proporcionou em média 130 nódulos durante o período de inundação, indicando uma melhor nodulação da soja em solos alagados.

Por fim, no estudo conduzido por Campos *et al.* (2006), as combinações de estirpes de *Bradyrhizobium* SEMIA 587+SEMIA 5019, SEMIA 587 + SEMIA 5079, SEMIA 587 + SEMIA 5080, SEMIA 5019 + SEMIA 5079 e SEMIA 5019 + SEMIA 5080 foram avaliadas quanto à fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja em sistema de plantio direto. As



estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5019 apresentaram uma média de 37,7 nódulos por planta e uma massa seca de nódulos de 0,196 g, enquanto SEMIA 5019 + SEMIA 5080 apresentaram uma média de 38,4 nódulos por planta e uma média de massa seca de nódulos de 0,217 g. Essas combinações proporcionaram médias mais satisfatórias em termos de nodulação e massa de nódulos secos em comparação com as outras avaliadas.

Esses estudos destacam diversas respostas e uma alta variabilidade no desempenho das estirpes, influenciado pelas condições edafoclimáticas. Isso ressalta a importância de considerar que em locais onde as estirpes comerciais recomendadas para a soja não estão alcançando o funcionamento esperado, a combinação de diferentes estirpes pode surgir como uma alternativa para melhorar atuação das bactérias.

### 3. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, em colaboração com a Empresa BIOSPHERA Agro Solutions, responsável também pela aquisição das sementes e inoculantes. O experimento foi conduzido entre 2023 e 2024, em condições de casa de vegetação na Fazenda Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, no município de Curitibanos/SC (Latitude: 27° 16' 60" Sul, Longitude: 50° 35' 7" Oeste)

O solo utilizado no experimento foi um Cambissolo Háplico proveniente da Fazenda Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise de solo do experimento

<b>Determinação</b>	<b>Valores</b>
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	4,9
Índice SMP	4,4
Ca	0,22 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Mg	0,18 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
AL	4,93 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
H + AL	27,40 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
CTC Efetiva	5,35 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Saturação Alumínio/Base	92,15 (%) / 1,52 (%)
M.O.	6,4 (%)
C.O.	3,71 (%)
Argila	62 (%)
P Mehlich	3,6 mg/dm <sup>-3</sup>
Na	1 mg dm <sup>-3</sup>
K	9 mg dm <sup>-3</sup>
CTC a pH 7,0	27,82 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
K	0,023 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
<b>Relações</b>	
Ca/Mg	1,2
(Ca + Mg)/K	17,39
K/(Ca + Mg) ½	0,03

Fonte: LAS, 2019.

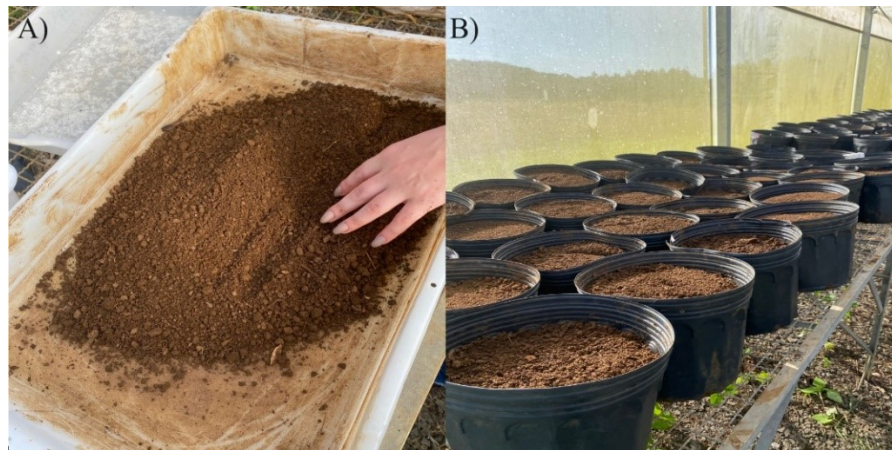
Inicialmente, foi feita a correção de pH do solo. O objetivo da calagem foi ajustar o pH do solo para 6,0, visando uma produtividade de 6t ha<sup>-1</sup> em um solo previamente não cultivado, conforme as especificações do Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016). A dose de calcário recomendada por hectare foi de 21 toneladas.

O solo foi misturado em uma betoneira de 50 L para garantir a homogeneidade no procedimento de calagem. Em seguida, o solo foi disposto em vasos. Cada vaso utilizado no experimento possuía capacidade de 11 litros, e recebeu 10 litros de solo. Cada vaso foi saturado com água e posteriormente foi mantido fechado e impermeabilizado com sacos plásticos na bancada da casa de vegetação. Após a aplicação do calcário, foi aguardado um período de 30 dias para permitir que o solo reagisse. Após esse intervalo, verificou-se o pH de todos os vasos do experimento, utilizando apenas aqueles que apresentavam um pH acima de 5,7.

Após a calagem, foram incorporados fertilizantes à base de P e K no solo de todos os vasos. Os fertilizantes superfosfato triplo e cloreto de potássio foram utilizados de acordo com as recomendações de adubação total para a cultura. Em relação ao fósforo, a recomendação foi de 0,14 t ha<sup>-1</sup>, o que equivale à aplicação de 0,383 t de SFT ha<sup>-1</sup>. A recomendação de K foi de 0,23 t ha<sup>-1</sup>, o que corresponde a uma dose de cloreto de potássio de 0,341 t ha<sup>-1</sup>.

