



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS POSSE

**POTENCIAL DO ÓLEO DE PEQUI NA SOBREVIVÊNCIA DE INOCULANTES EM
SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

Thauany Guimarães Melo

Posse – GO

2026

Thauany Guimarães Melo

**POTENCIAL DO ÓLEO DE PEQUI NA SOBREVIVÊNCIA DE INOCULANTES EM
SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse,
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharelado em Agronomia.

Orientação: Prof. Dr. Elson Barbosa da Silva
Júnior

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

G963 Guimarães Melo, Thauany
 POTENCIAL DO ÓLEO DE PEQUI NA SOBREVIVÊNCIA
 DE INOCULANTES EM SEMENTES DE SOJA EM
 CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO / Thauany Guimarães
 Melo. Posse 2026.

40f. il.

Orientador: Prof. Me. Prof. Dr. Elson Barbosa da Silva Júnior.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0720024 -
Bacharelado em Agronomia - Posse (Campus Posse).
1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3. Fitotecnia. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Thauany Guimarães Melo

Matrícula:

2021107200240220

Título do trabalho:

POTENCIAL DO ÓLEO DE PEQUI NA SOBREVIVÊNCIA DE INOCULANTES EM
SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 16 / 03 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Posse Goiás

Local

16 / 03 / 2026

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 3/2026 - CCBAGR-POS/CE-POS/GE-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dezoito dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e seis, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso da acadêmica **Thauany Guimarães Melo**, do Curso de Bacharel em Agronomia, matrícula 2021107200240220, cuja monografia intitula-se **POTENCIAL DO ÓLEO DE PEQUI NA SOBREVIVÊNCIA DE INOCULANTES EM SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**. A defesa iniciou-se às 13 horas e 57 minutos, finalizando-se às 14 horas e 16 minutos. Após apresentação do Trabalho de Curso, a Comissão Examinadora realizou a arguição que foi respondida pelo(a) discente, a média da apresentação oral foi de 8,5 a média do trabalho escrito foi de 8,75 perfazendo média geral de 8,6.

A comissão examinadora considerou o Trabalho de Curso:

- () Reprovado/Ausente
- (X) Aprovado, com recomendações que devem ser incorporadas à versão final.
- () Aprovado, sem recomendações de modificação da versão final.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o discente deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

(Assinado Eletronicamente)

Elson Barbosa da Silva Júnior
Presidente/Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Samuel Dias Moreira
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Ronaldo Vieira Caixeta
Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Elson Barbosa da Silva Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 12/03/2026 15:58:12.
- **Ronaldo Vieira Caixeta**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 12/03/2026 16:24:04.
- **Samuel Dias Moreira**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO , em 12/03/2026 18:56:19.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 799484

Código de Autenticação: 9e6289efae



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

Rodovia GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, SN, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 9390-5391, (62) 3605-3698

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS POSSE
Coordenação do Curso Bacharelado em Agronomia

Trabalho de Conclusão de Curso

Thauany Guimarães Melo

**POTENCIAL DO ÓLEO DE PEQUI NA SOBREVIVÊNCIA DE INOCULANTES EM
SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Elson Barbosa
Presidente/Orientador
IF Goiano – Campus Posse

Prof. Dr. Samuel Dias Moreira
IF Goiano – Campus Posse

Prof. Ronaldo Vieira Caixeta
IF Goiano – Campus Posse

Posse – GO, 12 de Março de 2026

Dedico este trabalho primeiramente ao Senhor Bom Jesus, em forma de agradecimento por tudo e por tanto. E a quem sempre sentiu orgulho ao me chamar de universitária; agora poderá me chamar de agrônoma. Esse espaço eu ocupo graças às suas renúncias, lutas e esperança. Mãe e Pai.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus, por escutar minhas orações nos momentos mais difíceis dessa jornada acadêmica. Sem sua luz, nada disso seria possível.

À minha amada família, meu porto seguro e meus maiores exemplos de vida, meus pais Silvio e Silvana. Vocês abdicaram de noites de sono para cuidar de mim, trabalharam incansavelmente para me proporcionar o melhor e me ensinaram, desde cedo, os valores da honestidade, da perseverança e do amor ao próximo. Sempre estiveram ao meu lado, apoiando cada decisão, incentivando cada desafio e amparando cada queda. Agradeço, de forma especial, à minha mãe, Silvana, que esteve diretamente envolvida na elaboração deste trabalho, oferecendo apoio, incentivo e ajuda constante, mesmo após longos e cansativos dias de trabalho. Sua dedicação, paciência e amor foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. À minha irmã, Isabella, que sempre esteve comigo, oferecendo apoio, companheirismo e boas risadas.

Agradeço também às minhas amigas, Fabyane, Emanuelle, Susana e Naene, que foram muito além de colegas de curso, tornando-se minhas amigas de coração. Agradeço a Sarah e Priscila do laboratório e a Geovane e Vinicius, que me ajudaram de forma solidária e prestativa na execução deste trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse, pelo suporte acadêmico e pelas oportunidades proporcionadas ao longo da graduação, que foram essenciais para minha construção profissional. Aos professores que fizeram parte dessa trajetória, agradeço pela competência, comprometimento e partilha de conhecimento. Aos membros da banca avaliadora, por aceitarem o convite e se fazerem presentes neste dia tão importante da minha jornada acadêmica.

Ao meu orientador, Elson Barbosa, pelo apoio, paciência e orientação durante a elaboração deste trabalho.

Manifesto meu agradecimento a todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A fixação biológica de nitrogênio e a promoção de crescimento vegetal via bioinsumos são essenciais para a sustentabilidade da sojicultura, porém a sobrevivência dos microrganismos nas sementes ainda representa um desafio técnico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do óleo de pequi (*Caryocar coriaceum*) como agente protetor na viabilidade de inoculantes microbianos (*Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*) e seus efeitos no desenvolvimento inicial da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida a diferentes períodos de armazenamento pré-semeadura. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Posse, utilizando Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x4, testando quatro tempos de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias) e quatro doses de óleo (0; 0,4; 0,8 e 1,6 mL). Aos 35 dias após a emergência, avaliaram-se a porcentagem de germinação, o número de nódulos e a massa seca de raízes e da parte aérea. Os resultados demonstraram que o armazenamento por até 14 dias não exerceu efeito deletério na germinação e no desenvolvimento da cultura. Aos 21 dias, constatou-se uma redução severa na taxa germinativa devido à formação de uma barreira hidrofóbica imposta pelas doses mais elevadas do óleo (1,6 mL), gerando restrição física e fitotoxidez. Em contrapartida, nesta mesma época, a dose de 0,4 mL evidenciou um significativo efeito osmoprotetor sobre a viabilidade do *Azospirillum brasilense*, resultando nas maiores médias de biomassa radicular e aérea nas plantas sobreviventes. A aplicação do óleo não alterou estatisticamente a nodulação, que foi governada pela microbiota nativa do solo. Conclui-se que o óleo de pequi apresenta potencial biotecnológico para a manutenção da viabilidade bacteriana em armazenamento prolongado, demandando ajustes na tecnologia de revestimento para mitigar os danos físicos à semente.

Palavras-chave: *Glycine max*. Bioinsumos. *Caryocar coriaceum*. Tecnologia de sementes. Fotoproteção.

ABSTRACT

Biological nitrogen fixation and plant growth promotion via bioinputs are essential for the sustainability of soybean cultivation, but the survival of microorganisms on seeds still represents a technical challenge. This study aimed to evaluate the influence of pequi oil (*Caryocar coriaceum*) as a protective agent on the viability of microbial inoculants (*Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*) and its effects on the initial development of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) subjected to different pre-sowing storage periods. The experiment was conducted at the Instituto Federal Goiano – Campus Posse, using a Completely Randomized Design (CRD) in a 4x4 factorial scheme, testing four storage times (0, 7, 14, and 21 days) and four oil doses (0; 0.4; 0.8; and 1.6 mL). At 35 days after emergence, the germination percentage, number of nodules, and dry mass of roots and shoots were evaluated. The results demonstrated that storage for up to 14 days had no deleterious effect on germination and crop development. At 21 days, a severe reduction in the germination rate was observed due to the formation of a hydrophobic barrier imposed by the highest oil doses (1.6 mL), causing physical restriction and phytotoxicity. In contrast, at this same time, the 0.4 mL dose showed a significant osmoprotective effect on the viability of *Azospirillum brasilense*, resulting in the highest means of root and shoot biomass in the surviving plants. The application of the oil did not statistically alter nodulation, which was governed by the native soil microbiota. It is concluded that pequi oil has biotechnological potential for maintaining bacterial viability in prolonged storage, requiring adjustments in seed coating technology to mitigate physical damage to the seed.

