

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA
Eduardo de Souza

Inoculação pré-semeadura da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato

Curitibanos

2022

Eduardo de Souza

Inoculação pré-semeadura da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação Em Agronomia do Centro de Ciências Rurais, Campus de Curitibanos, da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Sonia Purin da Cruz, *Ph.D.*

Curitibanos

2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	O CULTIVO DA SOJA	13
2.2	HISTÓRICO DA INOCULAÇÃO E INOCULAÇÃO PADRÃO DA SOJA	14
2.3	INOCULAÇÃO PRÉ-SEMEADURA	15
2.4	MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DO EXPERIMENTO	19
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	19
3.3	INOCULAÇÃO DE SEMENTES	21
3.4	PLANTIO	21
3.5	TRATAMENTOS FITOSSANITÁRIOS	22
3.6	AVALIAÇÕES	24
3.6.1	Avaliação em R2	24
3.5.2	Avaliação em maturação plena.	26
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	COLETA DE DADOS EM R2	28
4.2	COLETA DE DADOS EM MATURAÇÃO PLENA	31
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXOS	41



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

Eduardo de Souza

Inoculação pré-semeadura da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 04 de novembro de 2022.

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Sonia Purin da Cruz, Ph.D.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Ronaldo Kazuo Sakai
Membro da banca examinadora
Rizobacter do Brasil

Dr. Daniele Carine Campioni
Membro da banca examinadora
Rizobacter do Brasil

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Eduardo

Inoculação pré-semeadura da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato/Eduardo de Souza; orientadora, Sonia Purin da Cruz, 2022.

49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Soja. 3. Microrganismos. 4. Inoculação. 5. Solubilizadores de fosfato I. Da cruz, Sonia Purin. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por dar oportunidade de chegar até esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Jairo Ferreira de Souza e Marcia Marconi de Souza, por toda educação, apoio e suporte para que eu pudesse alcançar meus objetivos. A minha vó Libera Marconi e meu irmão Matias de Souza por todo incentivo e companheirismo. E a todos os demais familiares que de alguma forma fizeram parte desta etapa.

A minha namorada Tainara Perin, que além de tudo foi minha parceira, companheira, atenciosa e paciente, sempre incentivando e dando suporte em todos os momentos da minha graduação.

A todos meus amigos e parceiros que sempre estiveram ao meu lado apoiando e ajudando em todos os momentos. Ao grupo GMicro por toda ajuda e parceria nos trabalhos a campo e laboratório.

A minha orientadora professora Sonia Purin da Cruz, por todos os ensinamentos, puxões de orelha, companheirismo. Sendo uma das pessoas mais importantes para a conclusão desta etapa, e que foi uma mãe dentro da universidade, e que levo como um exemplo de pessoa a ser seguida.

A empresa Rizobacter do Brasil, por proporcionar e dar suporte para a realização deste projeto. E ao setor agropecuário da UFSC que sempre estiveram a disposição para ajudar nos trabalhos a campo.

E a todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Santa Catarina, que muito aprendi com cada um.

E a todos que de alguma forma contribuíram nesta caminhada de graduação.

Obrigado!

RESUMO

A soja é uma das culturas mais produzidas mundialmente, devido ao seu grão ter ampla utilização, sendo base para alimentação animal e humana. Desta forma, por ser altamente dependente de fertilizantes, práticas que melhorem a praticidade da semeadura e que visam redução e melhor aproveitamento de fertilizantes são necessárias. Com isso, a inoculação pré-semeadura de soja com *Bradyrhizobium* já é uma técnica consolidada e bem aceita pelos produtores, porém essa metodologia não é estudada em associação com solubilizadores de P. Estudos dessa natureza são de muita importância, visto que maiores níveis de P estão associados a melhor nodulação e produtividade. Desta forma, o presente trabalho avaliou o efeito de microrganismos solubilizadores de fosfatos associados a *Bradyrhizobium* em pré-semeadura sobre o desenvolvimento e a produtividade da soja. O experimento foi conduzido a campo em parceria com a empresa Rizobacter do Brasil, na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, situada no município de Curitiba – SC. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo T1- testemunha; T2- Inoculação 10 dias pré-semeadura com *Bradyrhizobium*; T3- Inoculação 10 dias pré-semeadura com *Bradyrhizobium* + Rizofos; T4- Inoculação 10 dias pré-semeadura com Rizofos + *Trichoderma*. Avaliaram-se dados referentes a nodulação, massa de raízes e parte aérea, nitrogênio da parte aérea e grãos, caracteres de produção e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância simples (ANOVA), e as diferenças identificadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Houve diferença significativa para o número de nódulos da raiz principal, sendo que os tratamentos T4 e T2 foram estatisticamente idênticos e superiores ao T1 e T3. Juntamente a massa, coloração e localização de nódulos também apresentaram diferenças significativas. Conclui-se que a inoculação pré-semeadura da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato pode aumentar o número, massa e localização dos nódulos. Contudo, recomenda-se realizar novos estudos em busca de resultados positivos, para que os referidos microrganismos possam ser explorados e aplicados à cultura para aumentar os ganhos produtivos.

Palavras chave: Fixação biológica de nitrogênio. Adubação fosfatada. Coinoculação. Inoculação pré-semeadura

ABSTRACT

Soybean is one of the most produced crops worldwide, due to its large use as the basis for animal and human food. Thus, because it is highly dependent on fertilizers, practices that improve practicality of sowing and aim to reduce and use better fertilizers are necessary. Hence, pre-sowing inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* is a consolidated technique and well accepted by producers, but this methodology has not been studied in association with P solubilizers. Studies of this nature are very important, since higher levels of P are associated with better nodulation and productivity. Therefore, this work evaluated the effect of phosphate solubilizing microorganisms associated with *Bradyrhizobium* at pre-sowing on the development and yield of soybean. The experiment was conducted in field conditions in partnership with the company Rizobacter do Brasil, at the experimental area of the Universidade Federal de Santa Catarina, located in Curitiba - SC. The experimental design was completely-randomized blocks with 4 treatments and 4 repetitions: T1-control; T2- Inoculation at 10 days pre-sowing with *Bradyrhizobium*; T3- Inoculation at 10 days pre-sowing with *Bradyrhizobium* + Rizofos; T4- Inoculation at 10 days pre-sowing with *Bradyrhizobium* + Rizofos + *Trichoderma*. Data were evaluated regarding nodulation, root and shoot mass, shoot and grain nitrogen, yield and its components. Data were submitted to simple variance analysis (ANOVA), and differences were identified by the Scott-Knott test at 5%. There was a significant difference on main root nodules; treatments T4 and T2 were statistically identical and superior to T1 and T3. Along with mass, color and location of nodules also showed significant differences. It can be concluded that pre-sowing inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and phosphate solubilizers may increase number, mass and location of nodules. However, further studies are recommended regarding positive results, so that these microorganisms can be explored and applied to the crop, in order to increase yield gains.

Key words: Biological nitrogen fixation. Phosphate fertilization. Coinoculation. Pre-sowing inoculation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (A) Localização do município de Curitibanos em Santa Catarina; (B) Pontos de referências para localização do experimento; (C) Disposição da área do experimento	19
Figura 2 - (A) Semeadora; (B) Higienização do reservatório de sementes; (C) Secagem do reservatório de sementes; (D) Reservatório com sementes	22
Figura 3 - Desenvolvimento do experimento aos 42 DAE.....	23
Figura 4 - Desenvolvimento do experimento aos 70 DAE	24
Figura 5 - Escala de notas para avaliar localização de nódulos na raiz e coloração dos nódulos	24
Figura 6 - Extração de plantas do solo com pá de corte	25
Figura 7 - Nodulação das plantas, separadas por tratamento	26
Figura 8 - Valores médios de score da localização de nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitibanos-SC, na safra 2021/2022.....	29
Figura 9 – Precipitação (mm) durante a condução do experimento	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Datas, produtos e doses aplicadas de herbicidas e fungicidas.....	22
Tabela 2 - Valores médios do número de nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida à inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022	28
Tabela 3 - Valores médios de score da localização dos nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.....	28
Tabela 4 - Valores médios de score da coloração dos nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.....	30
Tabela 5 - Valores médios de massa de nódulos frescos (g) da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.....	30
Tabela 6 - Valores médios de massa de nódulos secos (g) da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.....	31

1 INTRODUÇÃO

Recentemente o Brasil se tornou o maior produtor de soja em nível mundial, visto que na safra 2020/2021 alcançou a produção de 135,4 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2021). Este valor fez o PIB do agronegócio brasileiro bater recorde, correspondendo a 26,6% do PIB nacional, e a soja foi o principal responsável por essa marca. Para bons rendimentos da cultura, o nitrogênio é o nutriente o mais extraído pela planta, sendo necessários 80 kg para a produção de uma tonelada de grãos (HUNGRIA *et al.*, 2001). Entretanto, o uso de inoculantes com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium* é capaz de fornecer todo o N requerido pela cultura através da fixação biológica. Desta forma, não é necessário realizar aplicação de N mineral, diminuindo os custos de produção e os impactos ambientais gerados pelos fertilizantes (HUNGRIA *et al.*, 2001).

Entretanto, a inoculação padrão de sementes pode causar alguns entraves, pois uma vez feito esse processo, é necessário que a semeadura ocorra em até 24 horas, já que após esse tempo as bactérias começam a morrer. Neste cenário, surge a inoculação de sementes em pré-semeadura, que é vista como uma boa alternativa, pois caso ocorra algum imprevisto como a quebra de algum maquinário ou uma chuva indesejada que possa impossibilitar o plantio, o produtor ainda assim pode realizar o plantio em outra data, sem ultrapassar os prazos e garantias do produto biológico utilizado.

Além do nitrogênio, o fósforo é outro nutriente bastante requerido pela cultura da soja, contudo sua disponibilidade é baixa em solos brasileiros. Porém, as quantidades utilizadas de adubos fosfatados muitas vezes são superiores ao que as culturas necessitam, sendo que a maior parte do fósforo aplicado se torna indisponível após a incorporação ao solo, e a eficiência da solubilização natural é muito baixa (ALVES *et al.*, 2002). Com isso, os microrganismos solubilizadores de fosfato são capazes de deixar o fósforo prontamente disponível para as plantas, sendo essencial o uso desses microrganismos para promover uma melhor utilização do fósforo existente no solo (SILVA FILHO; VIDOR, 2001).