Na adubação de base, uma camada superficial de sete centímetros do solo contido no vaso foi removida. Os fertilizantes pré-triturados foram incorporados ao solo. O supertriplo foi aplicado em dose única, enquanto o solo recebeu 50% da dose de cloreto de potássio na base e os outros 50% em cobertura (em V4). Posteriormente, essa mesma camada de solo, agora misturada com os fertilizantes, foi reintegrada ao vaso. (Figura 1). Em V4, os 50% restantes de KCl foram aplicados diluídos em água.

Figura 1 - Processo de incorporação dos fertilizantes ao solo (A) e aspectos dos vasos após o processo de adubação e calagem (B).



Fonte: Autora (2023).

O experimento foi estabelecido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 13 tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos testados no ensaio envolveram a aplicação diferentes cepas de bactérias fixadoras de nitrogênio, tanto em forma combinada quanto isolada. A Tabela 2 descreve os tratamentos do experimento, especificando a aplicação de cepas.

Tabela 2 - Tratamentos, estirpes e doses de inoculante empregados no experimento.

Tratamento	Estirpes aplicadas
1	-
2	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> 5079
3	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> 5080
4	<i>Bradyrhizobium elkanii</i> 587
5	<i>Bradyrhizobium elkanii</i> 5019
6	Combinação 1
7	Combinação 2
8	Combinação 3
9	Combinação 4
10	Combinação 5
11	Combinação 6
12	Combinação 7
13	Combinação 8

Elaborado pela autora (2024).

### 3.1 INOCULAÇÃO E SEMEADURA

A cultivar de soja empregada foi a BMX Zeus, com ciclo médio de 123 dias. As sementes foram inoculadas com as estirpes bacterianas correspondentes a cada tratamento (Figura 2). A carga microbiana foi de 2,4 milhões UFC/semente e foi alcançada ajustando o volume de inoculante (respectiva concentração) e a quantidade de água. Após essa etapa, as sementes foram submetidas ao tratamento com o produto Standak Top, na proporção de 100 mL para cada 50 kg de sementes (Figura 3).

Figura 2 - Preparação das sementes para o procedimento de inoculação



Fonte: A autora (2023).

Figura 3 - Aspecto das sementes antes (A) e depois da aplicação de Standak Top (B).



Fonte: A autora (2023).

A semeadura ocorreu no dia 08/11/2023. Foram semeadas três sementes por vaso (Figura 4). Em seguida, cada vaso foi irrigado com 500 mL de água. Após a semeadura, os vasos foram aleatorizados nas bancadas.

No estágio fenológico V1 foi escolhida a planta com melhor vigor disponível no vaso e as outras foram removidas, com objetivo de manter apenas uma planta por vaso.

Figura 4 - Semeadura nos vasos.



Fonte: Autora (2023).

Após a sementeira, estas plantas foram monitoradas semanalmente, atendendo às necessidades de irrigação e remoção de plantas daninhas.

### 3.3 COLETA DE DADOS AOS 34 E 61 DAS

No dia 12/12/2023, ocorreu a primeira coleta de dados, quando as plantas se encontravam no estágio fenológico V4 (Figura 5).

Figura 5 - Registro das plantas antes da avaliação aos 34 DAS.



Fonte: A autora (2023).

Cinco plantas de cada tratamento foram coletadas para a mensuração de altura, quantidade de nódulos presentes nas raízes principais e secundárias, massa de nódulos frescos e secos, massa da parte aérea fresca e seca. A Figura 6 ilustra alguns exemplares de plantas analisadas durante a primeira coleta de dados. Os cinco vasos restantes de cada tratamento foram mantidos para a coleta de dados aos 61 DAS.

Figura 6 - Registro fotográfico de alguns exemplares avaliados na primeira coleta de dados aos 34 DAS.



Fonte: A autora (2023).

Inicialmente, foi mensurada a altura das plantas por meio da utilização de uma régua. A seguir as plantas foram removidas dos vasos. Em seguida, as raízes foram lavadas para auxiliar na visualização e contagem de nódulos presentes. Posteriormente, a parte aérea foi retirada da raiz através de um corte na inserção dos cotilédones. Após isso, ocorreu a extração e contagem manual dos nódulos presentes nas raízes, os quais foram separados de acordo com sua localização, na raiz principal ou nas secundárias (Figura 7).

Figura 7 - Procedimentos realizados para mensuração de dados na primeira coleta.



Fonte: A autora (2023).

A parte aérea, nódulos e raízes das plantas foram pesados individualmente em balanças analíticas e, posteriormente, acondicionados em sacos de papel pardo e levados à estufa com temperatura de 60°C até atingirem massa constante. Após isso, o material foi pesado, a fim de obter os valores de massa de nódulos secos, raízes secas e parte aérea seca.

No dia 08/01/2024, ocorreu a segunda coleta de dados, quando as plantas se encontravam no estágio fenológico R4. As avaliações realizadas foram as mesmas do estágio V4. A Figura 8 representa alguns exemplares de plantas avaliadas na segunda coleta de dados.



Figura 8 - Registro fotográfico de alguns exemplares das plantas avaliadas na segunda coleta de dados, aos 61 DAS



Fonte: A autora (2024).

