

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO AGRONOMIA**

PABLO CAVEIÃO

**COINOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum
brasiliense* ALIADO A COBALTO, MOLIBDÊNIO E BORO NA
CULTURA DA SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**DOIS VIZINHOS
2022**

PABLO CAVEIÃO

COINOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense* ALIADO A COBALTO, MOLIBDÊNIO E BORO NA CULTURA DA SOJA

Coinoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum Brasilense* allied to cobalt, molybdenum and boron in soybean crop

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de curso II, do Curso Superior de Agronomia - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor.

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

COINOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense* ALIADO A COBALTO, MOLIBDÊNIO E BORO NA CULTURA DA SOJA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em 02 de DEZEMBRO de 2022 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Data de aprovação: 02 de dezembro de 2022

Adalberto Luiz de Paula
UTFPR-DV

Micaela Louveira
UTFPR-DV

Laércio Ricardo Sartor
UTFPR-DV

DOIS VIZINHOS

2022

RESUMO

A soja é uma cultura vastamente explorada, utilizada desde a formulação de rações para consumo animal, para produção de óleo de soja para consumo humano, além de diversos subprodutos e energia. No entanto, a tendência é de aumento na demanda deste grão, a fim de suprir as necessidades do aumento populacional, e por isso são necessárias tecnologias que auxiliem no aumento da produtividade das áreas já existentes e que sejam sustentáveis ao agroecossistemas. Neste sentido, os testes com inoculantes na semente e uso de produtos à base de micronutrientes estão se tornando promissores no quesito de aumento da produtividade, pois influenciam na nutrição de plantas e eficiência na fixação biológica de nitrogênio. Neste sentido o objetivo do presente trabalho avaliou o uso de co-inoculação (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*) associada a cobalto (Co) e molibdênio (Mo) via tratamento de semente e boro (B) na dessecação pré-plantio. O experimento foi realizado na propriedade do Sr. Loreno Caveião, no município de Chopinzinho – PR, o delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com 10 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram compostos por parcelas co-inoculadas solteiras e associadas com os micronutrientes B, Co e Mo. A aplicação de B foi feita na dessecação antecedendo a cultura da soja junto aos herbicidas Glifosato e 2,4-D. O uso dos inoculantes foram feitos via tratamento de semente, no momento do plantio do experimento. Foram analisados o número de nódulos por plantas, a matéria seca radicular, matéria seca aérea e produtividade. A nodulação, enraizamento e massa aérea foram avaliados em R4. Observou-se a importante participação da bactéria *Bradyrhizobium* dentro dos tratamentos, a mesma atuou como principal fator nas respostas da cultura da soja. Os demais tratamentos mostraram efeito aditivo no aumento de produtividade, tornando responsivo o uso de inoculantes e micronutrientes no cultivo da soja.

Palavras-Chaves: fixação biológica de N; produção vegetal; fertilidade do solo; micronutrientes.

ABSTRACT

Soy is a widely exploited crop, used from the formulation of feed for animal consumption, to the production of soy oil for human consumption, in addition to various by-products and energy. However, the tendency is for an increase in the demand for this grain, in order to meet the needs of the population increase, and therefore technologies are needed that help increase the productivity of existing areas and that are sustainable for the agroecosystems. In this sense, tests with inoculants in seeds and the use of products based on micronutrients are becoming promising in terms of increasing productivity, as they influence plant nutrition and efficiency in biological nitrogen fixation. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the use of co-inoculation (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*) associated with cobalt (Co) and molybdenum (Mo) via seed treatment and boron (B) in pre-planting desiccation. The experiment was carried out on the property of Mr. Loreno Caveião, in the municipality of Chopinzinho - PR, the design used was randomized blocks with 10 treatments and 3 replications. Treatments were composed of plots co-inoculated single and associated with micronutrients B, Co and Mo. The application of B was made in the desiccation prior to the soybean crop together with the herbicides Glyphosate and 2,4-D. The use of inoculants was made via seed treatment, at the time of planting the experiment. The number of nodules per plant, root dry matter, aerial dry matter and productivity were analyzed. Nodulation, rooting and aerial mass were evaluated in R4. It was observed the important participation of the *Bradyrhizobium* bacteria within the treatments, it acted as the main factor in the responses of the soybean crop. The other treatments showed an additive effect in increasing productivity, making the use of inoculants and micronutrients responsive in soybean cultivation.

Keywords: biological fixation of N; Plant production; soil fertility; micronutrients.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 | OBJETIVOS | 7 |
| 2.1 | Objetivo geral | 7 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 7 |
| 3 | RESVISÃO BIBLIOGRAFICA | 8 |
| 3.1 | Cultura da soja | 8 |
| 3.2 | Fixação biológica de nitrogênio (FBN) | 9 |
| 3.3 | Inoculação da soja com <i>Bradyrhizobium japonicum</i> | 9 |
| 3.4 | Inoculação da soja com <i>Azospirillum brasilense</i> | 10 |
| 3.5 | Cobalto e Molibdênio na Soja | 10 |
| 3.6 | Uso de Boro na dessecação | 11 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 4.1 | Localização e caracterização da área experimental | 13 |
| 4.2 | Condução do experimento | 13 |
| 4.3 | VARIÁVEIS ANALISADAS | 15 |
| 4.3.1 | Nodulação | 15 |
| 4.3.2 | Enraizamento | 15 |
| 4.3.3 | MS da parte aérea | 16 |
| 4.3.4 | Produtividade | 16 |
| 4.4 | Análise estatística de dados | 16 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUÇÃO | 17 |
| 5.1 | Nodulação | 17 |
| 5.2 | Massa seca de raízes | 18 |
| 5.3 | Matéria Seca aérea de plantas de soja | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4 Massa de mil sementes e produtividade | 21 |
| 5.5 Índice pluviométrico | 22 |
| 6 CONCLUSÃO | 24 |
| REFERÊNCIAS | 25 |

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja é uma das atividades agrícolas que mais cresceu e se destacou nos últimos anos nas áreas agrícolas do Brasil. Isso é atribuído a grande demanda do grão como a principal fonte de proteína vegetal, largamente utilizada na formulação de rações para animais. Além disso, boa porção da soja é destinada para produção de alimentos para consumo humano, tendo em vista que seu potencial lipídico a torna ideal para produção de óleo vegetal, o que também possibilita seu uso para fabricação de biodiesel (EMBRAPA, 2007).