Até o momento, não há trabalhos relacionados à inoculação pré-semeadura de soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfatos. Diante deste fato, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes microrganismos fixadores de nitrogênio e solubilizadores de fosfatos utilizados em inoculação pré-semeadura da soja.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 **Objetivo geral**

Avaliar o desenvolvimento da cultura da soja submetida à inoculação pré-semeadura de sementes com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfatos.

1.1.2 **Objetivos específicos**

- Avaliar os efeitos da inoculação pré-semeadura em relação ao número, tamanho, localização e viabilidade dos nódulos.
- Determinar a resposta de crescimento em relação a produção de massa da parte aérea e raízes.
- Quantificar a massa e o nitrogênio da parte aérea e a produtividade de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CULTIVO DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L). Merrill) pertence à família Fabaceae, tendo como seu centro de origem o continente asiático, e é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Teve sua introdução no Brasil no ano de 1882 por Gustavo Dutra, professor da Escola de Agronomia da Bahia que trouxe a cultura dos Estados Unidos, que de início não se adaptou ao clima baiano (DUCLÓS, 2014).

Sua vasta expansão teve ocorrência na década de 1960, época em que a soja despertou grande interesse comercial com o crescimento da suinocultura e da avicultura comercial, com isso a procura por seu farelo teve um grande aumento. Nessa época os estados do sul do país eram os principais produtores, pelo fato de se localizarem em latitudes maiores, onde as variedades oriundas dos Estados Unidos tiveram uma melhor adaptação às condições edafoclimáticas, em especial ao fotoperíodo (BONETTI, 1981). A criação da EMBRAPA Soja em 1975 foi um dos importantes agentes desse processo de evolução da sojicultura brasileira, pois a instituição desenvolveu novas cultivares adaptadas às condições climáticas das regiões produtoras, como o Centro-Oeste, que hoje é a principal região produtora do país (DALL'AGNOL, 2016).

Na safra 2019/2020 o Brasil ultrapassou os Estados Unidos na produção de soja, se tornando o principal produtor da oleaginosa. Na última safra, manteve essa expressividade produzindo um total de 135,4 milhões de toneladas, sendo 16,88% superior aos Estados Unidos, que produziu 112,5 milhões de toneladas. Já a produção mundial alcançou um total de 362,9 milhões de toneladas (EMBRAPA SOJA, 2021).

Em 2020, o agronegócio foi responsável por 26,6% do PIB brasileiro, sendo a soja o carro-chefe da produção agropecuária do país. Entretanto, não é só economicamente importante, mas também socialmente, pois o mercado da soja emprega milhões de pessoas atualmente, de maneira direta e indireta. Tal feito se dá pelo fato de seus grãos serem muito utilizados pelo setor da agroindústria na produção de óleo vegetal e sendo base para alimentação animal e humana, entre outros setores, devido ao grão ter um alto teor nutricional e ser uma importante fonte de proteína (CNA, 2021).

Dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2021) apontam que a área de soja plantada no Brasil foi de 38,502 milhões de hectares, com uma produtividade nacional média de 3.517 kg ha⁻¹. O estado do Mato Grosso teve uma área de 10,2 milhões de hectares e uma produção de 35,9 milhões de toneladas, e detém a maior área de cultivo e produção nacional.

2.2 HISTÓRICO DA INOCULAÇÃO E INOCULAÇÃO PADRÃO DA SOJA

Os estudos a respeito da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) iniciaram-se em 1888, quando dois pesquisadores alemães, Hellriegel e Wilfarth, encontraram uma relação simbiótica entre as raízes e bactérias que fixam nitrogênio, formando uma estrutura rígida, denominada de nódulo. As pesquisas desse tema tiveram sua expansão na década de 50, época em que os trabalhos com a fixação biológica de nitrogênio passaram a ter grande relevância na Agronomia. No Brasil, no ano de 1956 foi fundada a primeira fábrica de inoculantes em Pelotas-RS, pelo Dr. João Rui Jardim Freire em conjunto com a Secretaria da Agricultura (ANPII, 2013). Com o passar dos anos, estabeleceu-se uma metodologia de inoculação padrão na soja que é adotada no país todo.

Segundo Hungria *et al.* (2001) é considerada inoculação padrão na cultura da soja a mistura de inoculante turfoso com a semente, seguida de plantio em até 24 horas. No Brasil, os inoculantes para soja podem ser líquidos ou turfosos e devem conter uma população mínima de 1 x 10⁹ Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama ou mL de inoculante, além de apresentar eficiência simbiótica e manter a garantia registrada até a data de seu vencimento. Os microrganismos utilizados para fabricação de inoculantes para a soja, com registro pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são: *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079, *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587, *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 5019.

O Brasil detém o recorde mundial na produção de inoculantes, produzindo anualmente mais de 50 milhões de doses. Com isso, os agricultores buscaram adotar essa tecnologia, e sempre estão atentos a técnicas que tragam maior rentabilidade em suas lavouras, também proporcionando ganhos ambientais por se tratar de um produto natural (ANPII, 2017). O uso de inoculantes pode fornecer mais de 300 quilos de nitrogênio por hectare para a soja, e seu valor chega a ser 95% menor em relação ao que seria gasto com adubação nitrogenada (EMBRAPA, 2019).

2.3 INOCULAÇÃO PRÉ-SEMEADURA

Esse método consiste na inoculação realizada em um intervalo maior de 24h antes do plantio, visando superar algumas limitações da inoculação padrão. Caso ocorra algum imprevisto, podendo ele ser climático ou a quebra de algum maquinário que impossibilite a semeadura dentro das 24 horas, a metodologia preserva as bactérias vivas. Buscando garantir essa sobrevivência, são usados produtos osmoprotetores, popularmente conhecidos como aditivos. Esses produtos proporcionam a formação de uma película, impedindo o contato direto do inoculante com os agroquímicos utilizados no tratamento das sementes, e também fornece substrato para sobrevivência da bactéria durante o período antecedente a simbiose (FIPKE, 2015).

O primeiro estudo publicado no Brasil a respeito do tema foi o trabalho realizado por Zilli *et al.* (2010), no qual foram feitos experimentos nas safras de 2006 e 2007. No primeiro ano os testes foram feitos em sementes sem tratamento químico. O tratamento controle apresentou uma média de 1 nódulo por planta sendo 95% inferior ao tratamento com inoculação padrão e com inoculação pré-semeadura de 5 dias, visto que esses apresentaram uma média de 24 e 22 nódulos por planta. Já em relação à produtividade de grãos, o tratamento controle apresentou uma média de 1650 kg ha⁻¹, o tratamento com inoculação padrão a apresentou 3.562 kg ha⁻¹ e inoculação pré-semeadura de 5 dias gerou uma média de 3.804 kg ha⁻¹. Com isso, a inoculação pré-semeadura mostrou-se uma alternativa tão eficiente quanto a inoculação padrão, produzindo valores estatisticamente iguais.

No ano seguinte, Zilli *et al.* (2010) avaliaram também tratamentos com fungicidas nas sementes. Com isso, a inoculação padrão, inoculação padrão com fungicidas e inoculação pré-semeadura sem fungicidas apresentaram valores iguais estatisticamente, com 29, 25 e 28 nódulos por planta. Porém, o tratamento de inoculação pré-semeadura com fungicidas reduziu o número de nódulos em 94%. A produtividade de grãos dos tratamentos com inoculação padrão, inoculação padrão com fungicidas e inoculação pré-semeadura sem fungicidas também apresentaram valores iguais estatisticamente, de 3.437, 3.541 e 3.672 kg ha⁻¹. Entretanto, a inoculação pré-semeadura com fungicidas teve sua produtividade reduzida em 28%. Deste modo, a inoculação pré-semeadura mostrou-se eficiente somente quando as sementes não foram tratadas com fungicidas. Isso impulsionou as indústrias de inoculantes no Brasil a buscarem alternativas de produtos que viabilizassem a sobrevivência das bactérias quando sementes quimicamente tratadas fossem estocadas.

Nesse sentido, o estudo realizado por Araujo *et al.* (2017) avaliou a inoculação pré-semeadura até 30 dias em sementes tratadas com agrotóxicos, e que foi o subsídio para o registro dessa tecnologia no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Nele, os autores compilaram dados de experimentos em várias cidades do país e testou-se uma nova tecnologia para inoculação pré-semeadura com aditivos osmoprotetores. Em laboratório, avaliou-se a sobrevivência de *Bradyrhizobium* na superfície de sementes pré-inoculadas com três tecnologias: Cronos, CronosNod e CronosTSI. Em média, as tecnologias Cronos e CronosNod promoveram um aumento na sobrevivência das bactérias em 36 e 26 vezes, enquanto CronosTSI promoveu um aumento de 366 vezes em comparação com a inoculação padrão de sementes não tratadas. Todos os produtos também melhoraram significativamente a sobrevivência bacteriana por vários dias após a inoculação das sementes tratadas, e as tecnologias CronosNod e CronosTSI promoveram a sobrevivência de uma população satisfatória de bactérias em sementes que haviam sido tratadas com produtos químicos entre 7 e 35 dias.

Já em condições de campo, o tratamento com inoculação padrão à base de turfa resultou em uma média de 12 nódulos por planta, número igual ao observado quando as sementes foram inoculadas 30 dias em pré-semeadura. Em relação à produtividade de grãos, o tratamento com inoculação padrão à base de turfa apresentou uma média de 3.231 kg ha⁻¹ e o tratamento de pré-semeadura com 30 dias gerou uma média de 3.344 kg ha⁻¹. Desta maneira, essa nova tecnologia se mostrou eficiente quando as sementes foram inoculadas aos 30 dias em pré-semeadura e tratadas com agrotóxicos, pois esse método promoveu valores superiores ou iguais ao tratamento com inoculação padrão.

2.4 MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS

O fósforo é um macronutriente de extrema importância para os processos metabólicos das plantas, que tem um papel fundamental na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. Quando o nutriente é limitado no início do ciclo vegetativo, pode ocasionar em restrições no desenvolvimento, e como consequência a planta não se recupera, mesmo com o aumento de fósforo a níveis adequados (GRANT *et al.*, 2001). Entretanto, um grande problema é a baixa disponibilidade de fósforo em solos tropicais, e isso se dá pela abundância em óxidos de ferro e alumínio, que favorecem o processo de imobilização do fósforo, pois o mesmo fica retido nos argilominerais e indisponível para as plantas (SOUCHIE *et al.*, 2005).