### 3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram analisados por meio de análise de variância. Na presença de diferenças significativas, as médias foram comparadas utilizando o teste t (LSD) a um nível de significância de 5%, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2014).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DADOS EM V4

Os resultados da análise de variância demonstraram diferenças estatísticas significativas em relação à massa de parte aérea fresca (Anexo A). O tratamento T11 se destacou, apresentando a maior média. No entanto, estatisticamente, foi similar aos tratamentos T1, T2, T4, T5, T6, T10, T12, T13, que, por sua vez, também foram estatisticamente similares entre si. Os tratamentos T3, T7, T8 e T9 mostraram as menores médias, como indicado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios de massa de parte aérea fresca na primeira avaliação da soja no estádio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

Tratamentos	Médias de massa de parte aérea fresca (g)					
T1	5,1320	a1	a2	a3	a4*	
T2	6,2040			a3	a4	
T3	4,3880	a1				
T4	5,6160		a2	a3	a4	
T5	5,3780	a1	a2	a3	a4	
T6	5,1400	a1	a2	a3	a4	
T7	5,1160	a1	a2	a3		
T8	4,6220	a1	a2			
T9	4,6280	a1	a2			
T10	5,1380	a1	a2	a3	a4	
T11	6,2180				a4	
T12	5,8960			a3	a4	
T13	6,1900			a3	a4	
Média			5,3589			
CV %			16,18			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

A variável de massa de nódulos frescos apresentou diferenças significativas entre tratamentos (Anexo C). Os tratamentos que apresentaram as maiores médias foram T2, T5, T6, T7, T11, T12 e T13. Em contrapartida, os tratamentos T1, e T8, e demonstraram menores médias em relação aos demais (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de massa de nódulos frescos na primeira avaliação da soja no estádio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

Tratamentos	Médias de massa de nódulos frescos (g)			
T1	0,0008	a1*		
T2	0,0167		a2	a3 a4
T3	0,0053	a1	a2	a3
T4	0,0073	a1	a2	a3
T5	0,0193			a3 a4
T6	0,0145	a1	a2	a3 a4
T7	0,0162		a2	a3 a4
T8	0,0046	a1	a2	
T9	0,0086	a1	a2	a3
T10	0,0078	a1	a2	a3
T11	0,0268			a4
T12	0,0160		a2	a3 a4
T13	0,0189			a3 a4
Média	0,0125			
CV %	89,05			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $P > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Os resultados indicam que houve diferenças significativas em relação à massa de nódulos secos (Anexo D). Os tratamentos T5, T6, T7 e T11 apresentaram destaque por demonstrarem as maiores médias. Já os tratamentos T1 e T3 foram estatisticamente similares entre si e apresentaram as menores médias dentre os tratamentos analisados (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de massa de nódulos secos na primeira avaliação da soja no estádio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

Tratamentos	Médias de massa de nódulos secos (g)			
T1	0,0001	a1*		
T2	0,0005	a1	a2	a3
T3	0,0001	a1		
T4	0,0007	a1	a2	a3
T5	0,0019		a2	a3 a4
T6	0,0017	a1	a2	a3 a4
T7	0,0031			a4
T8	0,0005	a1	a2	
T9	0,0006	a1	a2	a3
T10	0,0007	a1	a2	a3
T11	0,0022			a3 a4

Tratamentos	Médias de massa de nódulos secos (g)			
T12	0,0008	a1	a2	a3
T13	0,0006	a1	a2	a3
Média	0,0010			
CV %	125,73			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Em relação ao número total de nódulos (Anexo J), os tratamentos T5 e T11 apresentaram as maiores médias, e tratamento T1 resultou em menor nodulação entre os tratamentos avaliados (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de número total de nódulos na primeira avaliação da soja no estádio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023

Tratamentos	Médias de número total de nódulos			
T1	2,4	a1*		
T2	7,8	a1	a2	a3
T3	4,2	a1	a2	
T4	7,0	a1	a2	
T5	17,0			a4
T6	9,0		a2	a3
T7	7,4	a1	a2	
T8	4,2	a1	a2	
T9	4,6	a1	a2	
T10	4,8	a1	a2	
T11	13,8			a3 a4
T12	6,2	a1	a2	
T13	7,2	a1	a2	
Média	7,3			
CV %	66,22			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Já no número de nódulos presentes na raiz secundária, houve diferença significativa (Anexo I). A maior média foi observada no tratamento T5, similar estatisticamente ao tratamento T11. Já os tratamentos T1, T3, T8, T9 e T10 apresentaram as menores médias e foram iguais estatisticamente na variável em questão (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios de número de nódulos presentes na raiz secundária na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023

Tratamentos	Médias de número de nódulos presentes nas raízes secundárias.		
T1	2,0	a1*	
T2	6,0	a1	a2
T3	1,6	a1	
T4	4,8	a1	a2
T5	11,8		a3
T6	5,6	a1	a2
T7	4,0	a1	a2
T8	2,0	a1	
T9	2,0	a1	
T10	3,0	a1	
T11	8,4		a2 a3
T12	4,6	a1	a2
T13	4,6	a1	a2
Média		4,7	
CV %		81,41	

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $P_{r>F_c}=0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Não houve diferenças significativas sobre as seguintes variáveis: massa parte área seca (Média geral: 0,94g; anexo B), massa de raízes fresca (Média geral: 6,04g; anexo E), massa de raízes seca (Média geral: 0,63g; anexo F), altura (Média geral: 8,96 cm; anexo G), e número de nódulos presentes na raiz principal (Média geral: 2,66g; anexo H).

