

**FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DO CENTRO DO PARANÁ
ENGENHARIA AGRONÔMICA**

GABRIELLA CAROLINE SLONIK

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DA SOJA EM
FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO VIA SEMENTE COM *BRADYRHIZOBIUM***

PITANGA

2023

GABRIELLA CAROLINE SLONIK

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DA SOJA EM
FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO VIA SEMENTE COM *BRADYRHIZOBIUM***

Trabalho De Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica, Área das Ciências Agrárias da Faculdade UCP Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná, como requisito à obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Professora Orientadora: Daiane Secco

PITANGA-PARANÁ

2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
5. AGRADECIMENTOS	12
6. REFERÊNCIAS	13

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DA SOJA EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO VIA SEMENTE COM *BRADYRHIZOBIUM*

SLONIK, Gabriella Caroline¹.
SECCO, Daiane².

RESUMO

O objetivo do trabalho foi analisar como diferentes formulações de inoculantes afetam o crescimento e o desenvolvimento da cultura de soja, bem como a eficiência da fixação de nitrogênio. O experimento foi realizado no município de Cândido de Abreu-PR. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos testados foram: T1 -sem inoculante, T2 - inoculante líquido, T3 - inoculante turfoso e T4 - inoculante líquido + turfoso. As variáveis analisadas foram comprimento da raiz (CR), número de nódulos por planta (NNP), comprimento da parte aérea (CPA) e massa fresca da parte aérea (MFPA). De acordo com os resultados da pesquisa a combinação de inoculantes líquidos e turfosos (T3 e T4) melhorou a formação de nódulos em plantas de soja no estágio V6. Investigação adicional é necessária para entender a superioridade em relação ao inoculante líquido (T2). Nas demais avaliações o inoculante líquido e turfoso se sobressaíram em relação a testemunha. Todos os tratamentos superaram a testemunha, com implicações importantes para a agricultura e microbiologia do solo.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Nodulação. Tratamento de Semente.

¹ Acadêmica do 10º período, do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná – UCP. E-mail: gabriellaslonik@gmail.com

² Graduada em Ciências Biológicas. Professora do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná – UCP. E-mail: prof_daianesecco@ucpparana.edu.br

VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF SOYBEAN AS A RESULT OF INOCULATION VIA SEED WITH *BRADYRHIZOBIUM*

SLONIK, Gabriella Caroline³.
SECCO, Daiane⁴.

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze how different inoculant formulations affect the growth and development of soybean crops, as well as the efficiency of nitrogen fixation. The experiment was conducted in the municipality of Cândido de Abreu, PR. The experimental design used was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 treatments and 5 replications. The tested treatments were: T1 - no inoculant, T2 - liquid inoculant, T3 - peat inoculant, and T4 - liquid + peat inoculant. The analyzed variables included root length (RL), number of nodules per plant (NNP), shoot length (SL), and fresh shoot mass (FSM). According to the research results, the combination of liquid and peat inoculants (T3 and T4) improved nodule formation in soybean plants at the V6 stage. Further investigation is needed to understand the superiority over the liquid inoculant (T2). In other evaluations, the liquid and peat inoculant outperformed the control. All treatments outperformed the control, with important implications for agriculture and soil microbiology.

Keywords: Glycine max L. Nodulation. Seed treatment.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) é considerada uma planta ramificada, onde seus ramos inferiores possuem um alongamento maior e se apresentam em formato de ângulo. Seus ciclos podem variar de cem a cento e sessenta dias. Suas raízes são consideradas pivotantes e suas folhas são trifoliadas (MISSÃO, 2006).

Segundo os dados levantados pela Embrapa (2017), a soja é considerada uma das principais cultivares do mundo e tornou-se uma grande potência na área agrícola brasileira, devido à sua necessidade climática ser compatível com a do Brasil. Os produtores vêm optando por essa cultura devido ao fato de ela ter uma grande demanda no mercado exterior.

³ Acadêmica do 10º período, do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná – UCP. E-mail:

⁴ Graduada em Ciências Biológicas. Professor(a) do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná – UCP. E-mail: prof_daianesecco@ucpparana.edu.br

Através dos dados apresentados pela Conab (2023), a cultura de soja teve um aumento de 16,5% superior a safra passada, e sendo considerada o produto com maior volume colhido no país, chegando a 3.527 quilos por hectare, e com uma produção estimada em 153,6 milhões de toneladas.