O Brasil é considerado o maior produtor e exportador dessa *commodity* (Assessoria FPA, 2021), seguido pelos Estados Unidos da América. A produção quando não aliada a sistemas produtivos sustentáveis pode gerar impactos socioambientais negativos como aumento no uso de fertilizantes químicos e abertura de novas áreas para se ter maior produção, neste sentido, a soja brasileira vem sofrendo pressão por parte do mercado externo para que a produção seja mais sustentável (Torres, 2017).

Para se promover o cultivo sustentável da soja no Brasil diversos estudos têm sido realizados por instituições de pesquisa e extensão em busca de novas tecnologias que possam mitigar os efeitos negativos da produção e possibilitem o aumento na produtividade, sem a abertura de novas áreas (CASTRO et al, 2021). Dentre estas, estão as práticas de inoculação com bactérias fixadoras de N e aplicação de micronutrientes, as quais vem sendo práticas recorrentes pelos produtores, pois são de baixo custo e apresentam bons resultados nos quesitos de rendimento da cultura (EMBRAPA SOJA, 2019).

O fornecimento de N no cultivo da soja é feito por meio da fixação biológica realizada pelas bactérias nitrificantes da espécie *Bradyrhizobium japonicum*, as mesmas captam o nitrogênio (N₂) presente na atmosfera convertendo para N assimilável pelas plantas. O uso de inoculantes é um meio eficiente do ponto de vista econômico e ambiental para promover o aumento na produtividade, diminuindo o uso de fertilizantes químicos e aumentando o lucro (EMBRAPA TRIGO 2019). Na safra

O uso da bactéria *Azospirillum brasilense* juntamente a inoculação com *B. japonicum*, correspondem a coinoculação a mesma propicia vários benefícios, como

melhora na área radicular, maior absorção de nutrientes pela planta, maior tolerância a déficit hídrico, redução no uso de fertilizantes e maior produtividade (EMBRAPA SOJA 2014).

O cobalto (Co) e o molibdênio (Mo) são dois micronutrientes indispensáveis para o cultivo da soja, majoritariamente pelas suas atuações na fixação biológica de nitrogênio (FBN). Por serem aplicados em baixas dosagens são geralmente utilizados no tratamento de semente (SFREDO 2010).

O B é um micronutriente com uma considerável importância na soja, pois o mesmo atua junto ao cálcio (Ca) no processo de construção da parede celular, auxilia na divisão celular e também na germinação do tubo polínico, o mesmo também participa de diversas outras funções nas plantas, como sintase e metabolismo de fenóis, metabolismo de carboidratos e na lignificação (SANTORO 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a co-inoculação (*B. japonicum* + *A. brasilense*) associada a Co, Mo na semente e Boro na dessecação pré-plantio na cultura da soja.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar eficiência da co-inoculação no enraizamento e FBN.
- Avaliar a resposta da soja quando exposta as diferentes combinações entre *B. japonicum*, *A. Brasilense*, Co, Mo e B;
 - Avaliar a produtividade com diferentes combinações entre *B. japonicum*, *A. Brasilense*, Co, Mo e B e solteiros.

3 RESVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Cultura da soja

Os primeiros resquícios do uso da soja foram oriundos da china datado a mais de 5.000 anos. O grão foi descrito pelo imperador chinês Shen-numg, também considerado o pai da agricultura chinesa. Onde qual se deu início ao cultivo de grãos para alimentação como alternativa a criação e abate de animais (Aprosoja Brasil, 2018).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada hoje umas das principais *commodities* comercializadas no mundo. Possui grão rico em proteínas, lipídeos, fibras, minerais e fito-hormônios (LOPES, 2021). Esta oleaginosa além de gerar diversos empregos que começam desde o campo de produção e vão até a linha final de comercio do grão que também serve como uma fonte de alimento para a população mundial, a qual está se tornando cada vez mais dependente do grão. Segundo DATAGRO (2021) o consumo mundial de soja deve aumentar em 26% até 2026 atingindo a casa dos 383 milhões de toneladas. No Brasil, segundo a CONAB (2021), a produtividade para safra 2020/2021 teve um aumento de 5,7%, com um montante equivalente a 117,2 milhões de toneladas de soja Brasileira.

A soja é considerada a maior fonte de renda do produtor brasileiro, liderando como o produto mais exportado nos últimos 22 anos. Com a rentabilidade que a cultura proporciona ela vem ganhando espaço entre os produtores rurais, a qual está hoje como o grão mais rentável a ser produzido. O clima adverso, ataques de pragas e doenças, falta de conhecimento de manejo e agroquímicos com baixa eficiência são pontos que se tornam restritivos para a soja. A pesquisa vem trabalhando no quesito de aumento de produtividade sem que haja a ampliação de área cultivada (POPOV, 2019).