Neste cenário, os microrganismos solubilizadores de fosfatos inorgânicos exercem um grande papel no fornecimento de fósforo para as plantas. Esta ocorrência despertou a atenção para a utilização desses microrganismos como inoculantes comerciais ou no manejo de suas populações como uma alternativa para promover uma melhor utilização do fósforo existente no solo ou do adicionado como fertilizante (SILVA FILHO; VIDOR, 2001).

Há um grande número de microrganismos que realizam a solubilização do fósforo, dentre eles bactérias, fungos, actinomicetos e algas. Os principais gêneros de bactérias incluem *Pseudomonas*, e *Bacillus*. Já os fungos funcionam de maneira muito semelhante e incluem cepas de *Aspergillus*, *Fusarium*, *Saccharomyces* e *Trichoderma*, entre outros. É relatado que os fungos do solo têm a capacidade de explorar longas distâncias no solo com maior facilidade, devido ao seu crescimento filamentosos, do que as bactérias, e podem ser mais importantes para a solubilização de fosfato inorgânico (ALORI; GLICK; BABALOLA, 2017).

Os microrganismos solubilizadores de fosfato contribuem ativamente no ciclo do fósforo, assim elevando a disponibilidade do nutriente para absorção das plantas. Os microrganismos tem a capacidade de utilizar diferentes mecanismos na conversão de formas pouco solúveis de fosfato em solúveis, mas o grande mecanismo da solubilização é a liberação de metabólitos como os ácidos orgânicos, que são secretados pelos microrganismos e podem dissolver diretamente os metais de fosfatos, liberando fosfato solúvel ou podem reduzir o pH do meio para a solução do solo. Além disso, existem relatos de microrganismos do solo que solubilizam formas não disponíveis de fósforo fixado em moléculas de ferro por meio da utilização de sideróforos (BATISTA *et al.*, 2018).

No Brasil, a maior parte dos estudos sobre a coinoculação da soja com solubilizadores de fosfatos iniciou-se nos últimos 25 anos. Em um estudo realizado por Araújo e Hungria (1999), a coinoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* e *Bacillus subtilis* foi avaliada em três experimentos realizados a campo no Paraná. Os resultados mostraram que a coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Bacillus* aumentou o número de nódulos em 59% em relação ao tratamento sem inoculação, e em 27% em relação à inoculação apenas com *Bradyrhizobium*.

Em um trabalho realizado a campo por Bai *et al.* (2003), avaliou-se a coinoculação com cepas de *Bacillus* com *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja por dois anos consecutivos. As cepas de *Bacillus* utilizadas foram *B. subtilis* NEB4, *B. subtilis* NEB5 e *B. thuringiensis* NEB17. O número de nódulos em estágio V3 e R3 no ano de 1999 foi superior

para as três cepas comparado ao tratamento de inoculação apenas com *Bradyrhizobium japonicum*. Em V3, a coinoculação com a cepa *B. subtilis* NEB4 aumentou em 185,9% o número de nódulos. Já na avaliação em R3, a mesma cepa aumentou em 20,7% o número de nódulos. Em 2000, todas as cepas proporcionaram valores superiores para o número de nódulos tanto em V3 como em R3. Em V3, a coinoculação com a cepa *B. thuringiensis* NEB17 gerou um número de nódulos 34,7% superior ao tratamento sem coinoculação; já em R3 a coinoculação com *B. subtilis* NEB5 aumentou esse valor em 79,6%

Em um estudo conduzido por Zeffa *et al.* (2020), realizou-se uma meta-análise a respeito da coinoculação com *Bradyrhizobium* e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas. A análise compreendeu 42 artigos publicados entre os anos de 1987 e 2018. Desses 42 estudos, 53% foram realizados em casa de vegetação e 47% a campo. Analisou-se o número e biomassa dos nódulos, biomassa de raiz e caule, nitrogênio da parte aérea e rendimento de grãos. Em condições de campo, o gênero *Bacillus* apresentou efeitos significativos, levando a incrementos médios de 33,12% sobre o número de nódulos. Já para os experimentos em casa de vegetação, os gêneros que apresentaram resultados significativos sobre o número de nódulos foram *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas*, com 26,77, 22,09 e 9,81% de incremento. Para a biomassa dos nódulos em casa de vegetação, os gêneros *Azospirillum* e *Pseudomonas* apresentaram efeitos positivos sobre a variável, com incrementos de 14,65 e 17,34%. Para a variável biomassa da raiz só os experimentos em casa de vegetação apresentaram resultados significativos, visto que o gênero *Pseudomonas* foi o único que resultou em um aumento significativo da biomassa da raiz, em 28,96%. Para a variável biomassa da parte aérea tanto os experimentos a campo como os experimentos em casa de vegetação apresentaram resultados significativos. Nos experimentos a campo os gêneros *Azospirillum*, *Bacillus* e outros gêneros agrupados produziram incrementos de 6,39, 4,92 e 31,46% para a biomassa da parte aérea. Já para os experimentos em casa de vegetação, só os gêneros agrupados apresentaram resultados positivos com 28,39% de incremento biomassa da parte aérea. Porém, o teor de N da parte aérea e rendimento de grãos não apresentaram efeitos estatisticamente significativos.

Apesar de os registros literários enfatizarem os benefícios da coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores, é muito importante enfatizar que estudos voltados a inoculação pré-semeadura com ambos grupos microbianos não são reportados na literatura. Neste sentido, a realização de trabalhos unindo esses três elementos é de extrema importância, visando um incremento no desenvolvimento e potencial produtivo da cultura da soja, bem como praticidade e maior segurança no processo de semeadura.

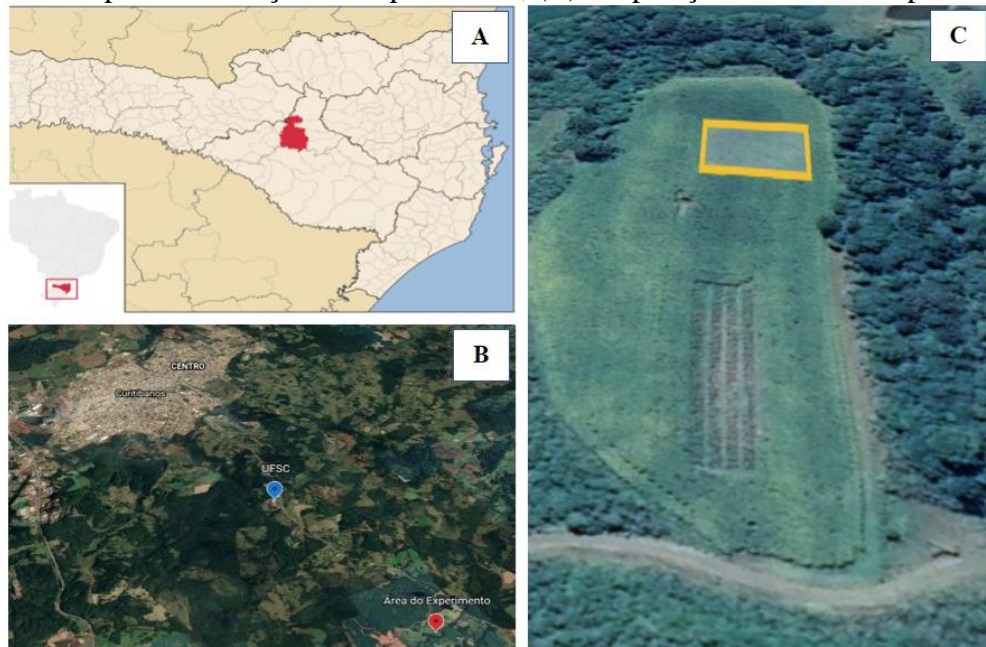
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido a campo em parceria com a empresa Rizobacter do Brasil, na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina no município de Curitibanos – SC durante a safra 2021/2022. A empresa disponibilizou as sementes e os inoculantes necessários para a realização do plantio.

A área de estudo esteve localizada entre as coordenadas geográficas 27°68'41" de latitude sul e 50°11'86" de longitude oeste (Figura 1). O clima da região, segundo Köppen, está classificado como Cfb – subtropical úmido e verão ameno, com uma temperatura média anual de 16,5 °C e uma pluviosidade média de 1479,7 mm (WREGGE *et al.*, 2012). Segundo o manual de solos de Santa Catarina, o solo está classificado como Cambissolo Háptico A, com textura muito argilosa.

Figura 1 - (A) Localização do município de Curitibanos em Santa Catarina; (B) Pontos de referências para localização do experimento; (C) Disposição da área do experimento.



Fonte: Autor 2021, utilizando recursos do Google imagens e Earth.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Foram avaliados quatro tratamentos, em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições cada, totalizando 16 unidades experimentais. As parcelas continham uma área

de 28,35 m² (7 x 4,05), com espaçamento entre parcelas e blocos de 1 m, totalizando uma área total de 595,2 m².

O plantio da soja foi realizado respeitando suas recomendações para o zoneamento climático de Curitiba – SC. A cultivar de soja utilizada foi a BMX Zeus IPRO, que tem recomendação para o Sul do Brasil. Apresenta excelente adaptação em regiões de maior altitude, precocidade e porte controlado com resistência ao acamamento, com hábito de crescimento indeterminado. Além disso, é resistente a Cancro do Haste e Podridão Radicular de *Phytophthora*, Raças 1 e 3. As sementes foram tratadas quimicamente pela empresa Cultivar Distribuidora de Insumos Agrícolas, com os seguintes produtos: Start, Vitavax Thiram, Potamol e Biozyme (BRAXMAX GENÉTICA, 2018).

Foi realizada adubação de base utilizando o formulado NPK (0-18-18) em uma dose de 300 kg ha⁻¹ em todos os tratamentos, conforme o laudo de análise química do solo (Anexo A).

Os tratamentos avaliados no presente estudo foram:

T1: Testemunha, sem inoculação e com adubação de base nitrogenada. Foi realizada adubação de base com 50 kg N ha⁻¹, fornecido na forma de ureia. Não se realizou adubação de cobertura.