Bem como, o ciclo da cultura da soja divide-se em dois grupos: o vegetativo e o reprodutivo, representados pelas letras V e R, respectivamente. O estágio vegetativo inicia-se desde a emergência da plântula até a abertura da primeira flor, sendo que os dois primeiros estágios da soja são a emergência (VE) e o estágio de cotilédone (VC). Os estágios V1, V2 e V3 são identificados pela formação de suas folhas trifoliadas, e o último estágio vegetativo da soja é representado por Vn. Já, o estágio reprodutivo inicia-se da abertura da primeira planta até a maturação de suas vagens, dividindo-se em quatro partes distintas: R1 e R2 representam o florescimento, R3 e R4 o desenvolvimento da vagem, R5 e R6 o desenvolvimento dos grãos, e R7 e R8 representam a maturação fisiológica da planta de soja (FREITAS, 2019).

Concomitantemente dos principais elementos para o desenvolvimento da cultura de soja é o nitrogênio (N), que possui uma exportação base de 150 kg ha⁻¹ de N nos grãos, em média de produção por safra. Porém, esse nutriente pode ser substituído pelo fornecimento da simbiose com a utilização de bactérias *Bradyrhizobium* (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). Para se produzir 1000 kg de soja, são necessários 80 quilos de N (HUNGRIA; CAMPO, 2000).

Segundo Hungria (2008), o processo simbiótico ocorre quando há a associação da raiz da planta com a bactéria, pois as plantas fornecem açúcares e hospedagem para que as bactérias consigam se multiplicar. Em troca, a bactéria converte o nitrogênio que se encontra no solo (N₂) para (NO₃), que a planta consegue absorver. Quando ocorre a infecção da bactéria nitrificante na planta, a nodulação começa a ocorrer após duas horas do seu primeiro contato (CASSINI e FRANCO, 2006).

Dentro do processo de inoculação tradicional, existem algumas possibilidades que impedem o desenvolvimento das bactérias, e uma delas é que, após o tratamento da semente, deve-se efetuar o plantio em até 24 horas, para que a quantidade de bactérias seja suficiente para o seu desenvolvimento na planta (ZILLI; RUBENS; HUNGRIA, 2010).

A importância da presente pesquisa, se dá pela relevância dos resultados deste estudo tanto para produtores agrícolas quanto para a pesquisa agrônômica, uma vez que podem fornecer informações valiosas sobre práticas de inoculação de soja mais

eficazes e sustentáveis, assim reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados, o que, por sua vez, pode ter impactos positivos no meio ambiente.

Portanto, o objetivo do trabalho foi analisar como diferentes formulações de inoculantes afetam o crescimento e desenvolvimento da cultura de soja, bem como a eficiência da fixação de nitrogênio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em condições de campo em novembro de 2022, em propriedade particular, localizada no município de Cândido de Abreu- PR. O local possui solo arenoso e o clima subtropical úmido, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 24° 29 '49.87"S e longitude 51° 22' 52.36"O e altitude de 520 metros.

O plantio foi realizado no dia 03 de novembro de 2022, a variedade de soja foi 6410, com 13 sementes por metro linear e adubação de base NPK 03-21-21 com dosagem de 300 kg ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 5 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por nove linhas de seis metros de comprimento, com espaçamento entre as linhas de 0,45 m.

Os produtos utilizados nos tratamentos foram Bioma Brady® turfa e líquido. Sendo a bactéria utilizada na composição do Bioma Brady Líquido, a *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e 5080), com concentração de 7,2 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹, e sendo utilizado 50 ml para cada 50 kg de sementes. E a bactéria utilizada na composição do Bioma Brady Turfoso, a *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e 5080), com concentração de 7,2 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹, e sendo utilizado 60g para cada 50 kg de sementes. Para o tratamento de semente foi utilizado uma máquina manual, após tratar a semente com cada tipo de inoculante indicado reservei a semente em um local fresco e arejado até chegar na área para realizar o plantio e assim, não perdendo a eficiência do inoculante com temperatura e umidade. Bem como, foi realizado plantio dentro de 2 horas após a inoculação.

Os tratamentos testados foram: Tratamento 1: sem inoculante; Tratamento 2: Inoculante líquido; Tratamento 3: Inoculante turfoso e Tratamento 4: Inoculante líquido + turfoso.