Segundo a ONU (Organização das nações unidas) em 2050 terão 9,8 bilhões de pessoas no mundo. No entretanto a produção de alimentos não tem um aumento tão rápido, portanto, o cultivo de grãos ricos no quesito nutricional será de suma importância para combater futuros problemas com a fome em decorrência do grande aumento populacional (INOUE, 2019).

3.2 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

O nitrogênio é considerado um dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento da soja. É necessário cerca de 80 kg de N para produzir 1 tonelada de grão de soja, desses, 60 kg são exportados pela planta e 20 kg ficam no sistema. O N está presente em todas as fases da planta, desde o estágio vegetativo até o enchimento de grãos. A sua forma de absorção é por meio dos minerais Nitrato (NO_3^-) e Amônio (NH_4^+). *A soja tem fixação biológica de N por meio das bactérias do gênero B. Japonicum, as quais se associam as raízes da cultura, coletam o nitrogênio atmosférico e transformam em formas assimiláveis para ser aproveitado pela cultura, em troca, a soja fornece abrigo e compostos necessários para a sobrevivência das bactérias (DALL'ANGNOL et al., 2021).*

Quando o N está disposto para a cultura por meio de um fertilizante químico é mais fácil a absorção por parte da soja, pois já está em uma forma prontamente disponível. *Já na obtenção de N por meio da FBN a cultura tem uma demanda energética para constituir os nódulos, conseqüentemente o gasto energético é maior do que quando a planta absorve o N disponibilizado via fertilizante (HUNGRIA; et al, 2007).* Deste modo a adubação nitrogenada deve ser feita de modo balanceado para não prejudicar a FBN, e também não deve ser aplicada em demasia para evitar uma deficiência no início de ciclo, onde a cultura ainda não tem a capacidade de fixação biológica.

3.3 Inoculação da soja com *Bradyrhizobium japonicum*

O inoculante é considerado um produto biológico sendo constituído por microrganismos de importância para as plantas, visando assim, uma associação entre a cultura e os microrganismos. pesquisadores estão procurando selecionar estipes de *Bradyrhizobium* cada vez mais eficiente, a seleção é complexa pois leva em consideração diversos fatores como eficiência em todas as cultivares recomendadas, capacidade de competição com organismos no solo e potencial de adaptação a diferentes solos sem gerar prejuízo a microflora (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

O potencial de transformação de N_2 atmosférico para Amônia (NH_3) é papel fundamental de um grupo de organismos, os quais realizam atividades por meios simbióticos ou associados, O principal organismo fixador de nitrogênio simbiótico pertence a classe *Rizobia* e se aloca em estruturas nodulares utilizando de fontes de energia disponibilizadas pela planta. *Estas bactérias se associam a um ambiente que fornece proteção e oxigênio, proporcionando bom funcionamento da enzima nitrogenase, a qual é responsável pela redução do nitrogênio molecular para amônia, o tornando assimilável para a planta (VESSEY et al, 2005).*

Na soja as bactérias do gênero *Rizhobium* são as que apresentam maior combinação associativa, possuindo um grande potencial de FBN o qual pode suprir as necessidades culturais por N. O processo de FBN inicia quando ocorre a infecção da planta pela bactéria nitrificante, segundo Cassini e Franco (2006) o processo da nodulação começa a ocorrer duas horas posteriores ao primeiro contato das bactérias com a raiz da planta.

3.4 Inoculação da soja com *Azospirillum brasilense*

Azospirillum é um gênero de bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) e integram um grupo de microorganismos que possuem capacidade de colonizar o plano radicular da rizosfera, capazes de incentivar o crescimento das plantas e do sistema radicular melhorando sua morfologia e eficiência por meio da produção de fitohormônios (HUNGRIA 2016).

Azospirillum brasilense quando utilizado junto ao *B. japonicum* em um processo de coinoculação melhora a FBN e o desenvolvimento da soja, pois em estípes de *Azospirillum* selecionadas pela Embrapa os mesmos apresentaram contribuição para síntese de fitormônios que melhoram o desenvolvimento radicular assim favorecendo a nodulação e FBN pelo *Bradyrhizobium* (EMBRAPA, 2019).

3.5 Cobalto e Molibdênio na Soja

No tratamento de sementes além do uso de defensivos químicos e microrganismos benéficos, é possível fazer a incorporação de micronutrientes, afim

de proporcionar o incremento de produtividade (RAMIRO 2019). Dentro destes destaca-se o uso de Co aliado ao Mo, os quais são aplicados em pequenas quantidades e trazem diversos benefícios pois o Co é benéfico para o crescimento de microrganismos e também é componente da vitamina B12 e o Mo esta presente na enzima nitrógenase auxiliando na FBN (NASCIMENTO, 2020).

A cultura da soja tem uma necessidade de baixas quantias de Mo, no entanto, a maioria os solos brasileiros possuem baixas quantidades de micronutrientes. *Além disso, solos com pH abaixo de 5 também apresentam baixa disponibilidade do nutriente. A baixa disponibilidade de nutrientes pode ser um fator limitante para altas produtividades (TIRITAN et al, 2007).*

Dentre os micronutrientes pode-se destacar o molibdênio e o cobalto. O molibidênio é composto de 5 enzimas as quais catalisam várias reações nos processos de transferência eletrônica nitrogenase, redutase do nitrato, oxidase da xantina, oxidase do aldeído e oxidase do sulfato (NICHOLAS, 1975), *funcionando como um acceptor de elétrons na nitrogenase, sendo que ao fim do processo, o elétron será doado para o N₂ para formação de NH₃ (BURRIS, 1999; TAIZ; et al, 2004).*

Já o cobalto é considerado essencial para as leguminosas, pois o mesmo atua na formação da vitamina B12 a qual é necessária para biossíntese da Leg-hemoglobina, substância que evita a oxidação dos nódulos (MENGEL et al, 2001).