Keywords: *Glycine max*. Bioinputs. *Caryocar coriaceum*. Seed technology. Photoprotection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. (A) Cultivar de soja utilizada; (B) <i>Azospirillum brasilense</i> ; (C) <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	22
Figura 2. Óleo de pequi utilizado.....	23
Figura 3. (A) Local de retirada do solo; (B) vasos de 5 L com 7 kg de solo.....	23
Figura 4. (A) Análise de pH realizada; (B) quantidade de adubo fornecida por vaso; (C) vasos identificados.....	24
Figura 5. Preparo dos materiais para o ensaio laboratorial: (A) placas de Petri devidamente identificadas; (B) sementes de soja previamente separadas e quantificadas.....	24
Figura 6. Instrumentos de precisão utilizados para a dosagem dos tratamentos: (A) micropipeta destinada à aplicação dos inoculantes; (B) micropipeta exclusiva para a dosagem do óleo de pequi.....	25
Figura 7. (A) Homogeneização dos produtos; (B) armazenamento das placas de Petri.....	25
Figura 8. Pesagem do papel germitest.....	26
Figura 9. Sementes distribuídas em placas de Petri.....	26
Figura 10. Vasos agrupados conforme tempo de armazenamento.....	27
Figura 11. (A) Secagem das plantas em estufa; (B) pesagem das amostras em balança.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem média de germinação (%) de sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.....	30
Tabela 2. Número médio de nódulos em raízes de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.....	32
Tabela 3. Médias de massa seca de raízes (g) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.....	34
Tabela 4. Médias de massa seca da parte aérea (g) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANOVA - Análise de Variância

Azo - *Azospirillum brasilense*

Brad - *Bradyrhizobium japonicum*

C - Celsius

cm - Centímetros

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento

CV - Coeficiente de Variação

DAE - Dias Após a Emergência

DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado

FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio

g - Gramas

ha - Hectare

IF Goiano - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

kg - Quilogramas

L - Litros

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

mL - Mililitros

NPK - Nitrogênio, Fósforo e Potássio

pH - Potencial Hidrogeniônico

PIB - Produto Interno Bruto

RAS - Regras para Análise de Sementes

Sem inoc - Sem inoculante

µL - Microlitros

% - Porcentagem

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo geral	16
3.2. Objetivos específicos.....	16
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
4.1 Importância da soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	17
4.2 Uso de bioinsumos na soja: <i>Bradyrhizobium</i> e <i>Azospirillum</i>	18
4.3 Óleo de pequi – Composição, propriedades e efeito fotoprotetor.....	19
5. METODOLOGIA.....	21
5.1 Local de execução dos ensaios	21
5.2 Delineamento estatístico.....	21
5.3 Doses utilizadas	21
5.4 Produtos utilizados no experimento	22
5.5 Caracterização do preparo de solo e manejo de adubação	23

5.6 Preparo das inoculações.....	26
5.7 Teste de germinação	26
5.8 Plantio.....	27
5.9 Variáveis avaliadas	27
5.10 Análises estatísticas	28
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6.1 Germinação.....	29
6.2 Número de nódulos.....	30
6.3 Massa seca de raízes	32
6.4 Massa seca de parte aérea.....	34
7. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) está entre as principais culturas cultivadas no Brasil, com grande importância para a economia do país e para o comércio agrícola internacional. Hoje, o Brasil lidera como maior exportador mundial de soja, tendo um papel essencial na criação de empregos e no abastecimento alimentar de várias partes do mundo (Vieira, 2024).

De acordo com o 5º Levantamento da Safra 2025/2026, divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a área cultivada com soja no Brasil é estimada em 48,4 milhões de hectares, o que representa um aumento de 2,3% em relação à safra anterior. A produção nacional está projetada em 177,9 milhões de toneladas, correspondendo a um crescimento de 3,8%, equivalente a 6,5 milhões de toneladas. As condições climáticas observadas no período analisado têm favorecido o desenvolvimento da cultura, contribuindo para a expectativa de recorde histórico de produção na série da Conab (Conab, 2026).

Além de sua importância econômica, a soja também exerce um papel essencial na agricultura sustentável. Por ser uma planta leguminosa, ela consegue capturar o nitrogênio do ar por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que reduz a dependência de adubos nitrogenados e contribui para a saúde do solo. Essa característica faz da soja uma excelente opção para a rotação de culturas, pois melhora a fertilidade do solo e favorece o desenvolvimento das culturas subsequentes. A fixação biológica ocorre através da simbiose entre a planta e bactérias como *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, que permitem a absorção do nitrogênio atmosférico, diminuindo a necessidade de adubação química. O Brasil é considerado referência mundial na aplicação eficiente da FBN, especialmente na cultura da soja. Essa eficiência é alcançada graças à associação da planta com estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio selecionadas pela pesquisa, que permitem suprir as exigências nutricionais da soja, inclusive em cultivares de alto rendimento (Hugria; Mendes, 2015).

Apesar dos inúmeros benefícios associados à inoculação com microrganismos, essa prática ainda enfrenta desafios importantes, principalmente relacionados à sobrevivência dos inoculantes. Fatores como altas temperaturas, exposição à radiação ultravioleta e dessecação podem reduzir significativamente a viabilidade dos microrganismos, comprometendo sua eficácia no campo. Esse problema se agrava especialmente quando as sementes passam por tratamentos químicos que podem afetar negativamente os organismos inoculados.

Diante desse cenário, o Brasil, assim como outros países cuja economia tem forte base agrícola, já reconhece a necessidade de adotar sistemas de produção mais sustentáveis. Nesse

contexto, o controle biológico passa a desempenhar um papel indispensável. Além das preocupações com os resíduos de pesticidas nos alimentos, a dimensão ambiental está intimamente ligada ao movimento social que busca métodos de produção mais integrados e menos dependentes dos padrões químicos tradicionais.

Entretanto, para que o controle biológico seja efetivamente incorporado no campo, a viabilidade econômica desses sistemas de produção é um fator decisivo. O sucesso financeiro impacta diretamente a decisão dos agricultores e, portanto, deve ser tratado como prioridade para a ampla adoção dos bioinsumos. Quando os métodos biológicos demonstram tanto eficácia agrônoma quanto retorno econômico, criam-se estímulos adicionais para que os produtores migrem para práticas agrícolas mais sustentáveis (Bueno et al., 2022).

Diante da necessidade de encontrar soluções sustentáveis e eficientes para a proteção dos inoculantes microbianos na cultura da soja, o uso de substâncias naturais surge como uma alternativa promissora. Destaca-se, nesse cenário, o óleo de pequi (*Caryocar coriaceum*), espécie nativa dos biomas Cerrado e Caatinga, cujo fruto é rico em carotenoides e substâncias fenólicas que lhe conferem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e fotoprotetoras (Machado; Mello; Hubinger, 2015). A hipótese central deste estudo é que a aplicação do óleo de pequi atue como uma barreira física e bioquímica nas sementes, mitigando os efeitos do estresse ambiental (como radiação e dessecação) e aumentando a sobrevivência das bactérias inoculadas. Com base nessa premissa, este trabalho propõe avaliar o efeito fotoprotetor do óleo de pequi na viabilidade das bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* inoculadas na soja. Essa proposta representa uma inovação ao combinar bioinsumos com compostos oriundos da biodiversidade brasileira, promovendo uma agricultura mais sustentável e tecnicamente avançada.