Para todos os tratamentos, foram utilizadas as doses recomendadas pela bula. Porém, para o tratamento 4, que continha ambas as formulações, foi acrescentada apenas metade da dose recomendada de cada um. Para garantir uma maior eficiência dos inoculantes, foram adotados alguns cuidados, como a inoculação realizada à sombra e a distribuição uniforme dos inoculantes em todas as sementes.

Concomitantemente, no estádio fenológico V6 foram coletadas dez plantas ao acaso por parcela útil, ou seja, descartando cerca de 30 centímetros da bordadura, para avaliação dos seguintes parâmetros diretamente relacionados com a FBN (Fixação Biológica de Nitrogênio): nodulação (número de nódulos por planta - NNP) e comprimento da raiz determinado em centímetros e e massa fresca da parte aérea (g/planta - MFPA) mensurados em gramas.

Com efeito de analisar o comprimento da parte aérea da cultura da soja entre os diferentes tratamentos, especificamente a utilização de diferentes formulações de inoculante via semente, o comprimento da parte aérea é determinado em cm, adotando-se, como critério, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal. A avaliação ocorreu durante 3 dias diferentes após as determinadas fases do ciclo da soja, mais especificamente a primeira avaliação em V3, a segunda em V6 e a terceira no florescimento em R2. Dentre todas as avaliações, foram coletadas 15 plantas ao acaso por parcela da área útil.

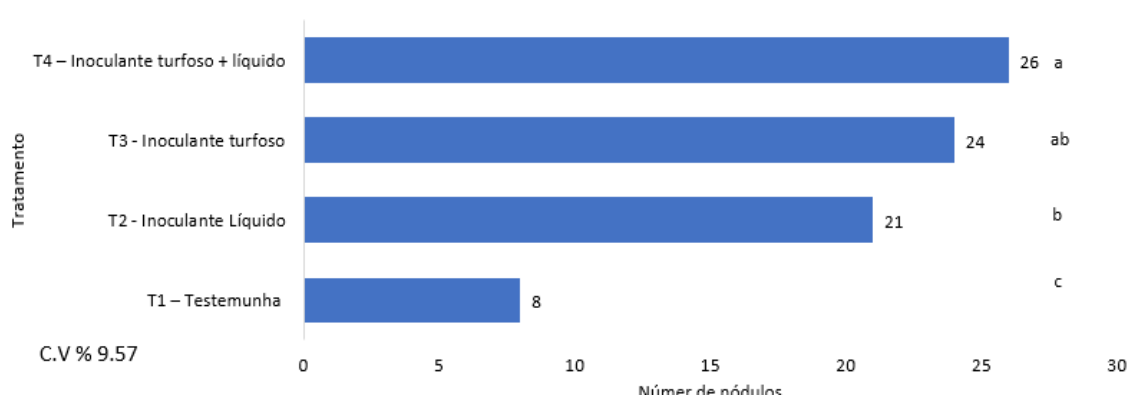
Os dados foram obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% sendo utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para variável de número de nódulos por planta (NNP) estão apresentados no gráfico 1. O tratamento T4 (Inoculante líquido + turfoso) registrou uma média de 26 nódulos por planta, enquanto o tratamento T3 (Inoculante turfoso) apresentou uma média de 24 nódulos por planta. Esses dois tratamentos não mostraram diferenças entre si, mas demonstraram uma eficácia superior em

comparação ao tratamento T2 (Inoculante Líquido), que apresentou uma média de 21 nódulos por planta. É importante destacar que o tratamento T1 (testemunha) obteve o menor desempenho, com uma média de apenas 08 nódulos por planta, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos.

Gráfico 1. Número de nódulos por planta (NNP) avaliado o estágio V6 na cultura de soja, sementes submetidas ao tratamento com diferentes inoculantes. Cândido de Abreu – PR, 2023. Cândido de Abreu.



Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores, 2023.

De acordo com Bárbaro (2009), o desenvolvimento mais robusto do sistema radicular das plantas desempenha um papel fundamental na capacidade de formação de nódulos. Esses nódulos são estruturas onde ocorre a fixação biológica de nitrogênio, um processo essencial para a nutrição das plantas.