#### 4.2 DADOS EM R4

Houve diferença significativa sobre a variável massa de nódulos frescos (Anexo N). As maiores médias foram dos tratamentos T4, T5 e T7 em relação a todos os outros tratamentos (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios de massa de nódulos frescos na segunda avaliação da soja no estádio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

Tratamentos	Médias de massa de nódulos frescos (g)			
T1	0,0105	a1*		
T2	0,0236	a1		
T3	0,0362	a1		
T4	0,1614		a3	a4
T5	0,1186		a2	a3
T6	0,0187	a1		
T7	0,2324			a4
T8	0,0734	a1	a2	
T9	0,0285	a1		
T10	0,0349	a1		
T11	0,0290	a1		
T12	0,0270	a1		
T13	0,0213	a1		
Média	0,0627			
CV %	94,43			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $P > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Os resultados da análise de variância demonstraram diferenças estatisticamente significativas em relação à massa de nódulos secos (Anexo O). O tratamento T7 se destacou, apresentando a maior média. No entanto, estatisticamente, foi similar aos tratamentos T4, T5, T9 e T10, os quais, por sua vez, também foram estatisticamente similares entre si (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios de massa de nódulos secos na segunda avaliação da soja no estádio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

Tratamentos	Médias de massa de nódulos secos (g)				
T1	0,0015	a1*			
T2	0,0074	a1	a2		
T3	0,0126	a1	a2		
T4	0,0357			a4	a5
T5	0,0297			a3	a4
T6	0,0067	a1	a2		
T7	0,0396				a5
T8	0,0106	a1	a2	a3	
T9	0,0201	a1	a2	a3	a4
T10	0,0268		a2	a3	a4
T11	0,0171	a1	a2	a3	a4
T12	0,0157	a1	a2	a3	a4

Tratamentos	Médias de massa de nódulos secos (g)		
	<b>T13</b>	0,0146	a1
Média	0,0183		
CV %	88,15		

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > Fc = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Na variável altura, foram observadas diferenças significativas (Anexo R). Os tratamentos T2, T3, T4, T7, T8, T9 e T11 apresentaram destaque por demonstrarem as maiores médias. Já o tratamento T6 apresentou a menor média dentre os tratamentos analisados (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios de altura na segunda avaliação da soja no estádio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

Tratamentos	Médias de altura (cm)		
<b>T1</b>	49,20	a2	a3*
<b>T2</b>	49,40	a2	a3 a4
<b>T3</b>	52,32	a2	a3 a4
<b>T4</b>	53,04		a3 a4
<b>T5</b>	46,50	a1	a2
<b>T6</b>	42,30	a1	
<b>T7</b>	49,50	a2	a3 a4
<b>T8</b>	49,50	a2	a3 a4
<b>T9</b>	49,60	a2	a3 a4
<b>T10</b>	47,70	a1	a2 a3
<b>T11</b>	55,20		a4
<b>T12</b>	51,60	a2	a3 a4
<b>T13</b>	49,20	a2	a3
Média	49,62		
CV %	9,50		

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > Fc = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

No que diz respeito ao número de nódulos presentes na raiz principal (Anexo S), os tratamentos T4, T5, T7, T9, T11 e T12 apresentaram as maiores médias, enquanto os tratamentos T1 e T6 resultaram em menor nodulação dentre os tratamentos avaliados (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios de número de nódulos na raiz principal na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024

Tratamentos	Médias de número total de nódulos na raiz principal					
	T1	1,0	a1*			
T2	2,8	a1	a2			
T3	4,0	a1	a2	a3		
T4	8,8			a3	a4	a5
T5	10,6					a5
T6	1,2	a1				
T7	9,8				a4	a5
T8	2,8	a1	a2			
T9	8,0			a3	a4	a5
T10	4,2	a1	a2	a3		
T11	7,2		a2	a3	a4	a5
T12	8,2			a3	a4	a5
T13	4,8	a1	a2	a3	a4	
Média		5,6				
CV %		71,12				

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $P_r > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Foram observadas diferenças significativas na variável número de nódulos presentes na raiz secundária (Anexo T). Os tratamentos que apresentaram as maiores médias foram T4, T5, T7, T10, T11 e T12 (Tabela 12).

Tabela 12 - Valores médios de número de nódulos presentes na raiz secundária na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

Tratamentos	Médias de número de nódulos presentes nas raízes secundárias			
	T1	4,4	a1*	
T2	6,8	a1	a2	
T3	8,6	a1	a2	a3
T4	37,8			a4
T5	35,6			a4
T6	5,2	a1		
T7	24,6		a3	a4



Tratamentos	Médias de número de nódulos presentes nas raízes secundárias				
	T8	7,4	a1	a2	a3
T9	12,8	a1	a2	a3	
T10	23,0		a2	a3	a4
T11	23,6		a2	a3	a4
T12	23,6		a2	a3	a4
T13	15,6	a1	a2	a3	
Média		17,6			
CV %		77,78			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Em relação ao número total de nódulos, também houve diferença na análise de variância (Anexo U). É possível destacar T4, T5, T7 e T12 com as maiores médias, sendo superiores os tratamentos T1, T2, T3, T6, T8, T9, T10, T11 e T13 (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios de número total de nódulos na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024

Tratamentos	Médias de número total de nódulos				
	T1	5,4	a1*		
T2	9,6	a1	a2		
T3	12,6	a1	a2		
T4	46,6				a4
T5	46,2				a4
T6	6,4	a1			
T7	34,4			a3	a4
T8	10,2	a1	a2		
T9	20,8	a1	a2	a3	
T10	27,2		a2	a3	
T11	27,2		a2	a3	
T12	31,8			a3	a4
T13	20,4	a1	a2	a3	
Média		23,2			
CV %		61,11			

\*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ( $Pr > F_c = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium japonicum* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4; T10: Combinação 5; T11: Combinação 6; T12: Combinação 7; T13: Combinação 8.