2. JUSTIFICATIVA

A soja (*Glycine max* (L) Merrill). é uma das culturas mais importantes do Brasil, com grande relevância econômica e papel fundamental na produção agrícola sustentável (Vieira, 2024). Um dos principais fatores que contribuem para esse destaque é a fixação biológica de nitrogênio, realizada por microrganismos como *Bradyrhizobium* e a promoção de crescimento por *Azospirillum*, que reduzem a necessidade de adubação nitrogenada e promovem o desenvolvimento das plantas (Hungria et al., 2015).

Apesar dos benefícios da inoculação, a eficiência dessa prática pode ser reduzida devido à baixa sobrevivência dos microrganismos, principalmente quando as sementes ficam expostas ao calor, à radiação solar e a condições inadequadas de armazenamento (Marks, 2013). Esses fatores podem comprometer a viabilidade dos inoculantes antes mesmo da semeadura, diminuindo os resultados esperados no campo.

Nesse contexto, o uso de substâncias naturais que auxiliem na proteção dos microrganismos torna-se uma alternativa interessante. O óleo de pequi (*Caryocar coriaceum*), fruto típico do Cerrado, é conhecido por possuir compostos com propriedades antioxidantes e fotoprotetoras (Machado; Mello; Hubinger, 2015; Melo, 2022). Embora esse efeito seja descrito principalmente para uso cosmético, suas propriedades antioxidantes podem contribuir para reduzir os danos causados pela luz e pelo calor aos microrganismos presentes nas sementes, ajudando a manter sua viabilidade por mais tempo.

Além disso, o óleo de pequi é um produto natural, de origem renovável e associado à biodiversidade brasileira, o que reforça seu potencial uso em sistemas agrícolas mais sustentáveis. Assim, este trabalho se justifica por avaliar o uso do óleo de pequi como um possível agente protetor de inoculantes microbianos, bem como seus efeitos sobre a germinação e o desenvolvimento inicial da soja, buscando alternativas que aliem eficiência produtiva e sustentabilidade.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a influência do óleo de pequi (*Caryocar coriaceum*) sobre a sobrevivência de inoculantes microbianos (*Bradyrhizobium* e *Azospirillum*) durante o período de armazenamento das sementes e seus possíveis efeitos sobre o desenvolvimento inicial da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), considerando germinação, nodulação e crescimento das plantas.

3.2. Objetivos específicos

Investigar se a aplicação do óleo de pequi atua na sobrevivência e manutenção da viabilidade de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* inoculados em sementes de soja ao longo do tempo de armazenamento, especialmente quando submetidas a condições desfavoráveis de estresse térmico, em comparação ao tratamento controle (sem óleo).

Avaliar a influência do óleo de pequi na germinação das sementes de soja, analisando possíveis efeitos positivos ou negativos sobre o processo germinativo.

Avaliar o desenvolvimento inicial das plantas de soja, por meio da determinação da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e da nodulação radicular.

Comparar os tratamentos com e sem a adição do óleo de pequi quanto à nodulação e aos indicativos da eficiência da fixação biológica de nitrogênio.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Importância da soja (*Glycine max* L.)

A soja, pertencente à família Fabaceae, tem seu centro de origem localizado na Ásia, mais precisamente no nordeste da China (Carvalho et al., 2023). Por ser uma planta adaptada ao clima temperado, foi necessário realizar melhoramentos genéticos para que sua produção pudesse se expandir para regiões tropicais, como o Brasil. No país, a cultura da soja ganhou destaque a partir da década de 1970, com o aumento das áreas cultivadas e, principalmente, com o avanço da produtividade, impulsionado pela adoção de novas tecnologias (Silva; Lima; Batista, 2011).

Já na década de 1980, a produção de soja expandiu-se significativamente para a região Centro-Oeste, onde a participação na produção nacional saltou de menos de 2% para cerca de 20%. Esse crescimento refletiu diretamente na economia, pois o agronegócio está intimamente ligado à produção agrícola, abrangendo um mercado amplo e influenciando positivamente o desenvolvimento econômico regional. Atualmente, o setor consolida-se como um dos principais pilares do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2024), o agronegócio atua como o grande motor da economia nacional, sendo responsável por promover a geração massiva de empregos, a circulação de renda local e a adoção de novas tecnologias, respondendo por 23,2% de toda a riqueza gerada no país.

Dentro dessa cadeia produtiva, a soja se destaca como um dos principais produtos, desempenhando papel essencial para a economia nacional e proporcionando maior rentabilidade aos produtores rurais. Além disso, a cultura da soja vem ganhando ainda mais visibilidade devido ao seu manejo relativamente fácil, à sua ampla utilização em diversas áreas e à grande variedade de tecnologias desenvolvidas em comparação a outras culturas.

Em nível mundial, a soja é a principal oleaginosa produzida e consumida. Esse destaque se deve tanto à sua importância na alimentação animal, com o uso do farelo de soja, quanto no consumo humano, por meio da produção de óleo. A demanda global pela soja continua crescendo, impulsionada principalmente pelo aumento da renda em países emergentes como China e Índia (Silva; Lima; Batista, 2011). Dessa forma, agronegócio e soja são pilares fundamentais que, atuando de maneira integrada, garantem resultados positivos para o setor agrícola e para a economia em geral.

4.2. Uso de bioinsumos na Soja: *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*

Os bioinsumos têm se destacado como aliados importantes na construção de uma agricultura mais sustentável. Produzidos a partir de microrganismos, plantas ou animais, esses produtos naturais ajudam a elevar a produtividade agrícola e a proteger as culturas contra pragas, doenças e até variações climáticas que poderiam comprometer o desenvolvimento das plantas. Além disso, muitos desses microrganismos liberam moléculas específicas que atuam diretamente no crescimento ou na defesa das plantas, de maneira eficiente e sustentável. Por serem biodegradáveis e de baixo impacto ambiental, os bioinsumos contribuem para a preservação dos ecossistemas e ainda ajudam a reduzir o uso excessivo de agroquímicos tradicionais (Dill, 2022).

Entre os principais exemplos de bioinsumos, ganham destaque as bactérias do gênero *Azospirillum*, que desempenham um papel fundamental no estímulo ao crescimento vegetal.

Essas bactérias são capazes de produzir fitohormônios que fortalecem o sistema radicular das plantas, permitindo que absorvam melhor a água e os nutrientes presentes no solo. Como consequência, as plantas se tornam mais vigorosas, resistentes e produtivas (Brzezinski et al., 2014; Masciarelli et al., 2013).

Outro grupo de grande importância é o *Bradyrhizobium*, conhecido por estabelecer uma parceria simbiótica com as raízes da soja. Dentro dos nódulos que se formam nas raízes, essas bactérias realizam a fixação biológica do nitrogênio. Essa prática traz diversos benefícios, como a redução dos custos de produção e a diminuição dos impactos ambientais causados pelo uso excessivo de fertilizantes químicos (Dalolio et al., 2018). Além disso, o *Bradyrhizobium* também favorece o crescimento das raízes, o que fortalece ainda mais o desenvolvimento da planta.

No entanto, para que toda essa interação positiva ocorra da melhor forma possível, é preciso estar atento a alguns cuidados. A eficiência da simbiose entre soja e microrganismos pode ser prejudicada por vários fatores, como o tipo de solo, as condições climáticas, a forma de manejo da cultura, a aplicação de produtos químicos nas sementes e até mesmo o tipo de inoculante utilizado (Marks, 2013). Por isso, adotar boas práticas de inoculação é essencial para garantir o sucesso da fixação biológica de nitrogênio e, consequentemente, o aproveitamento pleno dos benefícios proporcionados pelos bioinsumos.

De acordo com recomendações específicas para produtos à base de rizóbios (Nogueira e Hungria, 2014) e *Azospirillum* (Hungria, 2011), alguns cuidados básicos são fundamentais para o sucesso da inoculação. O primeiro passo é verificar se o inoculante está devidamente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e se o produto está dentro do prazo de validade. Outro ponto importante é o transporte e o armazenamento do inoculante, que devem ser feitos em condições adequadas, evitando a exposição direta ao sol e temperaturas superiores a 30 °C, que podem comprometer a qualidade do produto.