T2: Inoculação com Signum (100 mL 50 kg⁻¹ de semente) + Premax LLI (25 mL 50 kg⁻¹ de semente) aos 10 dias pré-semeadura.

T3: Inoculação com Signum (100 mL 50 kg⁻¹ de semente) + Rizofos (100 mL 50 kg⁻¹ de semente) + Premax LLI (25 mL 50 kg⁻¹ de semente) aos 10 dias pré-semeadura.

T4: Inoculação com Signum (100 mL 50 kg⁻¹ de semente) + Rizofos (100 mL 50 kg⁻¹ de semente) + Rizoderma (20 g 50 kg⁻¹ de semente) + Premax LLI (25 mL 50 kg⁻¹ de semente) aos 10 dias pré-semeadura.

Todos os inoculantes utilizados no experimento foram disponibilizados pela empresa Rizobacter, sendo que os produtos Signum, Rizofos, Premax e Rizoderma são fabricados pela própria empresa.

O inoculante líquido Signum é produzido pela empresa Rizobacter e registrado mediante o MAPA, e possui características de induzir e acelerar a nodulação para a cultura da soja. É composto por duas cepas de bactérias: *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079) e *Bradyrhizobium diazoefficiens* (SEMIA 5080), com uma concentração de 6x10⁹ UFC mL⁻¹.

O Rizoderma é um bio-defensivo fúngico em pó da empresa Rizobacter registrado mediante o MAPA, voltado para o tratamento de sementes e aplicações foliares. É composto pela cepa de fungo de *Trichoderma harzianum* (Th2), na concentração de 1×10^{10} UFC g.

O Premax, produzido pela empresa Rizobacter e registrado mediante o MAPA, é um protetor bacteriano para inoculação de sementes de soja, responsável por criar uma condição propícia para a sobrevivência das bactérias por um período mínimo de 10 dias. Fornece umidade e nutrientes necessários para a manutenção bacteriana, mantendo as células ativas e vigorosas mesmo em situações adversas como o estresse hídrico, elevação de temperatura e contato com agroquímicos. Ele foi o aditivo utilizado para fins de inoculação pré-semeadura.

O Rizofos é um produto da Empresa Rizobacter registrado mediante o MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sua composição inclui a espécie bacteriana *Pseudomonas fluorescens*.

3.3 INOCULAÇÃO DE SEMENTES

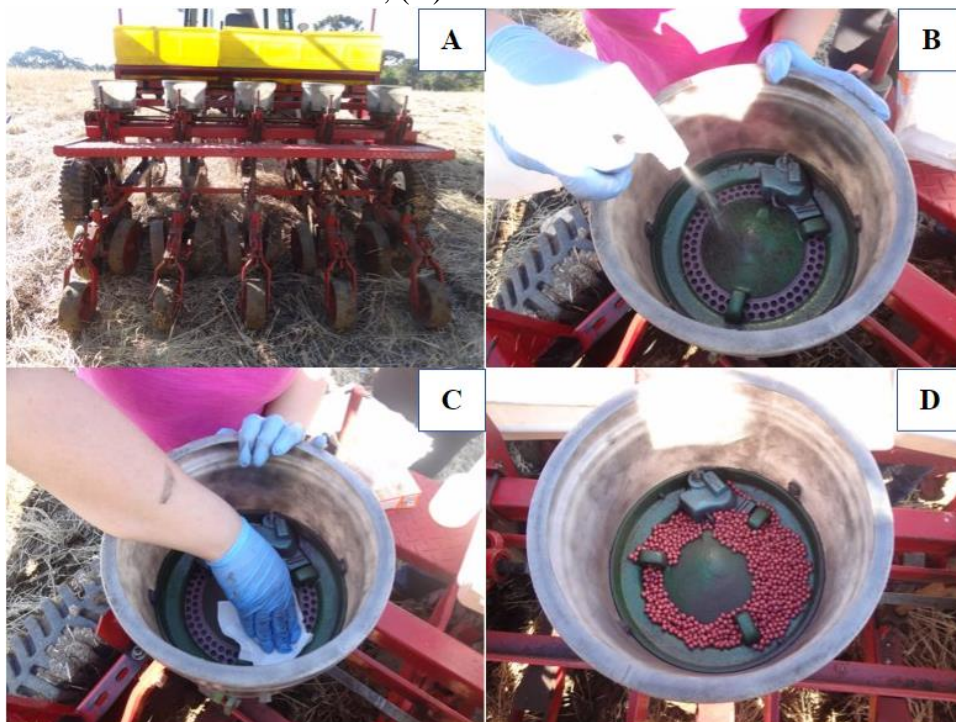
Os procedimentos dos tratamentos em que as sementes foram inoculadas em pré-semeadura (T2 a T4), foram realizados no dia 12 de novembro de 2021 em bandejas contendo 1,5 kg de sementes. Os inoculantes foram borrifados de maneira homogênea sobre as mesmas. Nos tratamentos em que as sementes foram coinoculadas, adicionou-se um produto por vez em um recipiente estéril. O volume foi então homogeneizado e aplicado sobre as sementes. No tratamento com *Trichoderma*, as sementes primeiramente foram inoculadas com os inoculantes líquidos, ficando em repouso até secarem totalmente. Após secas, foi aplicado manualmente o pó de *Trichoderma* sobre as mesmas. Esse processo ocorreu em local sombreado e arejado. Após este processo, as sementes ficaram armazenadas em local sombreado e arejado por 10 dias até o plantio.

3.4 PLANTIO

O plantio do experimento foi realizado no dia 22 de novembro de 2021. Nesta operação foram utilizados o trator e a semeadora de plantio direto pertencentes à UFSC. Pelo fato de os tratamentos receberem produtos diferentes, após o plantio de cada parcela, eram retiradas todas as sementes dos reservatórios, e cada um deles foi desinfetado com álcool 70°, entre a semeadura de cada parcela (Figura 2).

O espaçamento utilizado entre as linhas foi de 0,45 m, e entre sementes foi 0,077 m, totalizando uma densidade de 288.889 sementes ha⁻¹.

Figura 2 - (A) Semeadora; (B) Higienização do reservatório de sementes; (C) Secagem do reservatório de sementes; (D) Reservatório com sementes.



Fonte: Autor, 2021.

3.5 TRATAMENTOS FITOSSANITÁRIO

No decorrer do experimento realizou-se o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, conforme rotina adotada na Fazenda Experimental. Os produtos utilizados, doses e datas de aplicações são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Datas, produtos e doses aplicadas de herbicidas e fungicidas.

Data da aplicação	Produto	Dose
Herbicida		
21/10/2021	Glifosato + Select	1,5 L ha ⁻¹ + 0,450 L ha ⁻¹
11/01/2022	Glifosato + Basagran	1,5 L ha ⁻¹ + 1,0 L ha ⁻¹
20/01/2022	Glifosato + Basagran	1,5 L ha ⁻¹ + 1,0 L ha ⁻¹
Fungicida		
20/01/2022	SPOT SC + FOX XPRO	0,500 L ha ⁻¹ + 1,0 L ha ⁻¹
08/02/2022	SPOT SC + FOX XPRO	0,500 L ha ⁻¹ + 1,0 L ha ⁻¹

Fonte: Autor, 2022.

Aos 42 dias após a emergência as plantas apresentavam um bom desenvolvimento (Figura 3).

Figura 3 - Desenvolvimento do experimento aos 42 DAE.



Fonte: Autor, 2022.

Através da Figura 4 é possível observar o experimento aos 70 dias após a emergência, visto que as plantas apresentavam uma boa sanidade.

Figura 4 - Desenvolvimento do experimento aos 70 DAE.









Fonte: Autor, 2022.

3.6 AVALIAÇÕES

3.6.1 Avaliação em R2

Em R2 avaliou-se o número, e massa de nódulos frescos secos da coroa ou raiz principal, localização dos nódulos na raiz, avaliação da coloração dos nódulos através de uma escala previamente designada pela Empresa Rizobacter (Figura 5), massa de raízes, parte aérea e nitrogênio total da parte aérea.

Figura 5 - Escala de notas para avaliar localização de nódulos na raiz e coloração dos nódulos.

Características/Score	1	2	3	4	5
Número Nódulos Totais	Nulo	Escasso < 5	Médio > 5	Alto ≥ 10	Muito alto ≥ 15
Tamanho de nódulos	Muito pequenos < 2 mm	Pequenos 2 mm	Tamanho médio ≤ 4 mm	Tamanho grande 5 mm	Tamanho muito grande ≥ 6 mm
Localização	Totalmente em raízes secundárias 	Maioria em raízes secundárias 	Distribuição equitativa raiz principal: raízes secundárias 	Maioria na raiz principal 	Nódulos totalmente localizados na raiz principal 
Coloração					

Fonte: Rizobacter, 2021.

Para a realização dessas avaliações, foram retiradas 5 plantas de cada parcela com uma pá de corte respeitando-se 1 m de extremidade de bordadura em cada parcela (Figura 6). As plantas foram colocadas em sacos de rafia e foram levadas até o prédio da Fazenda Experimental.

Figura 6 - Extração de plantas do solo com pá de corte.



Fonte: Autor, 2022.

As plantas foram cortadas no ponto de inserção dos cotilédones, separando-se a parte aérea da raiz. A parte aérea de cada planta foi inserida em um saco de papel pardo e seca em uma estufa com circulação de ar forçada a 60° C. Após secagem, foi realizada a pesagem e posterior trituração da parte aérea com auxílio de um liquidificador. Para fins de análise de N, as cinco plantas que foram coletadas, após trituradas, formaram amostra composta de cada parcela. As análises de nitrogênio da parte aérea foram realizadas no Laboratório de Química da UFSC, através do método de Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

Foram atribuídas notas referentes a localização dos nódulos nas raízes, de acordo com o score apresentado na Figura 5. Na sequência, os nódulos foram retirados das raízes e contados manualmente para determinar o número total (Figura 7). Posteriormente os nódulos foram partidos ao meio para determinar a escala de coloração, sendo avaliados visualmente para atribuição de um score (Figura 5). Após todos os procedimentos, determinou-se a massa de

nódulos frescos e colocou-se os mesmos em uma estufa de ar para secagem a 60° C. Após esse período, foram pesados em uma balança analítica para determinação de massa de nódulos secos.

Figura 7 - Nodulação das plantas, separadas por tratamento.