Não houve diferenças significativas sobre as seguintes variáveis: massa parte área fresca (Média geral: 29,90g; anexo L), massa parte área seca (Média geral: 6,57g; Anexo M), massa de raízes fresca (Média geral: 18,85g; Anexo P), massa de raízes seca (Média geral: 2,55g; Anexo Q).

Atualmente, quatro estirpes recomendadas para a produção de inoculantes comerciais na cultura da soja no Brasil são disponibilizadas para indústrias, que podem utilizar quaisquer combinações aos pares para a composição do produto comercial (Mercante *et al.*, 2002). Dentre elas, aquela que apresentou destaque de forma isolada no presente estudo foi *B. elkanii* 5019, que se destacou em relação às variáveis número e massa de nódulos em ambos os estádios fenológicos analisados (V4 e R4).

Devido à alta exigência de nitrogênio na cultura da soja, é de suma importância que as plantas desenvolvam uma nodulação adequada para suprir à quantidade necessária do nutriente. Segundo Hungria *et al.* (2001), a recomendação para uma planta de soja bem nodulada é apresentar, entre 15 e 30 nódulos por planta durante a época de florescimento. Isto foi observado na maioria dos tratamentos do experimento, e foram registrados valores dentro ou próximos da faixa ideal, considerando-se a média da quantidade total de nódulos.

Efeitos positivos na utilização da estirpe *B. elkanii* 5019 sobre a nodulação já foram observados por outros autores, e isso pode ser reforçado pelo estudo de Nishi e Hungria (1996) em um experimento a campo em Londrina, onde a estirpe *B. elkanii* 5019 apresentou melhores resultados em ambas as safras. Em média, essa estirpe proporcionou para soja cerca de 0,06 g de massa seca de nódulos e obteve o maior rendimento médio de grãos, alcançando 4.400 kg por ha<sup>-1</sup>, em comparação com a estirpe *B. japonicum* 5079, que registrou uma média de 0,04 g de massa seca de nódulos e um rendimento médio de 3.382 kg por ha<sup>-1</sup>.

Zenzen *et al.* (2007) também relataram resultados satisfatórios com a estirpe 5019 em solos alagados. Em um experimento realizado em casa de vegetação, eles testaram a tolerância da soja ao alagamento do sistema radicular. Sob essas condições desafiadoras, as plantas inoculadas com a estirpe 5019 apresentaram uma média mais elevada de nodulação, atingindo 249,88 nódulos, em contraste com *B. japonicum* 5079, que proporcionou cerca de apenas 130 nódulos em condições de hipoxia.

No estudo conduzido por Bizarro (2004) no Rio Grande do Sul, foi observada maior ocorrência de nódulos proporcionados pela estirpe *B. elkanii* 5019. Ao analisar a ocupação nodular da cultivar de soja BRS-15, o autor notou que a estirpe *B. elkanii* 5019 ocupou em média 20 dos 40 nódulos presentes nos tratamentos com adubação orgânica e diferentes

manejos de solo testados. Em contraste, a estirpe *B. japonicum* 5079 ocupou apenas cerca de seis nódulos das 40 unidades de referência sob as mesmas condições analisadas.

Outra estirpe que se destaca em condições ambientais distintas, de acordo com a literatura, é a *B. elkanii* 587, o que enfatiza a diversidade de efeitos proporcionados pelas estirpes em diferentes localidades. Mattos e Oliveira (2014), avaliaram estirpes em soja em áreas em rotação com arroz irrigado, em Capão Leão (RS). Os autores constataram maior tamanho e massa de nódulos com o uso da estirpe *B. elkanii* 587, ressaltando a sua adaptabilidade a condições adversas. No final da fase vegetativa, a estirpe 587 proporcionou uma média de 15,8 nódulos por planta e uma massa de nódulos secos de aproximadamente 1,007 g. Por outro lado, a estirpe *B. japonicum* 5080 gerou a menor nodulação, com apenas 12 nódulos produzidos e uma massa de nódulos secos de 0,698 g.

Dados semelhantes foram observados em condições de limitação hídrica, como no trabalho Santos *et al.* (2013), em um experimento a campo conduzido em Londrina. No estudo, foi constatado que a estirpe 587 era mais indicada nessas circunstâncias. Esta estirpe apresentou a maior ocupação nodular em três diferentes disponibilidades hídricas, alcançando 15,43% e 9,92% de ocupação nodular em duas safras analisadas. Isso contrasta com os valores menores de 0,45% e 0,24% observados com *B. japonicum* 5080.

Deste modo, os resultados obtidos no presente trabalho, em conjunto com outros estudos, destacam a adaptação da estirpe *B. elkanii* 5019 em diversos ambientes em comparação com as outras estirpes disponíveis comercialmente, principalmente com *B. japonicum* 5080.

Em relação às combinações de estirpes presentes no experimento, há poucos estudos disponíveis na literatura até o momento. As combinações do T7 e T11 demonstraram médias superiores em comparação com alguns tratamentos compostos por uma única estirpe, os quais incluíam as estirpes *B. japonicum* 5079 e *B. japonicum* 5080. As estirpes combinadas geraram respostas semelhantes ou muitas vezes melhores que a estirpe isolada, também proporcionando melhores resultados em massa e número de nódulos.