O respeito à dose recomendada pelo fabricante também é essencial para garantir a eficácia do inoculante. Se for necessário tratar as sementes com agroquímicos, como fungicidas ou inseticidas, recomenda-se que esses produtos sejam aplicados primeiro; depois de completamente secos, deve-se realizar a inoculação em uma segunda etapa. É importante também que o inoculante seja aplicado de maneira uniforme sobre as sementes, evitando a prática incorreta de despejá-lo diretamente na caixa da semeadora, o que pode comprometer a sua eficiência.

Por fim, caso a inoculação seja feita antecipadamente — processo conhecido como pré-inoculação —, é fundamental que as sementes tratadas sejam plantadas em até 24 horas após o procedimento. Esse cuidado é necessário para manter a viabilidade dos microrganismos e garantir que eles estejam ativos no momento da germinação, proporcionando todos os benefícios esperados para a cultura.

4.3. Óleo de pequi – Composição, propriedades e efeito fotoprotetor

Os frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) são ricos em óleo, proteínas e carotenoides, componentes que conferem grande valor nutricional e potencial para diversas aplicações, como cosméticos e produtos funcionais. Ferreira et al. (1987) encontraram teores elevados de óleo (61,79% na polpa e 42,2% na amêndoa) e proteínas (6,71% na polpa e 24,6% na amêndoa). O óleo, rico em ácidos graxos insaturados, é de alta qualidade e benéfico à saúde. Ramos et al. (2001) identificaram carotenoides como β -caroteno e zeaxantina, com importante atividade antioxidante.

Além disso, Melo (2022), em estudo voltado ao uso cosmético do óleo de *Caryocar coriaceum*, destacou a presença de compostos com propriedades antioxidantes, antimicrobianas e fotoprotetoras, sendo o óleo rico em ácidos graxos como o ácido oleico (41,7%) e o ácido

palmítico (41,8%). A pesquisa confirmou a eficácia do óleo na barreira contra a radiação, evidenciando seu grande potencial biotecnológico. Sousa (2020) complementa, identificando compostos como ésteres e monoterpenos no óleo essencial de pequi, que, apesar de não apresentarem atividade nematicida significativa, reforçam seu potencial para o desenvolvimento de produtos biológicos e farmacêuticos.

5. METODOLOGIA

5.1. Local de execução dos ensaios

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Posse e dividido em duas etapas principais: teste de germinação e cultivo em vasos. A etapa laboratorial ocorreu no laboratório multiusuário de ciências naturais da instituição enquanto a etapa de cultivo foi realizada na casa de vegetação da mesma. As coordenadas geográficas do local são: Latitude 14°04'56" Sul, Longitude 46°22'40" Oeste e altitude média de 819 metros. O período de condução foi de dois meses (agosto a outubro).

5.2. Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido tanto em condições de campo quanto em laboratório, utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 4 x 3. Os tratamentos corresponderam a quatro épocas de avaliação (21, 14, 7 e 0 dias antes da semeadura), quatro doses de óleo de pequi (0 mL; 0,4 mL; 0,8 mL e 1,6 mL) e três tipos de inoculação (*Bradyrhizobium*, *Azospirillum* e controle sem inoculante). Foram utilizadas três repetições, totalizando 36 parcelas por época e 144 unidades experimentais no total (4 épocas × 4 doses × 3 inoculações × 3 repetições).

5.3. Doses utilizadas

As doses do óleo de pequi foram estabelecidas com base em testes preliminares conduzidos de forma exploratória para estimar a proporção ideal entre o volume de óleo e a taxa de recobrimento das sementes. A partir da relação de eficiência obtida nesses ensaios, calculou-se de forma proporcional o volume necessário para o experimento, estabelecendo-se a dose de 3,2 mL para revestir lotes de 160 sementes.

Considerando o pequeno volume necessário e buscando maior precisão no manejo das doses, o valor de 3,2 mL de óleo de pequi foi dividido pela metade, obtendo-se 1,6 mL como dose base (100%). A partir dessa referência, foram definidas as demais doses experimentais: 0% (testemunha, sem aplicação), 25% (0,4 mL), 50% (0,8 mL) e 100% (1,6 mL). Essa gradação permitiu representar diferentes níveis de uso do óleo de pequi, desde a ausência de aplicação até a dose máxima.

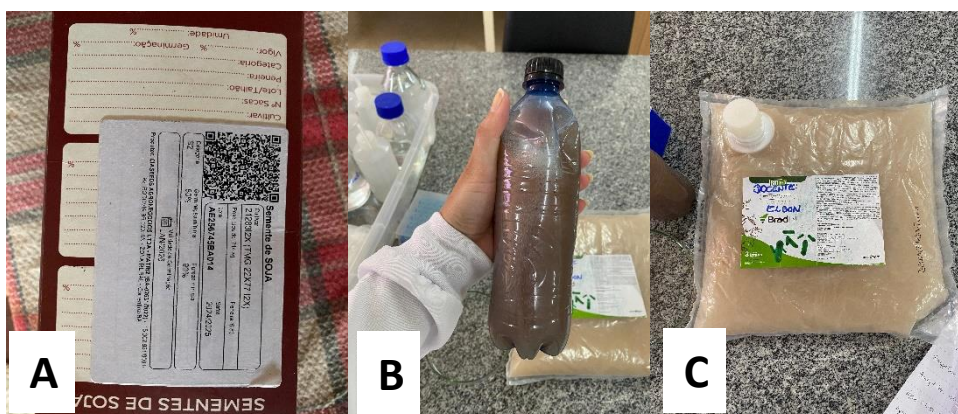
As doses dos inoculantes *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* foram determinadas com base na quantidade de sementes utilizadas por tratamento. Inicialmente, o experimento previa a realização de uma etapa de recuperação dos microrganismos nas sementes, razão pela qual cada tratamento foi planejado para conter 160 sementes de soja, sendo 100 destinadas à recuperação e as 60 restantes divididas entre o teste de germinação e o plantio em vasos.

Contudo, devido à decisão de descartar a etapa de recuperação microbiana, manteve-se o número de 160 sementes por tratamento, que apresentaram peso médio de 26 gramas (0,026 kg). De acordo com a recomendação dos fabricantes, tanto para o *Bradyrhizobium* quanto para o *Azospirillum*, a dose indicada é de 200 mL para cada 100 kg de sementes. Assim, aplicando-se uma regra de três para o peso utilizado, obteve-se que cada repetição recebeu 0,052 mL de cada inoculante, garantindo a proporcionalidade em relação à recomendação técnica dos produtos.

5.4. Produtos utilizados no experimento

As sementes de soja utilizadas no experimento foram fornecidas por meio de doação da empresa Ciaseeds, sediada em Rosário – BA, correspondendo a cultivar 21283I2X (TMG 22X77 I2X)(Figura 1A). O inoculante à base de *Azospirillum brasilense* foi obtido por doação da Fundação Bahia, localizada em Luís Eduardo Magalhães – BA (Figura 1B), enquanto o inoculante contendo *Bradyrhizobium japonicum* foi disponibilizado pelo Instituto Federal Goiano – Campus Posse (Figura 1C).

Figura 1. (A) Cultivar de soja utilizada; (B) *Azospirillum brasilense*; (C) *Bradyrhizobium japonicum*.



Fonte: A autora (2025).

O óleo de pequi utilizado foi proveniente de doação de produtores da agricultura familiar, sendo obtido por meio de extração artesanal, a partir da fervura da polpa dos frutos até a completa evaporação da água, restando apenas o óleo puro (Figura 2).

Figura 2. Óleo de pequi utilizado.



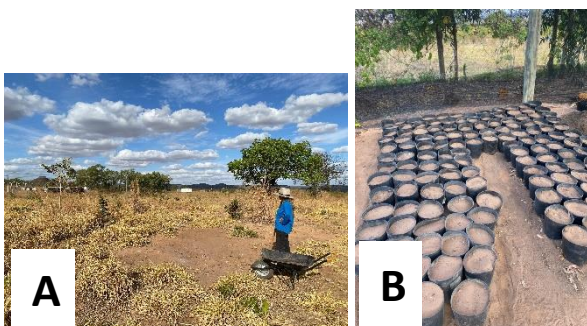
Fonte: A autora (2025).