Fonte: Autor, 2022.

3.6.2 Avaliação em maturação plena

Ao final do ciclo da cultura, as seguintes variáveis foram avaliadas: altura das plantas; altura de inserção da 1ª vagem; número de vagens por planta; número de grãos por vagem; número de grãos por planta; massa de 1000 grãos; produtividade e nitrogênio dos grãos.

Para as avaliações de altura das plantas, altura de inserção da 1ª vagem, vagens por planta, grãos por vagem e grãos por planta. Em primeiro momento, mediu-se aleatoriamente o tamanho e a inserção da 1ª vagem de 5 plantas de cada parcela. Em seguida, as plantas foram coletadas e colocadas em sacos de ráfia para serem levadas até o prédio da Fazenda Experimental. Foram contados as vagens e o número de grãos de cada planta. Com base em ambos valores obtidos, determinou-se o número de grãos por vagem.

Para as avaliações de massa de 1000 grãos e produtividade, coletou-se manualmente todas as plantas dentro da área útil de cada parcela, respeitando-se 1 m de cada extremidade como a área de bordadura. As plantas coletadas foram submetidas ao processo de trilhagem para separar os grãos da parte aérea, e então realizou-se a pesagem da quantidade total de grãos. Em seguida, foram utilizadas subamostras de aproximadamente 200 gramas de grãos, para a secagem determinação da umidade. Essa informação foi utilizada para realizar a correção da produtividade para 13% de umidade. Para fins de análise de N, as subamostras foram trituradas e peneiradas. As análises de nitrogênio dos grãos foram realizadas no Laboratório de Química da UFSC, através do método de Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância simples (ANOVA). Havendo diferença entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.2 COLETA DE DADOS EM R2

De acordo com a análise de variância, houve diferença estatística entre os tratamentos em relação ao **número de nódulos na raiz principal** (Anexo B). Para essa variável os tratamentos que apresentaram maior média foram T2, T3 e T4, que foram estatisticamente iguais entre si e superiores ao T1 (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios do número de nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida à inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

Tratamentos	Médias
T1	5,55 a1*
T2	10,35 a2
T3	13,35 a2
T4	13,65 a2

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($Pr > F_c = 0,05$). T1: Testemunha; T2: Inoculação com *Bradyrhizobium* aos 10 dias pré-semeadura; T3: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* aos 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma* aos 10 dias pré-semeadura.

De acordo com os dados coletados para **score da localização dos nódulos**, houve diferença significativa entre os tratamentos (Anexo C). Os tratamentos que apresentaram maior média foram T4 e T2, estatisticamente iguais entre si e superiores ao T3, T1. O T1 foi o tratamento que apresentou menor média (Tabela 3).

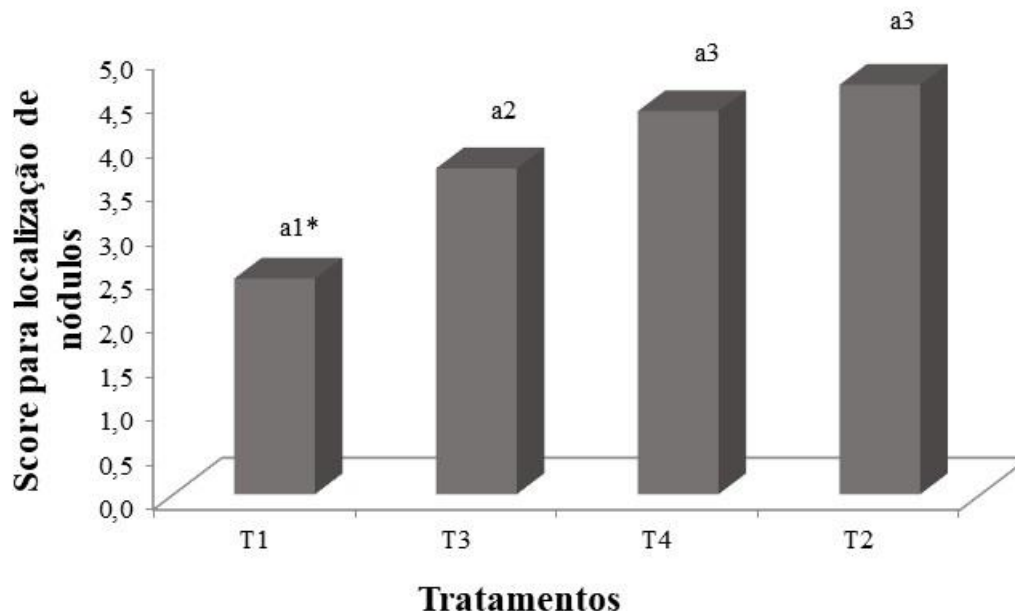
Tabela 3 - Valores médios de score da localização dos nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

Tratamentos	Médias
T1	2,45 a1*
T3	3,70 a2
T4	4,35 a3
T2	4,65 a3

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($Pr > F_c = 0,05$). T1: Testemunha; T2: Inoculação com *Bradyrhizobium* aos 10 dias pré-semeadura; T3: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* aos 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma* aos 10 dias pré-semeadura.

Comparando-se T2, T3 e T4, percebe-se que nenhum dos solubilizadores melhorou esta variável. O T2 teve média 25,68% maior que o tratamento com Rizofos (T3) e estatisticamente igual ao valor observado no T4, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Valores médios de score da localização de nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.



*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($P > F_c = 0,05$). T1: Testemunha; T2: Inoculação com *Bradyrhizobium* aos 10 dias pré-semeadura; T3: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* aos 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma* aos 10 dias pré-semeadura.

As médias obtidas para o **score da coloração dos nódulos** apresentaram diferença significativa segundo a análise de variância (Anexo D). O tratamento T1 apresentou menor média (Tabela 4), e os tratamentos T4 e T3 foram estatisticamente iguais entre si. O tratamento T2 foi o que apresentou maior média, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos.

Considerando-se apenas os tratamentos T2, T3 e T4, nota-se que nenhum dos solubilizadores proporcionou uma melhora perante ao uso somente de *Bradyrhizobium*, que foi 20% superior em relação ao uso de *Bradyrhizobium* e *Pseudomonas fluorescens* e 31,5% em relação ao uso de *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas fluorescens* e *Trichoderma*.

Tabela 4 - Valores médios de score da coloração dos nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

Tratamentos	Médias
T1	2,60 a1*
T4	3,65 a2
T3	4,00 a2
T2	4,80 a3

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($P_r > F_c = 0,05$). T1: Testemunha; T2: Inoculação com *Bradyrhizobium* aos 10 dias pré-semeadura; T3: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* aos 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma* aos 10 dias pré-semeadura.

Houve diferença significativa para a variável **massa de nódulos frescos** (Anexo E).

De acordo com o teste de Scott-Knott, é possível observar que os tratamentos T2, T4 e T3, apresentaram médias iguais, e todos eles foram superiores ao T1 (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de massa de nódulos frescos (g) da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

Tratamentos	Médias
T1	0,088 a1*
T2	0,307 a2
T4	0,387 a2
T3	0,428 a2

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($P_r > F_c = 0,05$). T1: Testemunha; T2: Inoculação com *Bradyrhizobium* aos 10 dias pré-semeadura; T3: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* aos 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma* aos 10 dias pré-semeadura.

De acordo com a análise de variância houve diferença significativa para a variável **massa de nódulos secos** (Anexo F). Os tratamentos T2, T4 e T3, foram estatisticamente iguais (Tabela 6), sendo todos superiores ao T1.

Tabela 6 - Valores médios de massa de nódulos secos (g) da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

Tratamentos	Médias
T1	0,027 a1*
T2	0,095 a2
T4	0,115 a2
T3	0,119 a2

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($P > F_c = 0,05$). T1: Testemunha; T2: Inoculação com *Bradyrhizobium* aos 10 dias pré-semeadura; T3: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* aos 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculação com *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas fluorescens* + *Trichoderma* aos 10 dias pré-semeadura.

Não houve diferença significativa para as demais variáveis estudadas, que foram: **massa de raízes frescas, massa de raízes secas, massa da parte aérea fresca, massa da parte aérea seca, gramas de nitrogênio por kg de parte aérea, porcentagem de nitrogênio da parte aérea, porcentagem de proteína na parte aérea, gramas de nitrogênio acumulado por planta** (Anexos G –N).

4.3 COLETA DE DADOS EM MATURAÇÃO PLENA

Para as variáveis analisadas em maturação plena, nenhuma apresentou resultados significativos aos 5% de significância (Anexos O –Y).

A inoculação pré-semeadura com *Bradyrhizobium* é uma prática já adotada pelos produtores rurais, porém essa técnica não havia sido reportada em associação com solubilizadores de fosfato. De maneira geral, no decorrer do experimento observou-se efeitos significativos para o número e massa de nódulos. Entretanto, os resultados dos caracteres de produção apresentaram altos valores, mas sem diferença significativa entre os tratamentos. Desta forma, a realização de novos estudos é de extrema relevância.

A cultura da soja é altamente dependente de nitrogênio e seus grãos possuem um alto teor de proteína. Desta forma, para atingir a quantidade ideal de N para a planta, a mesma deve apresentar uma boa nodulação. Segundo Hungria *et al.* (2001), uma planta com 15 a 30 nódulos em sua raiz é capaz de fornecer todo N necessário para o desenvolvimento da cultura. É possível observar que para o presente experimento foram encontrados valores próximos da faixa ideal, considerando-se somente os nódulos da raiz principal.