3.6 Uso de Boro na dessecação

O B por ser considerado um micronutriente de baixa mobilidade para maior parte das plantas, seus sintomas de deficiência podem ser observados, primeiramente nas folhas mais jovens, pela má formação, seguida de endurecimento e adquirindo coloração bronzeada (BLAMEY et al., 1979).

No caso da soja, quando existe a deficiência de B, é observada clorose intranerval nas folhas mais jovens, aliado ao enrugamento do limbo e o curvamento das folhas para baixo, pode ocasionar a morte da gema apical. *Pode ocasionar o engalhamento no caule e no sistema radicular restringe o crescimento, acarretando na limitação do porte de plantas (ROSOLEM et al., 2001).*

Visando um alto teto produtivo na soja pesquisadores tem feito a recomendação do nível crítico de B no solo seja de 0,8 a 1,0 mg dm⁻³, além deste teor

analisado no solo se é possível realizar uma análise de nutrientes em tecidos foliares sendo que o teor adequado para a soja fica entre 22 a 55 mg dm⁻³ (EMBRAPA 2008).

Herbicidas a base de Glifosato e Glifosato potássico, utilizados nas doses recomendadas permitem o uso consorciado ao ácido bórico o qual possui 17% de B. Esta aplicação não prejudica o controle de plantas daninhas e de cobertura (BRIGHENTI et al., 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na área de lavoura da propriedade do Sr. Loreno Caveião, localizada no município de Chopinzinho, sudoeste do Paraná, coordenadas 25°49'26.8"S 52°33'17.2"W e com altitude de 730 m. O local de implantação possui solo do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA 2013). Segundo a classificação de Koppen a região possui clima do tipo Cfa, possuindo baixa frequência de geadas no inverno e verões quentes.

4.2 Condução do experimento

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBA) com 3 repetições. O experimento teve implantação no dia 19 de outubro de 2021, possuindo 10 tratamentos, 30 parcelas e 3 blocos. Os tratamentos estão dispostos no Quadro 1.

**Quadro 1 - Tratamentos utilizados no trabalho. “Coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* aliado a cobalto, molibdênio e boro na cultura da soja”.
Dois vizinhos, UTFPR 2021.**

| Tratamento | Tratamento utilizado | Garantias químicas | Dosagem |
|------------|--|---|---|
| T1 | Testemunha | - | - |
| T2 | <i>B. japonicum</i> | Líquido – concentração 7×10^{-1} | 70 mL/sc 40Kg |
| T3 | <i>Azospirillus</i> | Líquido – concentração 2×10^{-1} | 100 mL/sc 40Kg |
| T4 | CoMo | 7% Mo; 1% Co | 100 mL/sc 40Kg |
| T5 | <i>B. japonicum</i> + <i>A. Brasilense</i> | Líquido, concentração 7×10^{-1} ; Líquido – concentração 2×10^{-1} | 70 mL/sc 40Kg; 100 mL/sc 40Kg |
| T6 | <i>B. japonicum</i> + CoMo | Líquido, concentração 7×10^{-1} ; Líquido – 7% Mo; 1% Co | 70 mL/sc 40Kg; 100 mL/sc 40Kg |
| T7 | CoMo + <i>A. Brasilense</i> | 7% Mo; 1% Co; Líquido – concentração 2×10^{-1} | 100 mL/sc 40Kg; 100 mL/sc 40Kg |
| T8 | CoMo + <i>B. japonicum</i> + <i>A. Brasilense</i> | 7% Mo; 1% Co; Líquido, concentração 7×10^{-1} ; Líquido – concentração 2×10^{-1} | 100 mL/sc 40Kg; 70 mL/sc 40Kg; 100 mL/sc 40Kg; |
| T9 | B | 20,5% | 2 Kg/ha |
| T10 | CoMo + <i>B. japonicum</i> + <i>A. Brasilense</i> + B | 7% Mo; 1% Co; Líquido, concentração 7×10^{-1} ; Líquido – concentração 2×10^{-1} ; 20,5% | 100 mL/sc 40Kg; 70 mL/sc 40Kg; 100 mL/sc 40Kg; 2 Kg/ha |

Fonte: O autor (2021)

O plantio foi realizado por meio de semeadura direta, sendo utilizada a variedade BMX ZEUS na densidade de 370 mil sementes por hectare, com espaçamento entre linhas de 50 cm. A inoculação foi realizada no momento do plantio através da aplicação do inoculante na semente, seguindo a ordem fungicida, inseticida, nutrientes e biológicos, homogeneizando a mistura e deixado secar a sombra. Como fertilizante, foi aplicado, na linha de plantio 208 kg ha^{-1} de NPK no grão 4-28-8. A expectativa de rendimento de 5000 t ha^{-1} . Para dessecação em pré-plantio foi utilizado 2,4 D ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$) + glifosato (2 L ha^{-1}), nas parcelas com B o mesmo foi acrescentado na mistura de dessecação e para limpa da cultura foi utilizado glifosato (2 L ha^{-1}). O monitoramento de doenças foi realizado periodicamente, sendo realizado

a aplicação de fungicida Carbendazim (0,416 L ha⁻¹), para controle de Oídio e Foxpro (0,416 L ha⁻¹) preventivo para ferrugem. Para manejo de insetos foi realizado monitoramento da lavoura e aplicações conforme a necessidade. Foi realizado a coleta e análise de solo antes do plantio e também após a colheita (quadro 2). As dosagens tanto dos inoculantes quanto dos micronutrientes seguiram as recomendações de aplicação padrão do fabricante.