As informações referentes a composição, formas de uso e recomendações técnicas foram obtidas diretamente da embalagem de cada produto disponibilizado pelas empresas.

5.5. Caracterização do preparo de solo e manejo de adubação

O solo utilizado no experimento, classificado como Neossolo Quartzarênico, foi coletado (02/09/2025) manualmente na área da Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano Campus Posse (Figura 3A), na camada de 0–20 cm de profundidade, correspondente à zona de maior atividade radicular e maior influência de manejo. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 5 L, contendo aproximadamente 7 kg desse solo, previamente corrigido com calcário dolomítico da própria Fazenda Escola e homogeneizado (Figura 3B).

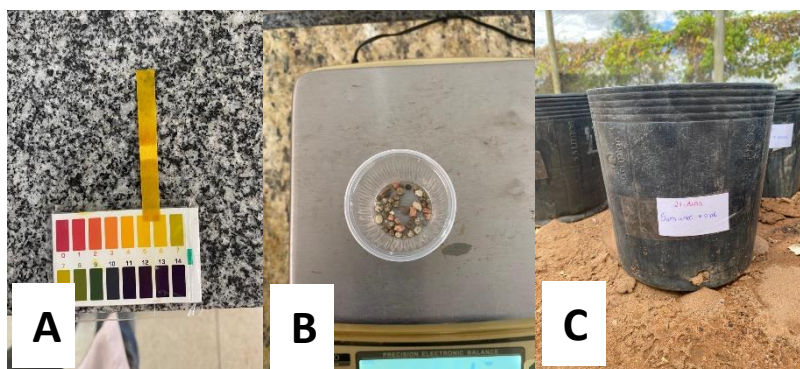
Figura 3. (A) Local de retirada do solo; (B) vasos de 5 L com 7 kg de solo.



Fonte: A autora (2025).

Em seguida, foi realizada a análise de pH (03/09/2025), que indicou valores entre 5 e 6, faixa considerada adequada para o plantio (Figura 4A). Posteriormente (04/09/2025), foi realizada uma adubação de base com fertilizante NPK na formulação 04-14-08 na dose de 500 kg/ha, o que correspondeu a 1,7 g por vaso (Figura 4B). Em seguida, houve a identificação de cada vaso (Figura C).

Figura 4. (A) Análise de pH realizada; (B) quantidade de adubo fornecida por vaso; (C) vasos identificados.

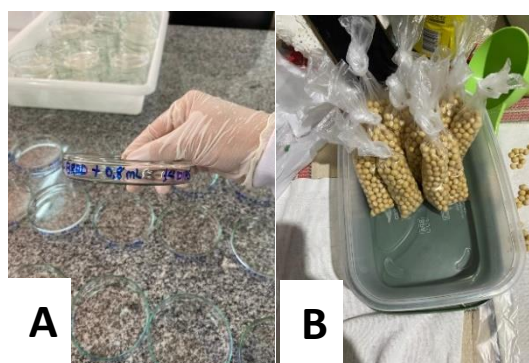


Fonte: A autora (2025).

5.6. Preparo das inoculações

O preparo das inoculações foi realizado nos dias 20 e 27 de agosto, e 3 e 10 de setembro, em placas de Petri devidamente identificadas conforme a data e o tratamento correspondente (Figura 5A). As sementes (160 por tratamento) eram previamente selecionadas e preparadas antes do início de cada procedimento (Figura 5B).

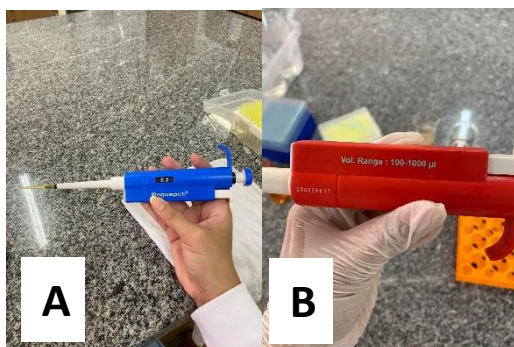
Figura 5. Preparo dos materiais para o ensaio laboratorial: (A) placas de Petri devidamente identificadas; (B) sementes de soja previamente separadas e quantificadas.



Fonte: A autora (2025).

Para a aplicação dos inoculantes, foi utilizada uma micropipeta com capacidade de 10–100 μL , sendo pipetados 52 μL tanto para o *Bradyrhizobium japonicum* quanto para o *Azospirillum brasilense* (Figura 6A). A dosagem do óleo de pequi foi realizada com o auxílio de uma pipeta de 100–1000 μL , aplicando-se 400 μL , 800 μL , 1000 μL e, posteriormente, 1600 μL , correspondentes às doses de 0,4 mL, 0,8 mL, 1,0 mL e 1,6 mL, respectivamente (Figura 6B).

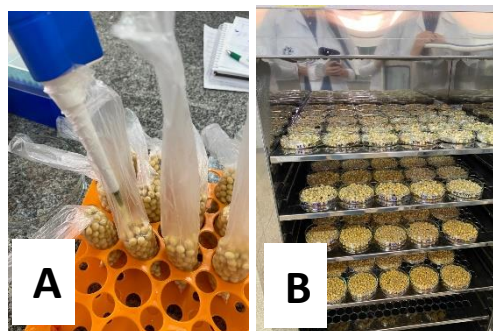
Figura 6. Instrumentos de precisão utilizados para a dosagem dos tratamentos: (A) micropipeta destinada à aplicação dos inoculantes; (B) micropipeta exclusiva para a dosagem do óleo de pequi.



Fonte: A autora (2025).

A mistura dos tratamentos era realizada individualmente em sacos plásticos, onde cada combinação de inoculante e óleo era homogeneizada (Figura 7A). Ao final de cada dia de preparo, as placas de Petri foram armazenadas em uma câmara de germinação desligada, mantendo o ambiente a aproximadamente 25 °C, com o intuito de simular condições de armazenamento inadequado e avaliar a sobrevivência dos micro-organismos nas sementes (Figura 7B).

Figura 7. (A) Homogeneização dos produtos; (B) armazenamento das placas de Petri.



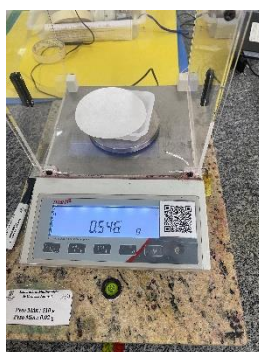
Fonte: A autora (2025).

5.7. Teste de germinação

O teste de germinação foi iniciado no dia 0 (10/09/2025), data que corresponde ao último dia de preparo das inoculações e ao início da montagem das 144 placas de Petri destinadas à avaliação.

Inicialmente, foi realizada a pesagem do papel germitest, cujo peso foi multiplicado por 3,5 para determinar o volume de água destilada necessário para a umidificação, conforme recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), que orientam o uso de aproximadamente três vezes o peso do papel em água (Figura 8).

Figura 8. Pesagem do papel germitest.



Fonte: A autora (2025).

Em seguida, foram distribuídas 50 sementes por placa de Petri, as quais foram umedecidas com a quantidade de água destilada previamente calculada (Figura 9). Após o preparo, as placas foram acondicionadas em uma câmara de germinação ligada, mantida sob condições controladas, onde permaneceram por três dias. Durante esse período, as sementes foram mantidas úmidas, a fim de garantir as condições adequadas para o processo de germinação e posterior contagem das sementes germinadas.

Figura 9. Sementes distribuídas em placas de Petri.



Fonte: A autora (2025).

5.8. Plantio

A semeadura foi realizada no dia 10/09/2025, que também é o dia 0. O procedimento iniciou-se com a abertura de sulcos de aproximadamente 2 a 3 cm de profundidade em cada vaso. Os vasos foram dispostos de forma organizada, agrupados conforme o tempo de armazenamento das sementes (0, 7, 14 e 21 dias), a fim de facilitar o manejo e a condução das avaliações (Figura 10).