Valores semelhantes foram encontrados por Araújo *et al.* (2017), que avaliaram a inoculação aos 30 dias pré-semeadura em sementes tratadas com agrotóxicos. Os resultados obtidos para o tratamento com inoculação padrão, à base de turfa, foram de 12 nódulos por planta, número igual ao observado quando as sementes foram inoculadas 30 dias em pré-semeadura. Entretanto, um estudo realizado por Munhoz (2016), não evidenciou resultados parecidos. O autor testou diferentes formas de inoculação para a cultura da soja, testando a inoculação pré-semeadura em 2, 7 e 30 dias. Contudo, as plantas desses tratamentos apresentaram apenas em média um nódulo por planta, evidenciando que a tecnologia testada ainda apresentava certas limitações. Outro estudo foi realizado por Zilli *et al.* (2010), em duas safras (2006 e 2007). No ano de 2006, os testes foram feitos em sementes sem tratamento químico. As plantas do tratamento de inoculação padrão apresentaram 24 nódulos, e o tratamento de inoculação aos 5 dias pré-semeadura promoveu 22 nódulos por planta. Já no ano de 2007, avaliaram também tratamentos com fungicidas nas sementes. As plantas do tratamento com inoculação padrão apresentaram 29 nódulos, enquanto as plantas do tratamento de inoculação padrão com fungicidas tinham 25 nódulos. Já as plantas do tratamento com inoculação pré-semeadura sem fungicidas produziram 28 nódulos. Porém, as plantas do tratamento com inoculação pré-semeadura com fungicidas, sem a presença de produtos osmoprotetores, apresentaram em média 1,5 nódulos. Esses dados confirmam a importância de aditivos no processo de inoculação pré-semeadura, sem os quais as bactérias tem sua população reduzida ao longo dos dias e, como consequência, a nodulação fica comprometida.

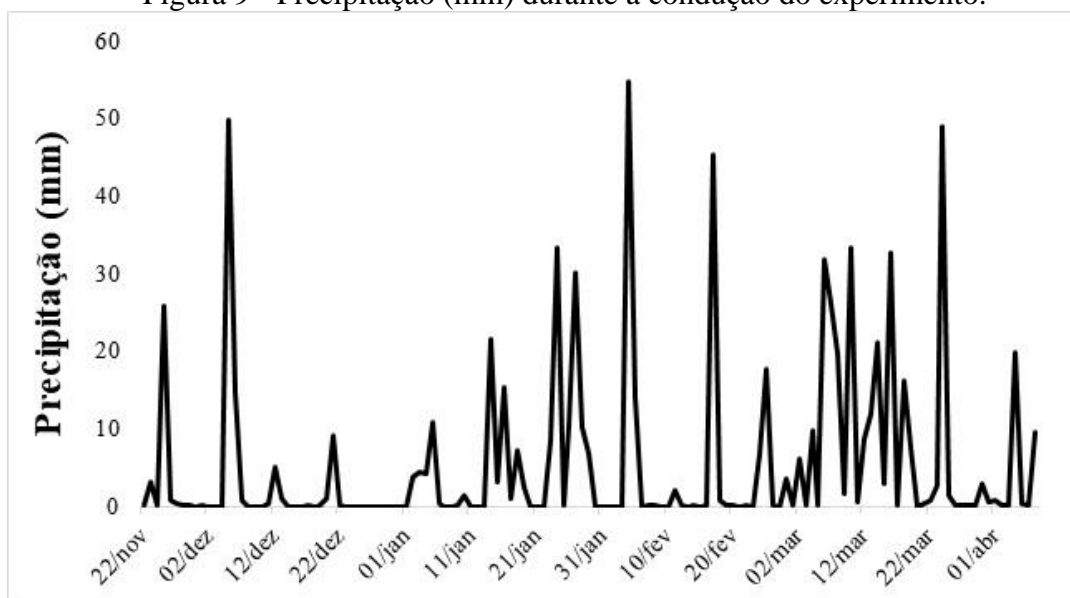
Segundo Hungria *et al.* (2001), caso a planta não apresente a nodulação na faixa ideal, os nódulos secos devem conter um peso entre 100 a 200 mg para se obter uma boa fixação biológica de nitrogênio. Os valores encontrados no presente experimento para os tratamentos em que as sementes foram inoculadas em pré-semeadura apresentaram valores dentro desta faixa.

Araújo *et al.* (2017) observaram no tratamento de inoculação aos 30 dias pré-semeadura, usando sementes tratadas com agrotóxicos, uma massa 79,21 mg de nódulos por planta. Já no tratamento com inoculação padrão, o valor médio foi de 72 mg por planta. No experimento realizado por Zilli *et al.* (2010), no ano de 2006, o tratamento controle apresentou uma média de 18 mg de nódulos por planta. Já os tratamentos de inoculação padrão e o de inoculação aos 5 dias pré-semeadura apresentaram 236 e 233 mg de nódulos por planta. Em 2007 a inoculação padrão resultou em 226 mg de nódulos por planta, enquanto os tratamentos de inoculação padrão com fungicidas e inoculação pré-semeadura sem fungicidas resultaram em valores de

194 e 240 mg de nódulos por planta, respectivamente. Entretanto, com a adição de fungicidas esses valores diminuíram para aproximadamente 30 mg nódulos por planta, o que reforça o efeito deletério dos produtos químicos sobre as bactérias na ausência de aditivos protetores.

Uma possível razão para a baixa nodulação obtida no presente experimento pode estar relacionada a um período de restrição hídrica que aconteceu semanas antes da avaliação da nodulação. Os dados obtidos através da estação meteorológica da área experimental da UFSC Curitibanos - SC demonstram que entre os dias de 07 de dezembro de 2021 a 09 de janeiro de 2022 (33 dias), houve uma precipitação total de apenas 34,8 mm (Figura 9). Esse período de déficit hídrico pode ter comprometido o desenvolvimento do sistema radicular e, como consequência, prejudicado a produção de nódulos na planta.

Figura 9 - Precipitação (mm) durante a condução do experimento.



Fonte: Estação Meteorológica Área Experimental UFSC Curitibanos (AGROCONNECT) 2021/22.

A massa da parte aérea seca das plantas pode ser indicativo de um bom estabelecimento das plantas, produzindo mais fotoassimilados para seu crescimento e desenvolvimento, sendo muito importante para um bom rendimento da cultura.

Os valores encontrados no presente experimento foram superiores aos encontrados por Araújo *et al.* (2017). Com o tratamento de inoculação aos 30 dias pré-semeadura os autores obtiveram uma média de 5,83 g planta⁻¹. Valores inferiores foram encontrados por Zilli *et al.* (2010), visto que os valores encontrados para o primeiro ano para o tratamento com inoculação em pré-semeadura foram de 3,7 g planta⁻¹. Já para o segundo ano de experimento, as plantas do

tratamento de inoculação pré-semeadura sem fungicidas alcançaram uma média de 5,3 g. As plantas do tratamento de inoculação pré-semeadura com a presença de fungicida apresentaram uma média de 1,7 g. Os valores obtidos no presente estudo são superiores aos dos trabalhos citados, com uma média de 7,17 g planta⁻¹. Os valores inferiores encontrados pelos autores podem ser em decorrência das avaliações terem ocorrido aos 35 dias após a emergência. Já no presente experimento ocorreram aos 42 dias após a emergência, quando as plantas estavam no estágio fenológico R2 e, portanto, com crescimento mais avançado.

A massa das raízes pode ser uma boa evidência de altas produtividades da cultura, visto que a absorção de água e nutrientes pelas raízes podem ser limitadas pelo quanto ela explora o solo. Contudo, a variável massa de raízes secas fica limitada a comparação com outros trabalhos, pois os estudos relacionados ao presente tema não avaliaram essa variável.

A respeito da variável nitrogênio da parte aérea, a média obtida no presente experimento (253,5 mg de N planta⁻¹) é superior ao encontrados por Zilli *et al.* (2010). Os valores obtidos no primeiro ano do estudo com o tratamento de inoculação em pré-semeadura foram de 108,4 mg de N por planta⁻¹. Já no segundo ano de experimento, o tratamento de inoculação em pré-semeadura sem fungicidas resultou em uma média de 137,9 mg de N por planta⁻¹. Já o tratamento de inoculação em pré-semeadura com fungicidas resultou em uma média de 124,9 mg de N por planta⁻¹. Valores também inferiores foram obtidos por Araújo *et al.* (2017), que testaram a inoculação pré-semeadura da soja em até 30 dias e obtiveram uma média de 80,22 mg de N planta⁻¹.

Em relação a coleta em R2, portanto, enfatiza-se que, a inoculação pré-semeadura com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato, mostrou-se eficiente perante ao aumento do número e massa de nódulos apenas quando comparada ao tratamento sem inoculação, com adição de fertilizantes nitrogenados. Porém as demais variáveis avaliadas não mostraram diferenças significativas. Esta ausência de efeito estatístico foi ainda mais pronunciada nas análises conduzidas em maturação plena. A altura média de plantas foi de 86,14 cm, valor inferior ao encontrado por Schweig *et al.* (2017), que testaram diferentes épocas de inoculação pré-semeadura (11, 18, 25, 32 e 39). As médias obtidas pelos autores com os tratamentos em pré-semeadura foi de 112,5 cm. Já Fipke (2015) testou em duas safras (2013/2014 e 2014/2015) diferentes dias de inoculação pré-semeadura para a cultura da soja, e observou que as plantas submetidas a ambos tratamentos apresentaram uma média de 122 cm na safra 13/14. Já as plantas cultivadas na safra 14/15 apresentaram altura média de 111 cm.

A altura de inserção da primeira vagem é uma característica muito importante para não haver perdas durante a colheita mecanizada (MEDINA, 1994). Segundo Queiroz *et al.* (1981) a planta deve apresentar uma altura mínima de inserção da primeira vagem de 13 cm. Entretanto, os valores obtidos para esta variável no presente experimento foram inferiores, com média de 10,10 cm. O valor encontrado por Fipke (2015) em seu experimento com diferentes dias de inoculação pré-semeadura foi de 24cm na safra 13/14. Na segunda safra (14/15), a média obtida foi de 22,5 cm.

O número de vagens por planta pode ser um bom indicativo de alta produção de grãos. Schweig *et al.* (2017), em experimento que testou diferentes dias de inoculação pré-semeadura, obtiveram uma média de 83,38 vagens planta⁻¹ com a inoculação em pré-semeadura. O valor obtido no presente experimento é inferior, ou seja, 66,10 vagens planta⁻¹. Já os valores encontrados por Fipke (2015), são inferiores ao presente estudo. Na primeira safra os autores registraram uma média de 50,4 vagens plantas⁻¹ com os tratamentos nos quais as sementes foram inoculadas em pré-semeadura. No segundo ano de experimento, a média obtida foi de 41,32 vagens plantas⁻¹.

A massa de mil grãos é um excelente caractere produtivo, visto que a cultivar usada no presente experimento apresenta 209 g como massa de mil grãos (BRAXMAX GENÉTICA, 2018). O valor obtido no presente experimento foi superior ao esperado pela cultivar, com uma média de 224 g.