Quadro 2: laudos de solos realizados dentre o período de 20/10/2021 a 02/04/2022 em diferentes profundidades, no município de Chopinzinho – PR, 2021/2022.

| Data | Profundidade | Amostragem | PH | | P mg/dm ³ | K | Ca | Mg | Al | B | Mo g/dm ³ |
|------------|--------------|------------|-----|-------------------|-------------------------|------|-----|------|----|------|-------------------------|
| | | | SMP | CaCl ₂ | | | | | | | |
| 20/10/2021 | 0 - 10 | 1 | 6,3 | 5,3 | 60,5 | 0,82 | 6,3 | 2 | 0 | 0,23 | 32,24 |
| 02/04/2022 | 0 - 10 | 2 | 6 | 5,5 | 24 | 0,87 | 7 | 2,35 | 0 | 0,38 | 47 |
| 20/10/2021 | 0 - 20 | 3 | 6,4 | 5,6 | 50,4 | 0,84 | 6,7 | 2,1 | 0 | 0,22 | 34 |
| 02/04/2022 | 0 - 20 | 4 | 5,7 | 5,1 | 26,97 | 0,9 | 6,2 | 2 | 0 | 0,39 | 37,69 |

Fonte: Centro universitário unisep, 2022.

4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.3.1 Nodulação

A nodulação foi avaliada na fase entre R3 e R4 da cultura da soja. Para a avaliação foram abertas trincheiras com uma pá de corte, de onde foram retiradas as raízes inteiras de 10 plantas de cada parcela e, posteriormente, realizado a contagem dos nódulos.

4.3.2 Enraizamento

A massa seca de raízes foi avaliada juntamente à avaliação da nodulação. Desta forma, seguirá o mesmo processo de amostragem e, após a coleta das raízes, as mesmas foram limpas e armazenadas para posterior secagem em estufa e pesadas em balança de precisão para obtenção dos valores de massa seca.

4.3.3 Massa Seca da parte aérea

A matéria seca da parte aérea foi avaliada paralelamente com a nodulação e enraizamento, sendo coletada 10 plantas de maneira aleatória nas parcelas, armazenado e posteriormente secas em estufa para pesagem em balança de precisão.

4.3.4 Produtividade

A produtividade foi avaliada através do processo de colheita manual da área experimental de 5m², sendo esta, realizada no ponto de maturação de colheita. As plantas das parcelas foram cortadas com auxílio de uma foice partindo de 5 metros lineares de 2 linhas de cada parcela, posteriormente identificadas e trilhadas com batedor estacionário. Após esse processo, os grãos foram pesados em balança de precisão e o peso dos grãos foi extrapolado em kg ha⁻¹, foi corrigido a umidade a 13%.

A massa de mil grãos (PMS) foi realizada por cálculo matemático. Contou-se 300 sementes e as pesaram, após isso, realizou-se a estimativa para 1000 grãos seguindo a equação: $(1000 \times g)/300$, Onde:

- 1000: 1000 Sementes
- g: Peso das 300 sementes
- 300: 300 sementes.

4.4 Análise estatística de dados

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste F a 5% de significância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software Statgraphics.

5 RESULTADOS E DISCUÇÃO

5.1 Nodulação

A análise realizada através da coleta e contagem de nódulos possibilitou avaliação do percentual de nodulação em cada tratamento (Tabela 2), em que os tratamentos com *Bradyrhizobium*, (T2, T5, T6, T8 e T10) obtiveram melhores resultados, potencializado quando combinado com o uso de *Azospirillum*, B e Mo. Segundo NOGUEIRA & HUNGRIA (2014), a maior eficiência da nodulação ocorre devido a concentração de bactérias oriundas do inoculante, estarem em contato direto com a raiz. O uso de bactérias do gênero *Azospirillum*, traz uma melhora no contexto de FBN, pois se classificam como associativas, assim liberando parcialmente o nitrogênio fixado de modo direto para a cultura associada (HUNGRIA, 2011).

A associação de Co e Mo, se mostrou eficiente quando utilizada combinada com as bactérias inoculadas via tratamento de semente, principalmente nos tratamentos onde se foi utilizado *Bradyrhizobium* na combinação (T10, T8, T6). Segundo NASCIMENTO (2020), o Co é benéfico para o desenvolvimento das bactérias *Rhizobium* as quais constituem o inoculante, já o Mo tem capacidade de melhorar o metabolismo da planta e auxiliar na FBN.

O elemento B, também mostrou variação positiva quando aplicado na parcela onde se teve inoculação de bactérias *Bradyrhizobium* e demais tratamentos.

QUADRO 2: Nodulação em plantas de soja com uso combinado de diferentes bactérias e micronutrientes, no município de Chopinzinho – PR, 2021/2022.

| TRATAMENTO | NODULAÇÃO |
|--|-----------|
| T1- Testemunha | 22,6 b |
| T2- <i>Bradyrhizobium</i> | 34 a |
| T3- <i>Azospirillum</i> | 27 ab |
| T4- CoMo | 24 ab |
| T5- <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> | 32 ab |
| T6- CoMo + <i>Bradyrhizobium</i> | 33 a |
| T7- CoMo + <i>Azospirillum</i> | 26 ab |
| T8- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo | 34,3 a |
| T9- Boro | 26,3 ab |
| T10- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo + Boro | 33,6 a |

FONTE: O autor 2022.

FIGURA 1: Planta de Soja testemunha (esquerda), planta com T10 *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* + CoMo + Boro (direita), estagio V1.



FONTE: O autor 2021.