Figura 10. Vasos agrupados conforme tempo de armazenamento.



Fonte: A autora (2025).

A irrigação foi conduzida de forma manual, em dias alternados, aplicando-se lâmina de água suficiente para manter o solo próximo à capacidade de campo, evitando tanto o déficit hídrico quanto o encharcamento.

Durante o período experimental, foram realizados os tratos culturais necessários, incluindo a remoção manual de plantas invasoras que emergiram em alguns vasos e o monitoramento fitossanitário periódico. Não houve necessidade de aplicação de defensivos químicos, uma vez que a ocorrência de pragas e doenças foi mínima e controlada por meio de práticas preventivas e pela manutenção de condições adequadas de cultivo.

5.9. Variáveis avaliadas

As avaliações do experimento foram divididas em duas etapas distintas: a análise do potencial germinativo, conduzida em ambiente de laboratório, e as variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetativo, sistema radicular e nodulação, que foram avaliadas aos 35 dias após a emergência (DAE) das plantas cultivadas nos vasos.

Germinação: realizada em laboratório, a germinação foi avaliada por contagem manual do número de plântulas normais emergidas ao final do período de avaliação, conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes. Os resultados foram expressos em número de plântulas germinadas por unidade experimental, representando o potencial germinativo das sementes.

Número de nódulos: aos 35 DAE, a nodulação foi avaliada por contagem manual dos nódulos presentes no sistema radicular, após a lavagem cuidadosa das raízes. Foram considerados apenas os nódulos visíveis e aderidos, refletindo a eficiência da simbiose com os microrganismos fixadores de nitrogênio.

Massa seca das raízes e da parte aérea (g): aos 35 DAE, as plantas foram retiradas do solo com cuidado e divididas em duas frações: sistema radicular e parte aérea (folhas e caule). Em seguida, os materiais de cada fração foram acondicionados separadamente em sacos de papel Kraft e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, por 7 dias (Figura 11A). Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g (Figura 11B). A avaliação destas variáveis permite expressar tanto o desenvolvimento radicular e a capacidade de absorção de água e nutrientes, quanto o acúmulo de biomassa e a eficiência do crescimento vegetativo da cultura.

Figura 11. (A) Secagem das plantas em estufa; (B) pesagem das amostras em balança.



Fonte: A autora (2025).

5.10. Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada por meio do programa computacional Sisvar, versão 5.6. Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), considerando os efeitos de tratamentos, repetições (blocos) e a interação tratamento $\times$ inoculação. Quando identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Germinação

Para a variável porcentagem de germinação (Tabela 1), os dados originais foram submetidos à transformação em raiz quadrada para a realização da análise estatística, visando reduzir a dispersão dos dados e atender aos pressupostos da análise de variância. O Coeficiente de Variação (CV) dos dados originais foi de 55,06%, reduzindo-se para 33,61% após a transformação, o que permitiu uma maior sensibilidade do teste de médias na detecção de diferenças entre os tratamentos.

Nas avaliações conduzidas aos 0, 7 e 14 dias de armazenamento, a análise estatística não detectou diferenças significativas entre os tratamentos. Em todas essas épocas, independentemente da dose de óleo de pequi ou do inoculante utilizado, as médias de germinação pertenceram ao mesmo grupo estatístico. Isso indica que, em curto e médio prazo, o revestimento das sementes com o óleo não exerceu efeito deletério imediato sobre o potencial fisiológico e a capacidade germinativa da soja.

Entretanto, o cenário alterou-se drasticamente aos 21 dias de armazenamento. Nesta época, observou-se uma queda acentuada na germinação associada diretamente ao uso do óleo de pequi. Pelo teste de Scott-Knott, os tratamentos que mantiveram as maiores médias e se classificaram no grupo superior foram, majoritariamente, aqueles isentos de óleo: *Azospirillum* + 0 ml (38,00%), *Bradyrhizobium* + 0 ml (32,00%) e Sem Inoculante + 0 ml (31,33%). O tratamento "Sem Inoculante + 0,4 ml" também permaneceu neste grupo, sugerindo que, na ausência de interação com bactérias, a semente tolerou melhor a dose baixa de óleo.

Em contrapartida, todos os tratamentos inoculados que receberam óleo de pequi (mesmo na menor dose de 0,4 ml), bem como as doses maiores de óleo nos tratamentos controle, apresentaram redução severa na germinação, situando-se no grupo inferior. As médias variaram entre 2,67% e 14,00%, evidenciando um efeito fitotóxico significativo após o armazenamento prolongado.

Esse resultado evidencia que o óleo de pequi, por ser uma substância viscosa, funcionou como um impeditivo físico ao longo dos 21 dias. O sucesso de técnicas de revestimento de sementes depende de dosagens que permitam a aderência dos ativos sem alterar drasticamente a fisiologia da semente (Diniz et al., 2006). A aplicação do óleo sobre o tegumento

possivelmente formou uma barreira hidrofóbica contínua que restringiu a embebição de água e as trocas gasosas (entrada de oxigênio) essenciais para a respiração celular do embrião durante o armazenamento prolongado (Diniz et al., 2006). Além disso, pode ter ocorrido o acúmulo de substâncias tóxicas oriundas da oxidação do próprio óleo, o que, somado à restrição física, causou a fitotoxidez e prejudicou severamente a viabilidade e a germinação da soja.

Ao confrontar este resultado com os dados de Massa Seca de Raízes, nota-se uma contrapartida importante: embora a dose de 0,4 ml de óleo tenha prejudicado a taxa de germinação (quantidade de plantas nascidas) aos 21 dias, ela foi extremamente eficaz em proteger as bactérias nas plantas que sobreviveram, resultando em um sistema radicular muito mais vigoroso. Isso indica que o óleo funciona como protetor bacteriano, mas seu uso agrônomico depende do ajuste de tecnologias que mitiguem a fitotoxidez na semente durante o armazenamento.

Tabela 1. Porcentagem média de germinação (%) de sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	Germinação			
	0 dias	7 dias	14 dias	21 dias
Brad + 0 ml	41,33 a*	23,33 a*	45,33 a*	32,00 a*
Brad + 0,4 ml	52,67 a*	36,00 a*	51,33 a*	14,00 b*
Brad + 0,8 ml	48,00 a*	37,33 a*	65,33 a*	5,33 b*
Brad + 1,6 ml	31,33 a*	39,33 a*	45,33 a*	8,00 b*
Azo + 0 ml	47,33 a*	20,00 a*	58,67 a*	38,00 a*
Azo + 0,4 ml	51,33 a*	38,67 a*	61,33 a*	13,33 b*
Azo + 0,8 ml	50,67 a*	44,00 a*	33,33 a*	9,33 a*
Azo + 1,6 ml	47,33 a*	31,33 a*	35,33 a*	2,67 b*
Sem inoc+ 0 ml	62,67 a*	26,00 a*	60,00 a*	31,33 a*
Sem inoc+0,4 ml	54,00 a*	31,33 a*	47,67 a*	23,33 a*
Sem inoc+ 0,8 ml	43,33 a*	43,33 a*	47,33 a*	8,67 b*
Sem inoc+ 1,6 ml	46,67 a*	38,67 a*	57,33 a*	4,00 b*
CV (%) =	33,61			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. () Dados originais apresentados na tabela, mas submetidos à análise estatística com transformação em $\sqrt{x}$.*

Fonte: A autora (2026).

6.2. Número de nódulos

Para a variável número de nódulos (Tabela 2), os dados originais foram submetidos à transformação em raiz quadrada para a realização da análise estatística, visando reduzir a

dispersão dos dados e atender aos pressupostos da análise de variância. O Coeficiente de Variação (CV) dos dados originais foi extremamente elevado (128,96%), e mesmo após a transformação, manteve-se alto (71,80%).

Essa magnitude do CV reflete a grande variabilidade natural que ocorre na avaliação da nodulação em experimentos conduzidos em solo não estéril, onde fatores como a distribuição desuniforme de microrganismos no substrato e a competição com a microbiota nativa exercem forte influência.