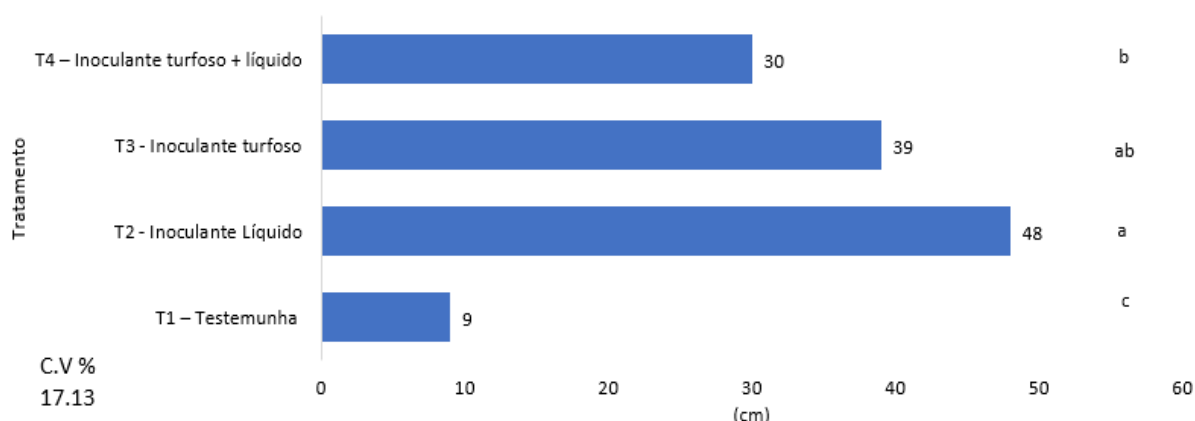
Em um estudo desenvolvido por Manteli et al. (2019), onde foi feita a avaliação dos números de nódulos por planta no estágio R4 da cultura, e com aplicação de *Bradyrhizobium sp.*. Foi identificado um aumento significativo no número de nódulos das plantas ao qual foram submetidas a aplicação de *Bradyrhizobium sp.* (58,2), quando comparada a testemunha (48,2).

Ainda através do estudo de Manteli et. al (2019), foi possível observar resultados que apontam para melhorias significativas na produtividade das plantas devido à inoculação com um microrganismo benéfico. Primeiramente, a inoculação com *Bradyrhizobium sp.* resultou em uma produtividade de 3.183,64 kg por hectare, o

que representou um aumento de 11,52% em comparação com o grupo de controle, conhecido como "testemunha".

Portando ao avaliar o comprimento da raiz observados no gráfico 2 o tratamento T2 se destacou, apresentando um comprimento de raiz de 48 centímetros, seguido do tratamento T3 demonstrou um comprimento de raiz considerável, atingindo 39 centímetros, no entanto o T2 e T3 não se diferenciaram estatisticamente. Por outro lado, os tratamentos T1 e T4 apresentaram comprimentos de raiz mais curtos, medindo apenas 9 e 30 centímetros, respectivamente.

Gráfico 2. Comprimento da raiz (CR) na cultura de soja avaliado o estágio V6 na cultura de soja, sementes submetidas ao tratamento com diferentes inoculantes. Cândido de Abreu – PR, 2023. Cândido de Abreu.



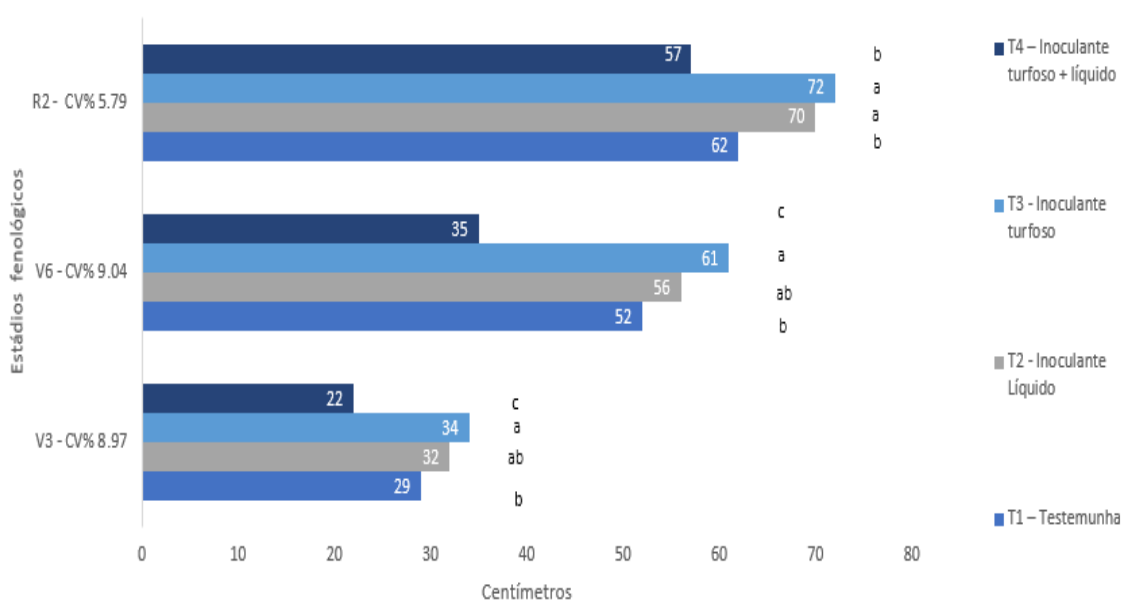
Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores, 2023.