5.2 Massa seca de raízes

Para a variável massa seca de raízes destacaram os tratamentos que possuíam a inoculação com *Azospirillum*, bactéria promotora de crescimento, dentre eles, (T10, T5 e T3). Segundo CHIBEBA (2013), a associação das bactérias *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*, se torna benéfica melhorando o enraizamento e também gerando uma precoce nodulação, fator a qual melhora a absorção de nutrientes, aumenta a FBN e conseqüentemente torna a planta mais tolerante a estresses hídricos.

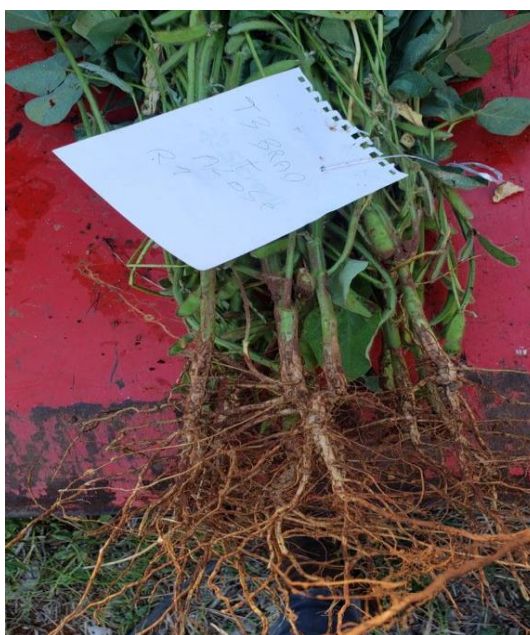
TABELA 3: MS de raiz em plantas de soja com uso combinado de diferentes bactérias e micronutrientes, no município de Chopinzinho – PR, 2021/2022.

| TRATAMENTO | MS RAIZ |
|--|-----------|
| T1- Testemunha | 0,023 c |
| T2- <i>Bradyrhizobium</i> | 0,035 ab |
| T3- <i>Azospirillum</i> | 0,04 a |
| T4- CoMo | 0,028 bc |
| T5- <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> | 0,041 a |
| T6- CoMo + <i>Bradyrhizobium</i> | 0,036 ab |
| T7- CoMo + <i>Azospirillum</i> | 0,023 c |
| T8- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo | 0,038 ab |
| T9- Boro | 0,031 abc |
| T10- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo + Boro | 0,041 a |

FONTE: O autor 2022.

Observa-se (tabela 3) que, quando a bactéria promotora de crescimento *Azospirillum* é associada com *Bradyrhizobium*, temos uma variação positiva na massa de raiz (figura 2). Fator a qual justifica a realização de co-inoculação. Segundo Vitti et al; (2015), o *Azospirillum* é responsável pela produção de fito hormônios que atuam na melhora do enraizamento, os mesmos não geram nodulação na planta, mas estimulam a produção de nódulos pelo *Bradyrhizobium*.

FIGURA 2: T5 *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*.



FONTE: O autor 2022.

5.3 Matéria Seca aérea de plantas de soja

Na avaliação de parte aérea se destacaram os tratamentos (T5, T2, T10 e T3), novamente é possível dar importância a combinação de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*. Principalmente neste fator notamos a eficiência do promotor de crescimento, a qual melhora o desenvolvimento da raiz impactando diretamente na produção de massa verde.

Segundo MASCIARELLI et al., (2013), as bactérias do gênero *Azospirillum*, possuem o potencial de gerar hormônios vegetais em grande quantidade, assim impactando diretamente no desenvolvimento tanto radicular, quanto aéreo, o mesmo também possui capacidade de influenciar na produção de Auxinas, Giberelinas e Citocininas.

TABELA 4: Matéria seca de parte aérea em plantas de soja com uso combinado de diferentes bactérias e micronutrientes, no município de Chopinzinho – PR, 2021/2022.

| TRATAMENTO | MS PARTE AÉREA |
|--|----------------|
| T1- Testemunha | 170 abc |
| T2- <i>Bradyrhizobium</i> | 200 ab |
| T3- <i>Azospirillum</i> | 208,3 a |
| T4- CoMo | 164 bc |
| T5- <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> | 200 ab |
| T6- CoMo + <i>Bradyrhizobium</i> | 191,6 abc |
| T7- CoMo + <i>Azospirillum</i> | 156 c |
| T8- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo | 198,3 ab |
| T9- Boro | 176,6 abc |
| T10- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo + Boro | 203,3 ab |

FONTE: O autor 2022.

Observa-se uma diminuição no parâmetro de MS quando se é combinado o promotor de crescimento junto ao CoMo, segundo Prando et al, (2021), a aplicação de micronutrientes deve ser realizada preferencialmente via foliar em V3-V5, quando a inoculação for feita via sementes, assim diminuindo o embate do produto químico com o biológico.

FIGURA 3: Testemunha (esquerda) e T10 (direita).



FONTE: O autor, 2022.

5.4 Massa de mil sementes e produtividade

Com relação ao PMS (massa de mil sementes) e também a produtividade se repetiu o efeito aditivo entre os componentes, notamos que os tratamentos onde recebeu os inoculantes e nutrientes sozinhos, o rendimento não se diferencia, mas quando combinados temos uma resposta positiva, onde, no tratamento com todos os inoculantes e inoculantes propostos houve incremento de 1.000 kg ha^{-1} de grãos de soja em comparação com a testemunha (tabela 5), chegando a 16 sacas a mais por hectare.