Ao analisar as médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos em nenhuma das épocas de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias). Em todos os períodos, tanto os tratamentos inoculados quanto os controles (sem inoculante) e as diferentes doses de óleo de pequi pertenceram ao mesmo grupo estatístico (a).

A ausência de diferença estatística significativa, associada à presença de nódulos nos tratamentos controle ("Sem inoculante"), sugere a ocorrência de nodulação por rizóbios nativos presentes no solo utilizado. Sabe-se que em solos agricultáveis abrigam populações de *Bradyrhizobium* spp. perfeitamente adaptadas, que competem de forma severa pelos sítios de infecção, podendo superar as estirpes introduzidas via inoculação comercial e mascarar os efeitos do tratamento artificial (Campo et al., 2008). Neste ensaio, a presença vigorosa dessas populações nativas impediu a detecção de efeitos (positivos ou negativos) claros das diferentes doses de óleo de pequi sobre a nodulação final.

Embora não haja distinção estatística, observou-se numericamente uma oscilação nos valores médios. Por exemplo, aos 21 dias, o tratamento padrão (*Bradyrhizobium* + 0 ml) apresentou média de 22 nódulos, enquanto doses maiores de óleo no mesmo inoculante apresentaram valores numéricos menores (ex: 3 nódulos para 1,6 ml). Contudo, devido ao alto erro experimental (CV), não é possível afirmar estatisticamente que o óleo inibiu a nodulação, devendo-se considerar o resultado como inconclusivo para esta variável específica.

Portanto, nas condições deste experimento, a aplicação de óleo de pequi nas sementes não alterou estatisticamente o número de nódulos formados, indicando que a nodulação foi governada predominantemente por fatores externos aos tratamentos de inoculação.

Tabela 2. Número médio de nódulos em raízes de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	Número de nódulos			
	0 dias	7 dias	14 dias	21 dias
Brad + 0 ml	19 a*	6 a*	1 a*	22 a*
Brad + 0,4 ml	6 a*	4 a*	2 a*	5 a*
Brad + 0,8 ml	2 a*	1 a*	2 a*	2 a*
Brad + 1,6 ml	9 a*	6 a*	1 a*	3 a*
Azo + 0 ml	5 a*	4 a*	2 a*	3 a*
Azo + 0,4 ml	2 a*	7 a*	1 a*	4 a*
Azo + 0,8 ml	6 a*	2 a*	3 a*	5 a*
Azo + 1,6 ml	0 a*	2 a*	3 a*	5 a*
Sem inoc+ 0 ml	12 a*	4 a*	8 a*	11 a*
Sem inoc+0,4 ml	7 a*	2 a*	3 a*	4 a*
Sem inoc+ 0,8 ml	5 a*	3 a*	3 a*	4 a*
Sem inoc+ 1,6 ml	5 a*	6 a*	3 a*	2 a*
CV (%) =	71,80			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. () Dados originais apresentados na tabela, mas submetidos à análise estatística com transformação em $\sqrt{x}$.*

Fonte: A autora (2026).

6.3. Massa seca de raízes

A análise dos dados de massa seca de raízes revelou que o efeito dos tratamentos varia significativamente conforme o tempo de armazenamento das sementes avança.

Nas primeiras épocas de avaliação (0 e 7 dias após a inoculação), a análise estatística demonstrou uma homogeneidade de resultados. O teste de médias não indicou diferenças significativas entre as doses de óleo de pequi e os inoculantes, com todos os tratamentos pertencendo ao mesmo grupo estatístico. Isso indica que, a curto prazo, o revestimento das sementes com o óleo, mesmo na maior dose, não inibiu nem estimulou o desenvolvimento inicial do sistema radicular da soja.

No entanto, aos 14 dias de armazenamento, observou-se uma mudança no padrão de resposta. Estatisticamente, destacaram-se os tratamentos sem inoculante (Controle), especificamente nas doses de 0 ml (7,05 g) e 0,8 ml (5,85 g), que formaram o grupo superior. Esse pico de crescimento expressivo nos tratamentos sem inoculante é explicado pela utilização de solo não esterilizado no experimento, proveniente de área agrícola (Fazenda Escola). Solos com histórico de cultivo frequentemente abrigam populações nativas de rizóbios e outras

rizobactérias promotoras de crescimento muito bem estabelecidas, que competem de forma agressiva pelos sítios de infecção nas raízes (Campo et al., 2008; Marks, 2008). Consequentemente, esses microrganismos nativos colonizaram rapidamente o sistema radicular das sementes não tratadas, realizando a nodulação e estimulando o desenvolvimento das raízes de forma tão ou mais eficiente que as estirpes introduzidas artificialmente nos demais tratamentos.

A avaliação aos 21 dias apresentou os resultados de maior impacto agrônomo, evidenciando o efeito protetor do óleo de pequi. Verificou-se que o inoculante *Azospirillum brasilense*, quando aplicado sem proteção (0 ml), sofreu uma redução significativa na sua eficiência, resultando em uma massa seca de raízes de 3,39 g (grupo b). Em contrapartida, quando o *Azospirillum* foi associado à dose de 0,4 ml de óleo de pequi, houve um incremento expressivo, atingindo a maior média absoluta do experimento (6,07 g) e classificando-se no grupo superior (a). A manutenção desse desenvolvimento radicular corrobora estudos focados na proteção celular de microrganismos, os quais demonstram que o uso de aditivos protetores e polímeros forma uma barreira contra o estresse hídrico e oxidativo, garantindo a viabilidade das bactérias promotoras de crescimento durante o armazenamento (Alves, 2015; Silva Júnior et al., 2016). Este resultado comprova estatisticamente que a dose de 0,4 ml foi eficaz em proteger o *Azospirillum* contra o estresse do armazenamento prolongado, preservando a sua capacidade de estimular o crescimento radicular.

Por outro lado, observou-se um efeito deletério nas maiores doses de óleo aos 21 dias. Tratamentos com 1,6 ml de óleo de pequi resultaram, majoritariamente, em médias pertencentes ao grupo inferior (b) (ex: Brad + 1,6 ml com 3,49 g e Azo + 1,6 ml com 2,90 g), sugerindo que o excesso de óleo pode causar fitotoxidez ou restringir as trocas gasosas da semente e dos microrganismos após longos períodos de contato.

Em suma, para a variável massa seca de raízes, a dose de 0,4 ml de óleo de pequi demonstrou ser a concentração ideal para a manutenção da viabilidade agrônoma do *Azospirillum brasilense* em sementes armazenadas por até 21 dias.

Tabela 3. Médias de massa seca de raízes (g) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	Massa seca de raízes			
	0 dias	7 dias	14 dias	21 dias
Brad + 0 ml	3.87 a	5.22 a	4.18 b	4.77 a
Brad + 0,4 ml	4.28 a	3.50 a	4.31 b	4.70 a
Brad + 0,8 ml	4.53 a	2.40 a	4.42 b	2.53 b
Brad + 1,6 ml	4.34 a	2.66 a	2.53 b	3.49 b
Azo + 0 ml	3.86 a	3.32 a	3.87 b	3.39 b
Azo+ 0,4 ml	4.75 a	4.62 a	2.54 b	6.07 a
Azo + 0,8 ml	4.75 a	4.09 a	2.45 b	2.90 b
Azo + 1,6 ml	3.90 a	3.33 a	3.63 b	2.90 b
Sem inoc+ 0 ml	4.27 a	3.89 a	7.05 a	4.61 a
Sem inoc+0,4 ml	4.39 a	3.72 a	4.50 b	2.50 b
Sem inoc+ 0,8 ml	3.85 a	3.87 a	5.85 a	5.08 a
Sem inoc+ 1,6 ml	3.66 a	4.06 a	4.29 b	3.40 b
CV (%)=	38,93			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: A autora (2026).

6.4. Massa seca de parte aérea

Para a variável massa seca da parte aérea (Tabela 4), não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos nas épocas de armazenamento de 0, 7 e 14 dias. Isso demonstra que, em períodos curtos de armazenamento, a aplicação do óleo de pequi, independentemente da dose, não interferiu negativamente no desenvolvimento inicial vegetativo da soja.