A variável mais importante para um experimento é a produtividade de grãos, pois revela se os produtos testados apresentaram ou não diferença e se podem gerar algum retorno econômico para o produtor. Mesmo não apresentando diferença significativa entre os tratamentos, a média obtida no presente experimento foi alta, com um total de 5.859 kg ha⁻¹, superior à média nacional, que é de 3.517 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

O valor médio encontrado por Araújo *et al.* (2017), utilizando o tratamento de inoculação aos 30 dias pré-semeadura foi de 3.344 kg ha⁻¹, inferior ao encontrado no presente experimento. Os resultados obtidos por Zilli *et al.* (2010) também foram inferiores ao do presente experimento. Os autores avaliaram a inoculação aos 5 dias pré-semeadura em duas safras. No ano de 2006 os tratamentos de inoculação padrão e o de inoculação pré-semeadura geraram produtividades de 3.562 e 3.804 kg ha⁻¹, respectivamente. Já em 2007, o tratamento de inoculação padrão proporcionou produtividade de 3.437 kg ha⁻¹, enquanto a inoculação padrão

com fungicidas e inoculação pré-semeadura sem fungicidas promoveram valores de 3.672 e 2.550 kg ha⁻¹, respectivamente.

A média obtida por Schweig *et al.* (2017) com inoculação em pré-semeadura (4.285 kg ha⁻¹) foi inferior ao obtido no presente experimento. Já Fipke (2015), na safra 2013/2014, observou que os tratamentos de inoculação pré-semeadura geraram uma produtividade de 3.412 kg ha⁻¹. Já na segunda safra do experimento, a média foi de 3.362 kg ha⁻¹, e ambos valores que são inferiores ao do presente experimento.

Mesmo apresentando poucas variáveis com resultados significativos, recomenda-se a realização de novos estudos para contribuir ainda mais com as pesquisas relacionadas ao tema. Recomenda-se, em novos testes, reduzir a adubação fosfatada, para que os benefícios da eficiência dos solubilizadores de fosfatos para a cultura da soja sejam evidenciados.

O presente trabalho apresentou poucas variáveis significativas, o que pode estar relacionado ao fato de que não foi feita redução da adubação fosfatada juntamente ao uso de microrganismos. Um estudo realizado na Índia por Mahanta *et al.* (2018) avaliou a cultura da soja coinoculada com bactérias solubilizadoras de fosfatos e micorrizas arbusculares mediante a redução da aplicação de fosfato. Para a produtividade de grãos houve aumento significativo de 3,4% para o tratamento que houve a redução da adubação fosfatada em 50% e coinoculação com bactérias solubilizadoras de fosfatos e micorrizas arbusculares em relação ao tratamento com 100% da adubação fosfatada e não inoculado. Desta forma, é possível observar que a utilização de bactérias solubilizadoras de fosfato e micorrizas arbusculares, possibilitam a redução da adubação fosfatada em 50%, assim reduzindo os custos de produção para o produtor e diminuindo os impactos ambientais causados pelos fertilizantes sintéticos.

5 CONCLUSÃO

A inoculação pré-semeadura da soja com *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato, pode melhorar a localização, número e massa dos nódulos. Mesmo não apresentando diferenças significativas nas demais variáveis, a utilização desses microrganismos para a agricultura é de extremo potencial e deve ser investigada em futuros experimentos.

REFERÊNCIAS

- ALORIE, T.; GLICK, B. R.; BABALOLA, O. O.; Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. **Frontiers in Microbiology**. v.8, n.971, p.8, 2017.
- ALVES, L.; MENDONZA, E.A.; SILVA FILHO, G.N. Microrganismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de pinus e eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 26, p. 939-947, 2002.
- ANPII. **A evolução da produção de inoculantes no Brasil**. 2013. Disponível em: <http://www.anpii.org.br/a-evolucao-da-producao-de-inoculantes-no-brasil/>. Acesso em: 30/08/2021.
- ANPII. **Como o Brasil se tornou líder mundial no uso de inoculantes**. 2017. Disponível em: <http://www.anpii.org.br/como-o-brasil-se-tornou-lider-mundial-no-uso-de-inoculantes/>. Acesso em: 31/08/2021.
- ARAÚJO, F.F; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.9, set. 1999.
- ARAUJO, R. S., CRUZ, S. P. D., SOUCHIE, E. L., MARTIN, T. N., NAKATANI, A. S., NOGUEIRA, M. A., & HUNGRIA, M. Pre-inoculation of soybean seeds treated with agrichemicals up to 30 days before sowing: Technological innovation for large-scale agriculture. **International Journal of Microbiology**, 2017.
- BAI, Y., ZHOU, X.; SMITH, D.L. Enhanced soybean plant growth resulting from coinoculation of strains with *Bradyrhizobium japonicum*. **Crop Science** **43**: 1774– 1781, 2003.
- BATISTA, F. C.; FERNANDES, T. A.; ABREU, C S DE.; OLIVEIRA, M. C. DE.; RIBEIRO, V. P.; GOMES, E. A.; PAULA, U. G. DE.; MARRIEL, L. I. E.; PAIVA, C. A. DE. O. Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em solubilizar o fosfato de ferro e produzir sideróforos. **EMBRAPA** 2018.
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.
- BRASMAX ZEUS IPRO: O poder máximo do rendimento de soja. BRASMAX Genética. 2018. Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/brasmax-zeus/>. Acesso em: 15 set. 2021.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA, 13., Londrina, 2006. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.89-123 (Embrapa Soja. Documentos, 290).
- CNA. **PIB do Agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. 2021. Disponível em <https://cnabrasil.org.br/publicacoes/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>. Acesso em: 04/09/2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: oitavo levantamento safra 20/21. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em: 22/08/2021.

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no Contexto do Desenvolvimento da Soja no Brasil**: Histórico e contribuições. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2016.

DUCLÓS, N. **A marcha do grão de ouro**. Soja: a cultura que mudou o Brasil, Expressão, 2014. 152 p.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46716731/inoculacao-reduz-custos-com-fertilizantes-na-soja> Acesso em:30/08/2021.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> Acesso em:22/08/2021.

FIPKE, G.M. **Coinoculação e pré-inoculação de sementes em soja**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, RS, p.67, 2015.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, 5p., set. 2001.

HUNGRIA, M.; CAMPO R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina, Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.35).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p.

MAHANTA, D.; RAI, R. K.; DHAR, S.; VARGHESE, E.; RAJA, A.; PURAKAYASTHA, T. J. Modification of root properties with phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhiza to reduce rock phosphate application in soybean-wheat cropping system. **Ecol. Eng.** 111, 31–43, 2018.

MEDINA, P.F. **Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.173, 1994.

MUNHOZ, André Thiago. **Técnicas de inoculação com bactérias de fixação de nitrogênio na cultura da soja**. 2016. 50 p. (Trabalho de conclusão de curso) – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, Santa Catarina. 2016.

QUEIROZ, E.F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E.; PEREIRA, L.A.G.; BIANCHETTI, A.; TERAZAWA, F.; PALHANO, J.B.; YAMASHITA, J. Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL. p.701-10, 1981.

SCHWEIG, L. A; OLIVEIRA, E. S. L.; MENEGASSO, G. D. Inoculante de longa vida na cultura da soja sob plantio direto. **Revista Faz Ciência**, v. 19, n. 30, p. 99, 2017.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.12, p.1495-1508, 2001.

SOUCHIE, E. L., AZCÓN, R., BAREA, J. M., SAGGIN, O. J.; SILVA, E. M. R. D. Solubilização de fosfatos por bactérias e fungos no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n.11, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n11/a15v4011.pdf>. Acesso em: outubro de 2021.


TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de Solo, Plantas e Outros Minerais. **Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre. n. 5, ed. 2, 174p, 1995.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; JÚNIOR, C. R.; DE ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. EMBRAPA, Brasília, DF. 2º edição [E-book], 2012.



ZEFFA, D. M.; FANTIN, L. H.; KOLTUN, A.; OLIVEIRA, A. L. M.; NUNES, M. P. B. A.; CANTERI, M. G.; GONÇALVES, L. S. A. Efeitos de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas na coinoculação com *Bradyrhizobium* na cultura da soja: uma meta-análise de estudos de 1987 a 2018. **PeerJ**, v. 8, p. e7905, 2020.

ANEXOS

Anexo A - Laudo de análise química do solo realizada na área do experimento.



Av. Rocha Pombo, 170 - Jd. Gramado
 Cascavel - PR CEP 85.816-540
 Telefone / Fax: 45 3227 1020
 CNPJ: 85.473.338/0001-13
 E-mail: solanalise@solanalise.com.br
 Home Page: www.solanalise.com.br

Cliente: CULTIVAR DISTRIBUIDORA DE INSUMOS AGRICOLAS LTDA Data Entrega: 17/04/2021
 Nome: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 Propriedade: FAZ EXPERIMENTAL AGROPECUARIA
 Município: Curitibabanos - SC Data Coleta: 17/04/2021
 Amostra: A11

Controle: 65420 / 2021

Resultado de Análise de Solos				INTERPRETAÇÃO		
ELEMENTOS		mg/dm ³	Cmol _c /dm ³	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio	Ca	6,08				■■■■
Magnésio	Mg	2,87				■■■■
Potássio	K	66,30	0,17		■■■■	
Alumínio	Al	0,22		■■■■		
H + Alumínio	H + Al	8,36				■■■■
Soma de bases	S	9,12				■■■■
C T C pH 7.0	T	17,48				■■■■
C T C efetiva	t	9,34				■■■■
g /dm ³						
Carbono	C	20,00				■■■■
M. Orgânica	MO	34,40				■■■■
%						
Sat. Alumínio	Al	2,36		■■■■		
Sat. Bases	V	52,17			■■■■	
Argila	Arg	50,00				
mg/dm ³						
Boro	B					
Enxofre	S					
Ferro	Fe	35,10			■■■■	
Manganês	Mn	14,00				■■■■
Cobre	Cu	5,50				■■■■
Zinco	Zn	1,00			■■■■	
pH Água		5,30				
pH SMP		5,30				
pH CaCl ₂		4,80				

GRANULOMETRIA %

Areia: _____
 Silte: _____
 Argila: _____

Classificação do Solo, Tipo: _____

FÓSFORO

mg/dm³

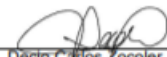
Fósforo	P	5,18
Fósforo Rem.		6,38
Nível Crítico de Fósforo	NCP	6,76
Fósforo Relativo	PR	76,66


RELAÇÕES Cmol_c/dm³

Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K/√Ca+Mg
2,12	35,76	16,88	0,06

K%	Ca%	Mg%	H%	Al%
0,97	34,78	16,42	46,57	1,26

Cascavel, 24 de Abril de 2021


 Décio Carlos Zocoler
 Químico Responsável
 CRQ 09100089 - 9ª Região


 Daniel Florio Zocoler
 Químico Industrial
 CRQ 09202405 - 9ª Região

Confira a autenticidade deste laudo em www.solanalise.com.br com a chave MjAyMxw2NTQyMA==
 Extrator Mehlich 1: K - P - Fe - Mn - Cu e Zn, Extrator KCl: Ca - Mg - Al, Extrator HCl 0,05 N: S, Extrator Fosfato de Cálcio: S, Extrator Dicromato de sódio: Carbono
NESTE LAUDO NÃO CONSTA RECOMENDAÇÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS

Fonte: Laboratório SOLANALISE, 2021.