Tabela 5: Rendimento e PMS em plantas de soja com uso combinado de diferentes bactérias e micronutrientes, no município de Chopinzinho – PR, 2021/2022.

| TRATAMENTO | Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) | Massa de 1000 grãos (gramas) |
|--|---|------------------------------|
| T1- Testemunha | 3316 cd | 229,4 bc |
| T2- <i>Bradyrhizobium</i> | 3438 cd | 237,4 ab |
| T3- <i>Azospirillum</i> | 3830 b | 226,1 c |
| T4- CoMo | 3084 d | 226,7 bc |
| T5- <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> | 3432 cd | 232,4 abc |
| T6- CoMo + <i>Bradyrhizobium</i> | 3517 bc | 233,8 abc |
| T7- CoMo + <i>Azospirillum</i> | 3252 cd | 232,7 abc |
| T8- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo | 3553 bc | 237,1 a |

| | | |
|--|---------|----------|
| T9- Boro | 3223 cd | 228,3 bc |
| T10- <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + CoMo + Boro | 4365 a | 243,1 a |

Fonte: O autor, 2022.

Segundo Barcellos, (2021), o ato de co-inocular a soja no momento do plantio garante um acréscimo nos resultados, tendo uma melhora nos parâmetros a partir do efeito aditivo dos inoculantes.

Foi possível analisar que as bactérias *Bradyrhizobium*, como componente principal neste sistema, sendo notado que os melhores rendimentos, tanto de produtividade quanto de PMS são obtidos quando se tem a bactéria combinada com os demais tratamentos.

O elemento Boro também se destacou com efeito somatório dentro dos tratamentos, sendo que o mesmo é considerado essencial para o desenvolvimento da cultura. Segundo Santos, (2022), o B atua em diversos processos na planta, como transporte de açúcar, divisão celular, crescimento radicular e absorção de água.

5.5 Índice pluviométrico

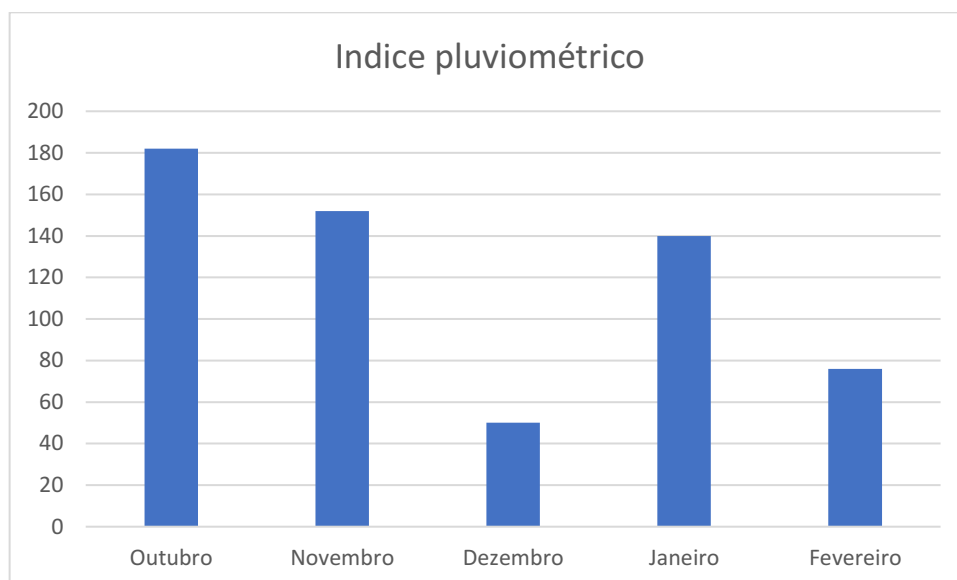
A soja possui uma necessidade hídrica que varia durante seu ciclo, tipo de solo, condições de clima e cultivar. O aumento na necessidade de água é maior nos períodos de germinação, floração e enchimento de grãos, chamados de período crítico, a falta de água nestas fases gera distúrbios fisiológicos na planta gerando o abortamento de folhas, vagens e flores, em média a soja tem uma demanda hídrica de 800 milímetros durante seu ciclo (COPAGRIL, 2014).

Como citado a soja necessita de um bom índice pluviométrico para atender as expectativas de rendimento, no experimento em questão, observou-se um índice de 600 milímetros durante o ciclo da cultura, 200 a menos que a média.

Chuvas acima da média ocorreram durante o mês de outubro, sendo localizadas e mal distribuídas, algumas com baixos índices, chegando em 5mm e outras ultrapassando a casa dos 100, no mês de novembro se observou o início da diminuição nas chuvas seguido do mês de dezembro onde houve apenas 50mm divididos em dois dias (gráfico 1). De janeiro em diante houve um aumento nos índices, mas com queda em fevereiro. Altas temperaturas combinadas com falta de

chuva e distribuição irregular da mesma contribuíram para o baixo rendimento da cultura.

Grafico 1: índice pluviométrico, cidade de Chopinzinho-PR.



Fonte: O autor, 2022.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho conclui que o uso de bactérias inoculantes, tanto *Bradyrhizobium* quanto *Azospirillum*, são de grande importância para potencialização de resultados na cultura da soja, dando destaque para a bactéria do gênero *Rhizobium*, a qual se mostrou eficiente em todos os tratamentos a qual foi combinada.

Os micronutrientes Co, Mo e B mostraram efeito aditivo sendo que nos tratamentos os quais foram inseridos trouxeram resultados positivos, principalmente quando associados a co-inoculação.

A bactéria promotora de crescimento *Azospirillum*, se mostrou eficaz no aumento da MS radicular, fator principal para cultura enfrentar períodos de estresse hídrico.

Diante das condições climáticas transcorridas durante o experimento se foi possível validar e comprovar a eficiência dos produtos testados.

REFERÊNCIAS

A origem do grão. **Aprosoja Brasil**, 2018. Disponível em < <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>> Acesso em 5 de julho de 2021.