Entretanto, aos 21 dias de armazenamento, observou-se uma distinção significativa entre os tratamentos. Verificou-se que as maiores doses de óleo de pequi (1,6 ml) resultaram, em geral, em menores médias de massa seca, classificadas estatisticamente no grupo inferior (b). Esse comportamento sugere um efeito fitotóxico ou inibitório sobre a semente e os inoculantes quando submetidos a altas concentrações do óleo por períodos prolongados. O uso de dosagens elevadas de produtos de revestimento pode alterar a fisiologia da semente e formar uma barreira restritiva (Diniz et al., 2006), o que compromete o vigor da plântula e reflete diretamente na menor produção de biomassa na parte aérea.

Um destaque relevante ocorreu na interação com *Azospirillum brasilense* aos 21 dias. Enquanto o tratamento apenas com o inoculante (Azo + 0 ml) apresentou redução na massa seca da parte aérea (2,62 g), a associação com a dose de 0,4 ml de óleo de pequi proporcionou a manutenção de médias superiores (4,20 g), classificando-se no grupo superior (a). A manutenção desse desenvolvimento vegetativo corrobora estudos focados na proteção celular, os quais demonstram que aditivos de base lipídica atuam com efeito osmoprotetor, reduzindo a dessecação das bactérias (Marks, 2008). Essa proteção forma uma barreira física contra estresses abióticos durante o armazenamento prolongado (Alves, 2015), garantindo a viabilidade do *Azospirillum* e assegurando o acúmulo de biomassa na cultura.

Tabela 4. Médias de massa seca da parte aérea (g) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos de inoculação e doses de óleo de pequi em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	Massa seca de parte aérea			
	0 dias	7 dias	14 dias	21 dias
Brad + 0 ml	3.68 a	4.26 a	4.45 a	4.32 a
Brad + 0,4 ml	3.92 a	3.80 a	3.75 a	3.89 a
Brad + 0,8 ml	4.21 a	2.49 a	3.64 a	2.31 b
Brad + 1,6 ml	3.79 a	2.46 a	2.77 a	2.64 b
Azo + 0 ml	3.66 a	3.88 a	3.29 a	2.62 b
Azo+ 0,4 ml	3.92 a	3.80 a	2.40 a	4.20 a
Azo + 0,8 ml	4.17 a	4.39 a	2.34 a	2.52 b
Azo + 1,6 ml	3.89 a	3.44 a	3.85 a	2.76 b
Sem inoc+ 0 ml	4.21 a	3.88 a	4.37 a	3.97 a
Sem inoc+0,4 ml	3.92 a	3.99 a	3.98 a	2.63 b
Sem inoc+ 0,8 ml	4.04 a	3.98 a	4.09 a	3.97 a
Sem inoc+ 1,6 ml	3.88 a	4.18 a	3.66 a	2.42 b
CV (%)=	32,05			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: A autora (2026).

7. CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que o óleo de pequi apresenta potencial biotecnológico como agente protetor para *Azospirillum brasilense*, especialmente na dose de 0,4 ml. Esta concentração demonstrou ser eficaz na manutenção da viabilidade bacteriana em sementes armazenadas por até 21 dias, resultando num maior desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea nas plantas sobreviventes, superando o desempenho do inoculante sem proteção.

Observou-se, contudo, que o tempo de armazenamento é um fator crítico para o sucesso desta tecnologia. Em períodos curtos e médios, de até 14 dias, a aplicação do óleo não interferiu negativamente na germinação ou no desenvolvimento inicial da soja. Por outro lado, o armazenamento prolongado por 21 dias, associado ao uso do óleo, provocou um efeito fitotóxico severo, reduzindo drasticamente a porcentagem de germinação das sementes independentemente da dose, sendo que as concentrações mais elevadas, como 1,6 ml, também prejudicaram o acúmulo de biomassa da planta.

Adicionalmente, verificou-se que a aplicação do óleo de pequi e dos inoculantes não influenciou estatisticamente o número de nódulos formados, sugerindo que a nodulação observada foi governada majoritariamente pelas populações de rizóbios nativos presentes no solo utilizado. Em suma, embora o óleo de pequi funcione como uma ferramenta promissora para a proteção de microrganismos, a sua viabilidade agronômica definitiva depende do desenvolvimento de tecnologias de aplicação ou formulação que mitiguem a barreira física e os danos fisiológicos causados à semente durante o armazenamento prolongado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B. L. **Desenvolvimento de rotas de veiculação de microrganismos de uso agrícola**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ABATI, J.; PRANDO, A. M.; HENNING, A. A. Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 57, n. 3, p. 257–265, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.ao1391>. Acesso em: 15 abr. 2025.

BUENO, A. de F. *et al.* Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja. In: **Bioinsumos na cultura da soja. Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 3**, [s. l.], p. 204–220, 2022.

CAMPO, R. J.; ARAÚJO, R. S.; MOSTASSO, F. L.; HUNGRIA, M. Efeito da população de células na nodulação e rendimento da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., 2008, Rio Verde. **Resumos [...]**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 302-304.

CARVALHO, N. S. *et al.* Revisão: a importância da soja para o agronegócio brasileiro. **Fitotecnia, sistemas agrícolas ambientais e solo**, [s. l.], p. 52–62, 2023.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2025/26 – 5º levantamento**, fevereiro 2026. Brasília, DF: Conab, 2026. v. 13, n. 5, p. 1-108. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/5o-levantamento-safra-2025-26/e-book_boletim-de-safras-5o-levantamento_2026.pdf. Acesso em: 06 jan. 2026.

DALOLIO, R. S.; BORIN, E.; CRUZ, R. M. S.; ALBERTON, O. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 7, n. 2, p. 1–7, 2018.

DILL, R. E. **Bioinsumos na agricultura brasileira: alternativa biológica para uma agricultura ambientalmente sustentável**. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula, 2022.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M. de; MACHADO, J. da C. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e

reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 37-43, 2006.

FERREIRA, F. R.; BIANCO, S.; DURIGAN, J. F.; BELINGIERI, P. A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1987. v. 2, p. 643–646.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, 2015.

MACHADO, M. T. C.; MELLO, B. C. B. S.; HUBINGER, M. D. Evaluation of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) aqueous extract quality processed by membranes. **Food and Bioproducts Processing**, v. 95, p. 304–312, 1 jul. 2015.

MARKS, B. B. **Avaliação da sobrevivência de bradirrizóbios em sementes de soja tratadas com fungicidas, protetor celular "power" e o inoculante "nitragin optimize"**. 2008. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MARKS, B. B. **Ação de metabólitos secundários e de inoculantes microbianos na promoção do crescimento de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e milho (*Zea mays* L.)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

MELO, C. M. S. **Potencial fotoprotetor do óleo da semente do pequi (*Caryocar coriaceum*)**. 2022. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Recife, 2022.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Boas práticas de inoculação em soja. *In*: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotas. **Atas e Resumos [...]**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

RAMOS, M. I. L.; UMAKI, M. C. S.; HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitamínicos “A” da polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 23–32, jan./jun. 2001.

SILVA, A. C. da; LIMA, É. P. C. de; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. *In*: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 5., 2011. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 1–21.

SILVA JÚNIOR, E. B. da; OLIVEIRA, S. S.; MARTINS, L. V. M.; OLIVEIRA, P. J. de; ZILLI, J. E.; BODDEY, R. M.; XAVIER, G. R. Pré-inoculação de sementes de *Vigna*

unguiculata (L) Walp. com inoculante polimérico no Centro-Oeste. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 21, n. 1, p. 39-43, 2016.

SOUSA, B. N. de. **Composição química do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) e atividade nematicida no controle de *Meloidogyne javanica***. 2020. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, 2020.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **A cadeia produtiva de soja e o desenvolvimento econômico e regional no Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, set. 2024. 27 p. (Texto para Discussão, n. 3042). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/14781/1/TD3042_web.pdf. Acesso em: 23 abr. 2025.