Anexo B - Resultado da análise de variância para o número de nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	169,47000	56,490000	5,867	0,0296
REPETIÇÃO	3	18,350000	6,116667	0,6108	0,7538
ERRO	9	86,650000	9,627778		
Total corrigido	15	274,47000			
CV (%)	28,93				
Média geral:	10,7250000	Número de observações: 216			

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.

Anexo C - Resultado da análise de variância para o score referente a localização dos nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	11,42750	3,809167	28,509	0,0001
REPETIÇÃO	3	0,447500	0,149167	1,116	0,3925
ERRO	9	1,202500	0,133611		
Total corrigido	15	13,07750			
CV (%)	9,65				
Média geral:	3,7875000	Número de observações: 16			

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.

Anexo D - Resultado da análise de variância para o score referente a coloração dos nódulos da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	9,987500	3,329167	36,429	0,0000
REPETIÇÃO	3	1,257500	0,429167	4,696	0,0307
ERRO	9	0,822500	0,091389		
Total corrigido	15	12,09750			
CV (%)	8,03				
Média geral:	3,7625000	Número de observações: 16			

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.

Anexo E - Resultado da análise de variância para a massa de nódulos frescos (g) da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0,275414	0,009180	5,761	0,0176
REPETIÇÃO	3	0,037221	0,012407	0,779	0,5350
ERRO	9	0,143423	0,015936		
Total corrigido	15	0,456058			
CV (%)	41,75				
Média geral:	0,3023688	Número de observações: 16			

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.

Anexo F - Resultado da análise de variância para a massa de nódulos secos (g) da raiz principal na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0,021478	0,007159	9,018	0,0045
REPETIÇÃO	3	0,001706	0,000569	0,716	0,5667
ERRO	9	0,007145	0,000794		
Total corrigido	15	0,003033			
CV (%)	31,64				
Média geral:	0,0890625	Número de observações: 16			

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.

Anexo G - Resultado da análise de variância para a massa de raízes frescas (g) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	2,960425	0,986808	0,293	0,8293
REPETIÇÃO	3	2,699325	0,899775	0,268	0,8473
ERRO	9	30,27142	3,363492		
Total corrigido	15	35,93117			
CV (%)	24,51				
Média geral:	7,4812500	Número de observações: 16			

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.

Anexo H - Resultado da análise de variância para a massa de raízes secas (g) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0,423022	0,141007	0,434	0,7341
REPETIÇÃO	3	0,209902	0,069967	0,215	0,8834
ERRO	9	2,926068	0,325119		
Total corrigido	15	3,558992			
CV (%)	26,53				
Média geral:	2,1490000	Número de observações: 16			

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.

Anexo I - Resultado da análise de variância para a massa da parte aérea fresca (g) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	243,934093	82,644698	0,363	0,7817
REPETIÇÃO	3	283,781665	94,593888	0,415	0,7465
ERRO	9	2051,74541	227,97171		
Total corrigido	15	2583,46117			
CV (%)	32,59				
Média geral:	46,3266250	Número de observações: 16			

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.

Anexo J - Resultado da análise de variância para a massa da parte aérea seca (g) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	6,900003	2,300001	0,488	0,6992
REPETIÇÃO	3	7,638714	2,546238	0,540	0,6667
ERRO	9	42,428336	4,714260		
Total corrigido	15	56,767054			
CV (%)	30,28				
Média geral:	7,1715000	Número de observações: 16			

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.

Anexo K - Resultado da análise de variância para o score referente a gramas de nitrogênio por kg da parte aérea da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	1465,905	488,6350	2,487	0,1267
REPETIÇÃO	3	547,7535	182,5844	0,929	0,4654
ERRO	9	1768,039	196,4488		
Total corrigido	15	3781,697			
CV (%)	38,44				
Média geral:	36,4644375	Número de observações: 16			

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.

Anexo L - Resultado da análise de variância para a porcentagem de nitrogênio da parte aérea da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	14,66132	4,887107	2,488	0,1267
REPETIÇÃO	3	5,482037	1827346	0,930	0,4651
ERRO	9	17,68171	1,964635		
Total corrigido	15	37,82507			
CV (%)	38,44				
Média geral:	3,6464375	Número de observações: 16			

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.

Anexo M - Resultado da análise de variância para a porcentagem de proteína na parte aérea da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	453,15466	151,05155	2,487	0,1267
REPETIÇÃO	3	169,34673	56,448909	0,930	0,4654
ERRO	9	546,56668	60,729631		
Total corrigido	15	1169,0681			
CV (%)	38,44				
Média geral:	20,2741250	Número de observações: 16			

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.

Anexo N - Resultado da análise de variância para gramas de nitrogênio acumulado por planta da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0,030146	0,010049	1,086	0,4033
REPETIÇÃO	3	0,018629	0,006210	0,671	0,5908
ERRO	9	0,083239	0,009249		
Total corrigido	15	0,132014			
CV (%)	37,94				
Média geral:	0,2535000	Número de observações: 16			

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.

Anexo O - Resultado da análise de variância para a altura de plantas (cm) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	9,162500	3,054167	0,544	0,6644
REPETIÇÃO	3	73,91250	24,63750	4,387	0,0366
ERRO	9	50,54250	5,615833		
Total corrigido	15	133,6175			
CV (%)	2,75				
Média geral:	86,1375000	Número de observações: 16			

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.

Anexo P - Resultado da análise de variância para a altura da inserção da primeira vagem (cm), da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	7,481675	2,493892	0,468	0,7118
REPETIÇÃO	3	13,85667	4,618892	0,867	0,4930
ERRO	9	47,95302	5,328114		
Total corrigido	15	69,29137			
CV (%)	22,85				
Média geral:	10,1037500	Número de observações: 16			

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.

Anexo Q. Resultado da análise de variância para o número de vagens por planta da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	374,780000	124,92667	0,732	0,5587
REPETIÇÃO	3	616,480000	205,49333	1,204	0,3629
ERRO	9	1536,58000	170,73111		
Total corrigido	15	2527,84000			
CV (%)	19,77				
Média geral:	66,1000000	Número de observações: 16			

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.

Anexo R - Resultado da análise de variância para o número de grãos por planta na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	3020,850000	1006,9500	1,563	0,2650
REPETIÇÃO	3	4712,910000	1570,9700	2,438	0,1314
ERRO	9	5798,710000	644,30111		
Total corrigido	15	13532,47000			
CV (%)	16,75				
Média geral:	151,5750000	Número de observações: 16			

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.

Anexo S - Resultado da análise de variância para o número de grãos por vagem na cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0,013966	0,004655	0,187	0,9029
REPETIÇÃO	3	0,096695	0,032232	1,292	0,3355
ERRO	9	0,224587	0,024954		
Total corrigido	15	0,335247			
CV (%)	6,81				
Média geral:	2,3208170	Número de observações: 16			

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.

Anexo T - Resultado da análise de variância para massa de mil grãos (g) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	137,77546	45,92515	1,748	0,2268
REPETIÇÃO	3	49,157740	16,38591	0,624	0,6175
ERRO	9	236,52098	26,28011		
Total corrigido	15	423,45418			
CV (%)	2,29				
Média geral:	224,2132478	Número de observações: 16			

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.

Anexo U - Resultado da análise de variância para a produtividade de grãos em kg ha⁻¹ a 13% de umidade da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	2635111,520	878370,50	3,717	0,0547
REPETIÇÃO	3	738950,8324	246316,94	1,042	0,4198
ERRO	9	2126909,655	236323,29		
Total corrigido	15	5500972,008			
CV (%)	8,30				
Média geral:	5858,9121647	Número de observações: 16			

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.

Anexo V - Resultado da análise de variância para quantidade de N nos grãos (g N kg⁻¹) da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	100,271067	33,423689	0,637	0,6100
REPETIÇÃO	3	421,242309	140,41410	2,675	0,1104
ERRO	9	472,480668	52,497852		
Total corrigido	15	993,994044			
CV (%)	9,30				
Média geral:	77,9125653	Número de observações: 16			

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.

Anexo W - Resultado da análise de variância para a porcentagem de nitrogênio nos grãos da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	1,002711	0,334237	0,637	0,6100
REPETIÇÃO	3	4,212423	1,404141	2,675	0,1104
ERRO	9	4,724807	0,524979		
Total corrigido	15	9,939940			
CV (%)	9,30				
Média geral:	7,7912565	Número de observações: 16			

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.

Anexo X. Resultado da análise de variância para a porcentagem de proteína dos grãos da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	30,997397	10,332466	0,637	0,6100
REPETIÇÃO	3	130,22116	43,407054	2,675	0,1104
ERRO	9	146,06078	16,228976		
Total corrigido	15	307,279343			
CV (%)	9,30				
Média geral:	43,3193863	Número de observações: 16			

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.

Anexo Y - Resultado da análise de variância para gramas de nitrogênio acumulado nos grãos por planta da cultura da soja submetida a inoculação pré-semeadura de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0,000758	0,000253	1,216	0,3588
REPETIÇÃO	3	0,000466	0,000155	0,748	0,5504
ERRO	9	0,001870	0,000208		
Total corrigido	15	0,003095			
CV (%)	18,52				
Média geral:	0,0778377	Número de observações: 16			

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.