Campo *et al.* (2006), em um experimento no Rio Grande do Sul, conduzido a campo, observaram resultados diferentes dos encontrados no presente estudo. A combinação *B. elkanii* 587 + *B. japonicum* 5080 proporcionou o maior número e massa seca de nódulos em comparação com outras combinações. Seguindo essa linha, a combinação *B. elkanii* 587/5019 mostrou-se como a segunda melhor opção nas variáveis analisadas. Em contraste, em áreas previamente inoculadas, a combinação *B. elkanii* 587 + *B. elkanii* 5019 proporcionou maiores médias de nodulação de soja entre os tratamentos testados.

No trabalho de Zilli *et al.* (2021), realizado em campo na savana amazônica de Roraima, foi avaliado que em plantas de soja cultivadas em áreas sem safra anterior de soja inoculada, a estirpe que se destacou em termos de nodulação foi a *B. elkanii* 587. Em contraste, em áreas previamente inoculadas, a combinação *B. elkanii* 587 + *B. elkanii* 5019 proporcionou maiores médias de nodulação de soja entre os tratamentos testados.

Outro ponto a ser considerado nos estudos é a genética das estirpes de *Bradyrhizobium*, pois as diferenças genéticas podem impactar diretamente a colonização das raízes das plantas hospedeiras. A expressão de genes que regulam a infecção e nodulação pode ser influenciada pela espécie de *Bradyrhizobium* inoculada, sua resposta aos fatores ambientais e sua interação com substâncias do solo, da planta de soja ou exsudatos de sementes. Essas variações podem afetar significativamente a simbiose entre bactérias e plantas, como destacado por Bortolan *et al.* (2009). A eficiência do processo de fixação de nitrogênio também é fortemente influenciada pelo genótipo da soja, isto é relacionado à capacidade fotossintética, ao balanço hormonal e à atividade de enzimas responsáveis pela assimilação de nitrogênio, impactando diretamente a nodulação (Bohrer; Hungria, 1998).

A ocupação nodular de isolados de *Bradyrhizobium* foi estudada por Bizarro (2008), em diferentes sistemas de manejo, utilizando o produto do PCR das quatro estirpes comerciais. Os resultados indicaram uma ampla predominância da espécie *B. elkanii*, com 92% dos isolados, dos quais 48% correspondiam à estirpe 587 e 44% à estirpe 5019. A ocupação nodular é uma forma de avaliação da capacidade de nodulação determinando sobrevivência, estabelecimento e competitividade da estirpe (Simon *et al.*, 1996). Isso reforça ainda mais a necessidade de continuar os estudos sobre as estirpes de *Bradyrhizobium elkanii*.

O uso de estirpes combinadas de *Bradyrhizobium* pode potencializar a nodulação da soja e melhorar a fixação de nitrogênio, mesmo em condições adversas, o que pode resultar em maior produtividade nos sistemas agrícolas. Nesse sentido, é recomendável realizar estudos a campo que avaliem diretamente as respostas dessas combinações na produtividade da soja em diversas regiões do Brasil e em diferentes condições edafoclimáticas. Compreender como as diferentes estirpes respondem em ambientes variados é essencial para o desenvolvimento de recomendações mais precisas e adaptadas para cada localidade.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização de estirpes combinadas de *Bradyrhizobium* na soja proporcionou melhores resultados na nodulação em relação a número e massa de nódulos, destacando-se a utilização das estirpes dos tratamentos T5, T7 e T11, tanto isoladamente quanto em combinação, o que pode ser uma alternativa promissora para a formulação de produtos comerciais.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES (ANPII).** Dados da ANPII mostram crescimento acima de 15% ao ano e mais de 134 milhões de doses de inoculantes biológicos vendidos em 2022.

BASF. **Motivos para Plantar Soja.** Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/soja/motivos-plantar-soja.html>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BIZARRO, Mariel Josué. **Inoculação de soja em solo submetido a diferentes sistemas de manejo.** 2004.

BIZARRO, Mariel Josué. **Simbiose e variabilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* associadas à cultura da soja em diferentes manejos do solo.** 2008.

BONATO, Emídio. Rizzo; BONATO, Ana. Lúcia. Variani. A soja no Brasil: história e estatística. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 1987.

BOHRER, Temis Regina Jacques; HUNGRIA, Mariangela. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 937-952, 1998.

BORTOLAN, Simone *et al.* Expressão dos genes nodC, nodW e nopP em *Bradyrhizobium japonicum* estirpe CPAC 15 avaliada por RT-qPCR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1491-1498, 2009.

BRANDÃO JUNIOR, Osvaldino; HUNGRIA, Mariangela. Efeito de concentrações de solução açucarada na aderência do inoculante turfoso às sementes, na nodulação e no rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 515-526, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 13**, de 24 de março de 2011.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.

CAMPO, Rubens José *et al.* **Avaliação de estirpes de *Bradyrhizobium*, inoculantes microbianos e métodos de inoculação, em diferentes regiões do Brasil (06.04. 01.340. 01).** 2006.

CAMPOS, Ben Hur Costa.; HUNGRIA, Mariangela.; TEDESCO, Vanessa. Eficiência da fixação biológica de N<sub>2</sub> por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, p. 583-592, 2001.

CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, S. S. Rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N. et al. (Ed.). **Microbiologia dos solos.** Campinas: Sociedade Brasileiras de Ciência do Solo, 1992. p. 41-58.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. **Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos**, v. 2, p. 143-159, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-CQFS-RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul**, 2016.

CONAB. Levantamento de safras. **2023**.

CONAB. **Com novo recorde, produção de grãos na safra 2022/23 chega a 322,8 milhões de toneladas**. 2023.