BLAMEY, F. P. C.; MOULD, D.; CHAPMAN, J. **Critical boron concentrations in plant tissue of two sunflower cultivars. Agron. J.**, v. 71, n. 2, p. 243-247, 1979.

Barcellos, T. **Como a coinoculação em soja contribui para o aumento da produtividade.** Blog Aeagro, 2021. < <https://blog.aegro.com.br/coinoculacao/#:~:text=A%20coinocula%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20uma%20t%C3%A9cnica,plantas%20e%20aumenta%20a%20produtividade> > Acesso em 12 de novembro de 2022.

BRIGHENTI, A. et al. Aplicação simultânea de dessecantes e boro. Embrapa soja, 2006.

BURRIS, R.H. **Advances in biological nitrogen fixation. Journal of Industrial of Microbiology & Biotecnology**, v. 22, p.381-393, 1999.

UNISEP. **Laudos de solo.** Centro Universitario UNISEP, 2022.

Consumo mundial da soja deverá crescer 26% até 2026, **Datagro**, 2021. Disponível em < <http://bomm.com.br/noticia/consumo-mundial-de-soja-devera-crescer-26-ate-2026> > Acesso em 5 de julho de 2021.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. **Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos.** In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. (Ed.). Viçosa: UFV, p. 143-170. 2006.

CHIBEBA, A.M; et al. NOCULAÇÃO DE SOJA COM BRADYRHIZOBIUM E AZOSPIRILLUM PROMOVE NODULAÇÃO PRECOCE. Londrina – PR: Embrapa soja, 2013.

COPAGRIL. **As exigências hídricas da soja.** Copagril notícias, dezembro 2014. < <https://www.copagril.com.br/noticia/688/as-exigencias-hidricas-da->

a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007.

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

HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina – PR: Embrapa soja, 2011.

INOUE, Leticia. Cultura da soja: sua importância na atualidade. **Agromove**, janeiro de 2019. Disponível em < <https://blog.agromove.com.br/cultura-soja-importancia-na-atualidade/> > Acesso em 10 de julho de 2021.

LOPES, Patrícia. **"Soja"; Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/saude/soja.htm>. Acesso em 04 de julho de 2021.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. **APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO E COBALTO NA SEMENTE PARA A CULTURA DA SOJA**. Bragantia, Campinas, v.64, n.4, p.687-694, 2005

MASCIARELLI, O.; URBANI L.; REINOSO, H. E LUNA, V. **Mecanismo alternativo para a avaliação da produção de ácido indol-3-acético (IAA) por cepas de Azospirillum brasilense e seus efeitos na germinação e crescimento de mudas de milho**. Journal of Microbiology, v. 51, n. 5, p. 590-597, 2013.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition. 5 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.**

NASCIMENTO, T. **Como cobalto e molibdênio na soja podem elevar sua produtividade**. Blog Aeragro, 2020. < <https://blog.aegro.com.br/cobalto-e-molibdenio-na-soja/> > Acesso em 18 de agosto de 2021.

NICHOLAS, D.J.D. **The functions of trace elements in plants**. Londres: TRACE ELEMENTS IN SOIL, p 181-198, 1975.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Boas Práticas de Inoculação em Soja**. Atas e Resumos, p. 40, 2014

POPOV, Daniel. Soja: veja tudo o que você precisa saber sobre a produção no Brasil. **Canal rural**, junho 2019. Disponível em < <https://www.canalrural.com.br/agronegocio/soja/> > Acesso em 8 de julho de 2021.

*PRANDO, A.M. Et al. **Coinoculação da soja com Bradyrhizobium e Azospirillum na safra 2020/2021 no Paraná**. Londrina: maio de 2022.*

Produção de grãos tem previsão de aumento de 5,7%, chegando a 271,7 milhões de toneladas. **Conab**, maio 2021. Disponível em < www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3989-producao-de-graos-tem-previsao-de-aumento-de-5-7-chegando-a-271-7-milhoes-de-toneladas > Acesso em 7 de julho de 2021.

ROSOLEM, C. A.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M. E. et al. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura** Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 319-354.

SANTORO, M. **Como identificar e evitar a deficiência de boro na soja**. Blog Aeragro, 2021. < <https://blog.aegro.com.br/deficiencia-de-boro-na-soja/> > Acesso em 18 de agosto de 2021.

SANTOS, R. **Deficiência de boro na soja: identificação e o que fazer para não ter prejuízos**. UFPR: 2022.

SFREDO, G. J. **Soja: molibdênio e cobalto**. Documentos – ISSN 2176-2937; 322. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2010.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TIRITAN, C. S. et al. INFLUÊNCIA DO MOLIBDÊNIO ASSOCIADO AO COBALTO NA CULTURA DA SOJA, APLICADOS EM DIFERENTES ESTÁGIOS

FENOLÓGICOS. Colloquium Agrariae, v. 3, n.1, p. 1-07, Jun. 2007.

TORRES, Heloisa Helena de Faria. **A busca pela sustentabilidade na produção de soja brasileira: um estudo sobre a certificação RTRS (Round Table On Responsible Soy) aplicada na empresa AMAGGI.** Curitiba, 2017.

VESSEY, J. K.; PAWLOWSKI, K.; BERGMAN, B. **Root-based N₂-fixing symbioses: legumes, actinorhizal plants, Parasponia sp. and cycads.** Plant Soil, v. 274, p. 51–78, 2005.

VITTI, D. **Coinoculação na cultura da soja – Economia + Meio Ambiente. Blog campo & negócios, junho de 2015.** <
<https://revistacampoenegocios.com.br/coinoculacao-na-cultura-da-soja-economia-meio-ambiente/>> Acesso em 15 de novembro de 2022.