De acordo com o estudo de Finoto et al. (2017), a inoculação com microrganismos fixadores de nitrogênio, teve um efeito positivo ao crescimento das raízes da planta de soja. Isso pode ser atribuído à capacidade desses microrganismos de fornecer nutrientes às plantas de forma mais eficaz do que a adubação nitrogenada, o que resultou em um sistema radicular mais saudável e expansivo nas plantas tratadas com a inoculação. De forma geral, a inoculação parece ser uma prática mais benéfica em comparação com a adubação nitrogenada para promover o crescimento do sistema radicular da soja.

Ao avaliar o comprimento da parte aérea representados no gráfico 3, o tratamento T3 se destacou, apresentando um comprimento de sua parte aérea em 34 centímetros no estágio V3, 61 centímetros no estágio V6 e 72 centímetros no estágio R2 . O tratamento T2 não se diferenciou significativamente quando comparado o tratamento T3, nos diferentes estágios avaliados da cultura.

Gráfico 3. Resultado médio do comprimento da parte aérea (CPA), avaliado os estágios V3, V6 e R2 na cultura de soja, sementes submetidas ao tratamento com diferentes inoculantes. Cândido de Abreu – PR, 2023. Candido de Abreu.



Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

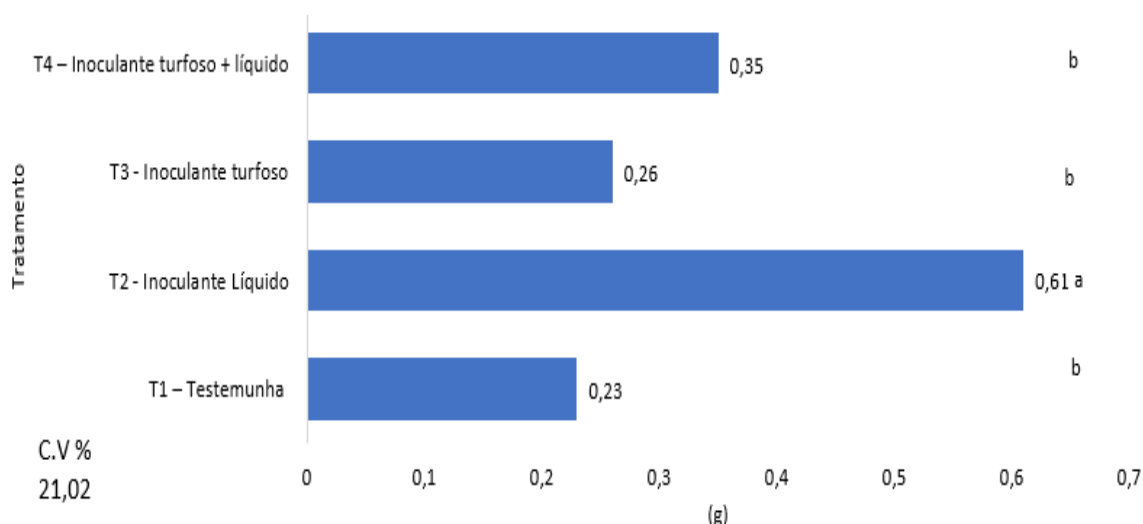
Fonte: Autores, 2023.

Em um estudo de Scatola (2019), notou-se que dois tratamentos em particular, a "inoculação no solo" e a "aplicação foliar em estágio V3", resultaram nas alturas mais significativas nas plantas. Esses tratamentos parecem ter tido um efeito positivo notável no crescimento das plantas, indicando que podem ser estratégias eficazes para promover o desenvolvimento vertical das plantas.