CUNHA, Nicolau Brito da. **Expressão recombinante e caracterização molecular e funcional da pró-insulina humana, do hormônio de crescimento humano e do fator IX de coagulação sanguínea em plantas transgênicas de soja [*Glycine max* L. (Merril)]**. 2012. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

DE SOUZA DUTRA, Ariely; DA SILVEIRA, Giovane; DA SILVEIRA, Claudia Vera. Taxa de câmbio e exportação de soja no Brasil: uma investigação a partir de modelo de defasagem distribuída. **Anais do Encontro Nacional de Iniciação Científica (ENIC)**, n. 6, 2014.

DE SOUZA, Emerson De Freitas Cordova; SORATTO, Rogério Peres. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 03, 2006.

DENARDIN, Norimar, D'avila. Aplicação de inoculantes define sucesso da nodulação. **Visão Agrícola, Piracicaba, USP/ESALQ**, v. 5, p. 35-37, 2006.

DOS SANTOS, Esmael Lopes *et al.* **Competitividade nodular de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. em cultivares de soja sob diferentes disponibilidades hídricas**. 2013.

EMBRAPA. **Evolução**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/socioeconomia/evolucao>. Acesso em: 14 mar.2024.

EMBRAPA. **História da Soja**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 14 mar. 2024.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.

FLORENCIO, Camila *et al.* Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, p. 1133-1145, 2022.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES Iêda Carvalho. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. 2001.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, Iêda Carvalho. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. 2007.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; NOGUEIRA, Marco Antônio. **A pesquisa em fixação biológica do nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras**. 2014.

HUNGRIA, Mariangela; MENDES, Iêda Carvalho. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? **Biological nitrogen fixation**, p. 1009-1024, 2015.

HUNGRIA, Mariangela; NOGUEIRA, Marco Antonio. **Fixação biológica do nitrogênio**. 2022.

MATTOS, Maria Laura Turino; DE OLIVEIRA, Ana Claudia Barneche. **Efetividade de Estirpes de *Bradyrhizobium* na Nodulação da Soja Cultivada em Terras Baixas**. 2014.

MERCANTE, Fábio Martins *et al.* **Nutrição nitrogenada na cultura da soja em Mato Grosso do Sul: reinoculação x adubação nitrogenada**. 2002.

MOREIRA, Fátima; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora Ufla, 2006.

NISHI, Catalina, Yumi, Matusuda.; HUNGRIA, Mariangela. Effects of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] inoculation in a soil with established population of *Bradyrhizobium* with strains SEMIA 566, 586, 587, 5019, 5079 and 5080. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 359-368, 1996.

REVISTA CULTIVAR. **ANPII aponta crescimento superior a 15% ao ano em inoculantes biológicos**. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/anpii-aponta-crescimento-superior-a-15percent-ao-ano-em-inoculantes-biologicos>.

SANTOS, Maria Aparecida dos; NICOLÁS, Marisa Fabiana; HUNGRIA, Mariangela. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 67-75, 2006.

SCHOLLES, Dercio; VARGAS, Luciano Kayser. Viabilidade da inoculação de soja com estirpes de *Bradyrhizobium* em solo inundado. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 973-979, 2004.

SIMON, T.; KÁLALOVÁ, S.; PETRZIK, K. Identification of *Rhizobium* strains and evaluation of their competitiveness. **Folia microbiologica**, v. 41, p. 65-72, 1996.

TELLES, Tiago Santos; NOGUEIRA, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela. Economic value of biological nitrogen fixation in soybean crops in Brazil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 31, p. 103158, 2023.

VIEIRA NETO, Santiel Alves *et al.* Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 861-870, 2008.

YUSUF, Raji I.; SIEMENS, John C.; BULLOCK, Donald G. Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 6, p. 928-933, 1999.



ZENZEN, Ivan Luis *et al.* Nodulação em soja inoculada com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 606-608, 2007.

ZILLI, Jerri Édson *et al.* Biological N<sub>2</sub> fixation and yield performance of soybean inoculated with *Bradyrhizobium*. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 119, n. 3, p. 323-336, 2021.

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.