Ao avaliar o resultado médio da massa fresca da parte aérea no gráfico 4, observou-se que o tratamento T2 se destacou em termos de desempenho, indicando que obteve um resultado significativamente diferente dos demais tratamentos. No entanto, os tratamentos T1, T3 e T4 não apresentaram diferenças significativas entre si. Isso sugere que esses três tratamentos podem ter resultados semelhantes em

relação à variável da massa fresca da parte aérea, enquanto o tratamento T2 se destaca como uma opção potencialmente mais eficaz ou influente.

Gráfico 4. Resultado médio da massa fresca da parte aérea (MFPA) avaliado os estágios V6 na cultura de soja, sementes submetidas ao tratamento com diferentes inoculantes. Cândido de Abreu – PR, 2023. Cândido de Abreu.



Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores, 2023.

Os resultados obtidos na pesquisa de Mesquita (2023), relacionado a massa fresca da parte aérea, foi possível perceber que não houve diferença entre o tratamento de *Bradyrhizobium japonicum* e a testemunha, o que difere deste estudo que conforme apresentado no gráfico 04 o tratamento T2 se sobressaiu aos demais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto conclui-se que os tratamentos independentes da formulação utilizada de inoculante se destaca comparado com a testemunha, assim, rentabilizando em melhores resultados para massa fresca e comprimento parte aérea e raiz e número de nódulos por planta.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre colocar tudo no seu devido lugar e a todos que me apoiaram, especialmente pelos meus pais e meu irmão que estiveram comigo me auxiliando em todos os momentos durante o curso.

Aos meus professores que estiverem presentes nesse período por todo ensinamento e dedicação e em especial minha orientadora professora Daiane Secco que se manteve disposta para contribuir com o progresso do trabalho de conclusão de curso.

6. REFERÊNCIAS

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

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009.

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.

CONAB, Companhia Nacional De Abastecimento. **Produção de grãos está estimada em 312,5 milhões de toneladas na safra 2022/23**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4971-producao-de-graos-esta-estimada-em-312-5-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>. 2023. Acesso em 01 de Out. 2023.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2006**. Disponível em https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_20_271020069131.html acessado em: 27/07/2023

FINOTO, E. L.; CORDEIRO JUNIOR, P. S.; BÁRBARO-TORNELI, I. V.; MARTINS, M. H; SOARES, M. B. MARTINS, A. L. DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE SOJA CO-INOCULADA COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE EM SEMEADURA DIRETA SOBRE PALHIÇO DE CANA CRUA. Nucleus, 2º **Encontro Técnico sobre as culturas da soja e do milho no nordeste paulista, Araçatuba SP**, jul. 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FREITAS, Ismael. L., J., **Fiotecnia: Soja e Milho**. Editora e distribuidora Educacional S.A., Londrina 2019 p. 23.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. **Como a soja pode produzir mais**. Rev. Cultivar Grandes culturas- ed.20 – 2000. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=345>.. Acesso: 01Jan. 2023.

HUNGRIA, M. **Inoculação de Bradyrhizobium em soja por pulverização em cobertura**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, Documentos, 283, 2007

MANTELI, Claudia; ROSA, Guilherme M.; CARNEIRO, Luan Vinicius; POSSENTI, Jean Carlo; STEFANI, Alberto Ricardo; SCHNEIDER, Fernando Luiz. **Inoculação e coinoculação de sementes no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja**. Revista Cultivando o Saber. Volume 12 nº 2. 2019

MESQUITA, Carlos José. **Desenvolvimento da Soja submetida a diferentes formas de inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense***. Revista Agroveterinaria do Sul de Minas. Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha, MG, v. 5, n.1. 2023.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. Maringá: Maringá Management: **Revista de Ciências Empresariais**, 2006. 10 p

SCATOLA, JEAN LUIZ PEZZINI. **Formas de Aplicação de Inoculante *Bradyrhizobium* na Cultura da Soja**. Trabalho de Conclusão de Curso. SINOP – MT. Universidade Federal de Mato Grosso. 2019. P. 17;19

ZILLI, J.E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R.J.; ROUWS, R.C.; HUNGRIA, M. **Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa. vol. 34, n. 6, p.1875-1881. 2010.