**APÊNDICE A-** Resultado da análise de variância massa de parte aérea fresca na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	23,624985	1,968749	2,619	<b>0,0082</b>
<b>Erro</b>	52	39,090840	0,751747		
<b>Total corrigido</b>	64	62,715825			
<b>CV (%)</b>	16,18				
<b>Média geral:</b>	5,3589231	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE B-** Resultado da análise de variância massa de parte área seca na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	0,494145	0,041179	1,431	<b>0,1820</b>
<b>Erro</b>	52	1,496000	0,028769		
<b>Total corrigido</b>	64	1,990145			
<b>CV (%)</b>	17,91				
<b>Média geral:</b>	0,9470769	Número de observações:65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE C-** Resultado da análise de variância massa de nódulos frescos na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	0,003269	0,000272	2,182	<b>0,0266</b>
<b>Erro</b>	52	0,006493	0,000125		
<b>Total corrigido</b>	64	0,009762			
<b>CV (%)</b>	89,05				
<b>Média geral:</b>	0,0125492	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE D-** Resultado da análise de variância massa de nódulos secos na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	0,000049	0,000004	2,382	<b>0,0183</b>
<b>Erro</b>	52	0,000091	0,000002		
<b>Total corrigido</b>	64	0,000139			
<b>CV (%)</b>	125,73				
<b>Média geral:</b>	0,0010508	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE E-** Resultado da análise de variância massa de raízes frescas na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	15,368422	1,280702	0,985	<b>0,4749</b>
<b>Erro</b>	52	67,577000	1,299558		
<b>Total corrigido</b>	64	82,945422			
<b>CV (%)</b>	18,88				
<b>Média geral:</b>	6,0367692	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE F-** Resultado da análise de variância para massa de raízes secas na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	0,124846	0,010404	1,453	<b>0,1727</b>
<b>Erro</b>	52	0,372240	0,007158		
<b>Total corrigido</b>	64	0,497086			
<b>CV (%)</b>	13,51				
<b>Média geral:</b>	0,6264615	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE G-** Resultado da análise de variância variável altura na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	67,891895	5,657658	1,577	<b>0,1278</b>
<b>Erro</b>	52	186,570880	3,587902		
<b>Total corrigido</b>	64	254,462775			
<b>CV (%)</b>	8,96				
<b>Média geral:</b>	21,1413846	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE H-** Resultado da análise de variância variável quantidade de nódulos na raiz principal na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	118,153846	9,846154	1,866	<b>0,0613</b>
<b>Erro</b>	52	274,400000	5,276923		
<b>Total corrigido</b>	64	392,553846			
<b>CV (%)</b>	86,31				
<b>Média geral:</b>	2,6615385	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE I-** Resultado da análise de variância variável quantidade de nódulos na raiz secundária na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	493,046154	41,087179	2,816	<b>0,00499</b>
<b>Erro</b>	52	758,800000	14,592308		
<b>Total corrigido</b>	64	1251,846154			
<b>CV (%)</b>	81,41				
<b>Média geral:</b>	4,6923077	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE J-** Resultado da análise de variância variável quantidade de nódulos totais na primeira avaliação da soja no estágio V4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	987,661538	82,305128	3,471	<b>0,0009</b>
<b>Erro</b>	52	1233,200000	23,715385		
<b>Total corrigido</b>	64	2220,861538			
<b>CV (%)</b>	66,22				
<b>Média geral:</b>	7,3538462	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE L-** Resultado da análise de variância para massa de parte aérea fresca na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	1252,259326	104.354944	1,114	<b>0,3694</b>
<b>Erro</b>	52	4871,492760	93.682553		
<b>Total corrigido</b>	64	6123,752086			
<b>CV (%)</b>	32,36				
<b>Média geral:</b>	29,906461	Número de observações: 65			
	5				

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE M-** Resultado da análise de variância para massa de parte área seca na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	36,637366	3,053114	0,662	<b>0,7784</b>
<b>Erro</b>	52	239,671280	4,609063		
<b>Total corrigido</b>	64	276,308646			
<b>CV (%)</b>	32,68				
<b>Média geral:</b>	6,5684615	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE N-** Resultado da análise de variância para massa de nódulos frescos na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	0,273797	0,022816	6.497	<b>0,0001</b>
<b>Erro</b>	52	0,182604	0,003512		
<b>Total corrigido</b>	64	0,456400			
<b>CV (%)</b>	94,43				
<b>Média geral:</b>	0,0627554	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE O-** Resultado da análise de variância para massa de nódulos secos na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	0,008055	0,000671	2,579	<b>0,0092</b>
<b>Erro</b>	52	0,013535	0,000260		
<b>Total corrigido</b>	64	0,021589			
<b>CV (%)</b>	88,15				
<b>Média geral:</b>	0,00183015	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE P-** Resultado da análise de variância para massa de raízes frescas na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	369,532175	30,794348	1,114	<b>0,3694</b>
<b>Erro</b>	52	1437,591880	27,645998		
<b>Total corrigido</b>	64	1807,124055			
<b>CV (%)</b>	27,89				
<b>Média geral:</b>	18,8526154	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE Q-** Resultado da análise de variância para massa de raízes secas na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	7,374046	0,614504	0,701	<b>0,7434</b>
<b>Erro</b>	52	45,604400	0,877008		
<b>Total corrigido</b>	64	52,978446			
<b>CV (%)</b>	36,70				
<b>Média geral:</b>	2,5515385	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE R-** Resultado da análise de variância para variável altura na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	607,384000	50,615333	2,275	<b>0,0207</b>
<b>Erro</b>	52	1156,68000	22,243846		
<b>Total corrigido</b>	64	1764,064000			
<b>CV (%)</b>	9,50				
<b>Média geral:</b>	49,6200000	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE S-** Resultado da análise de variância para variável quantidade de nódulos na raiz principal na segunda avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	646,461538	53,871795	3,341	<b>0,0012</b>
<b>Erro</b>	52	838,40000	16,123077		
<b>Total corrigido</b>	64	1484,861538			
<b>CV (%)</b>	71,12				
<b>Média geral:</b>	5,6461538	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE T-** Resultado da análise de variância para variável quantidade de nódulos na raiz secundária na primeira avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	7694,584615	641,215385	3,416	<b>0,0010</b>
<b>Erro</b>	52	9760,800000	187,707692		
<b>Total corrigido</b>	64	17455,384615			
<b>CV (%)</b>	77,78				
<b>Média geral:</b>	17,6153846	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação.

**APÊNDICE U-** Resultado da análise de variância para variável quantidade total de nódulos na primeira avaliação da soja no estágio R4 submetida à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* - Curitiba-SC, 2024.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
<b>Tratamento</b>	12	12143.353846	1011.946154	5.007	<b>0.0000</b>
<b>Erro</b>	52	10509.200000	202.100000		
<b>Total corrigido</b>	64	22652.553846			
<b>CV (%)</b>	61,11				
<b>Média geral:</b>	23.2615385	Número de observações: 65			

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor de f calculado; **Pr>Fc:** p valor; **CV:** coeficiente de variação