

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS CRISTALINA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM HORTICULTURA**

**LUÍS FELIPE DA COSTA MUNDIM**

**INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE CAJU-DO-CERRADO (*Anacardium humile* A.  
St.-Hil) COM *Bacillus subtilis* E *Bacillus aryabhattai*: EFEITOS NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS.**

**CRISTALINA – GO**

**2026**

**LUÍS FELIPE DA COSTA MUNDIM**

**INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE CAJU-DO-CERRADO (*Anacardium humile* A.  
St.-Hil) COM *Bacillus subtilis* E *Bacillus aryabhattai*: EFEITOS NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Horticultura do Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Horticultura.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Giselle Anselmo de Souza Gonçalves

**CRISTALINA – GO**

**2026**

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

M965 da Costa Mundim, Luis Felipe  
INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE CAJU-DO-CERRADO  
(Anacardium humile A. St.-Hil) COM Bacillus subtilis E  
Bacillus aryabhatai: EFEITOS NO DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DE MUDAS / Luis Felipe da Costa Mundim. Cristalina  
2026.

23f.

Orientadora: Profª. Dra. Giselle Anselmo de Souza Gonçalves,  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1021254 -  
Curso Superior de Tecnologia em Horticultura - Cristalina  
(Campus Cristalina).

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

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Luis Felipe da Costa Mundim

Matrícula:

2018110212540162

Título do trabalho:

"Inoculação de sementes de Caju-do-Cerrado (*Anacardium humile* A.St. Hill) com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*: efeitos no desenvolvimento inicial de mudas".

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 02 / 07 / 26

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 incluídos 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.

Documento assinado digitalmente  
**LUI FELIPE DA COSTA MUNDIM**  
Data: 02/07/2026 21:53:33-0300  
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

Cristalina-GO  
Local

02 / 07 / 26  
Data

Ciente e de acordo:

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente  
**ISELLE ANSELMO DE SOUZA GONCALVES**  
Data: 02/07/2026 20:22:50-0300  
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

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

Formulário 79/2026 - GE-CRT/CMPCRIS/IFGOIANO

## TECNOLOGIA EM HORTICULTURA

INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE CAJU-DO-CERRADO (*Anacardium humile* A.St. Hill) com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhatai*: efeitos no desenvolvimento inicial de mudas

Autor: Luis Felipe da Costa Mundim

Orientadora: Giselle Anselmo de Souza Gonçalves

TITULAÇÃO: **TECNÓLOGO EM HORTICULTURA.**

APROVADA em 01 de Julho de 2026.

Profa. Dra. Giselle Anselmo de Souza Gonçalves

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Prof. Dr. Cássio Jardim Tavares

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Prof. Msc. Vinícius de Moura Oliveira

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Documento assinado eletronicamente por:

- **Giselle Anselmo de Souza Goncalves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 02/07/2026 18:10:30.
- **Vinicius de Moura Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 02/07/2026 18:12:45.
- **Cassio Jardim Tavares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 02/07/2026 18:14:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/07/2026. 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:** 837333

**Código de Autenticação:** 0e61cc9f45



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Cristalina

Rua Araguaia, Loteamento 71, SN, Setor Oeste, CRISTALINA / GO, CEP 73850-000

(61) 3612-8500

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e me incentivaram ao longo desta caminhada rumo à profissão: meus professores, amigos e familiares. Em especial, aos meus primos Honório Rocha Santiago e Daniel Alves Mundim.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram e me incentivaram ao longo desta caminhada rumo à profissão: meus professores, amigos e familiares. Em especial, aos meus primos Honório Rocha Santiago e Daniel Alves Mundim, que foram pilares fundamentais e me influenciaram de forma positiva a seguir no ramo agrícola.

Desde o início da minha trajetória no ensino superior, Daniel esteve ao meu lado, explicando com paciência os detalhes da profissão — seus prós e contras — despertando em mim o interesse que me levou a optar pelo caminho da agricultura. Mais que um primo, foi um verdadeiro irmão: abriu as portas de sua casa quando precisei, ofereceu suporte em todos os momentos, aconselhou-me e incentivou-me a seguir em frente.

Honório, por sua vez, foi quem me impediu de desistir quando pensei em abandonar meus estudos. Com atitude de irmão, levou-me a acompanhar sua rotina de trabalho, transmitiu seus conhecimentos sobre plantas, corrigiu meus erros com firmeza e nunca deixou de acreditar em mim.

A ambos, minha eterna gratidão, pois sem o apoio, os ensinamentos e a confiança deles, este Trabalho de Conclusão de Curso não seria possível.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, pela estrutura e pelo suporte oferecidos ao longo de toda a graduação. À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Giselle Anselmo, pela dedicação, paciência e orientações que tornaram possível a realização deste trabalho. Aos professores do curso de Tecnologia em Horticultura, pelos ensinamentos transmitidos e pela contribuição à minha formação profissional. Aos colegas de curso, pela parceria e companheirismo ao longo dessa jornada. À minha família, pelo incentivo constante e pelo apoio incondicional em todos os momentos. A todos que contribuíram para a concretização desta pesquisa, meu sincero agradecimento.

## RESUMO

O cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.-Hil.) é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro com elevado potencial econômico e alimentício, porém com germinação dificultada pela dormência dos diásporos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação de sementes de cajuzinho-do-cerrado com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai* sobre características morfológicas de plântulas em fase inicial de desenvolvimento. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram: testemunha (sem inoculação), inoculação com *Bacillus aryabhattai* e inoculação com *Bacillus subtilis*, todos na concentração de  $1 \times 10^9$  UFC/L. Aos 42 dias após a semeadura, foram avaliadas: altura de plantas (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas definitivas, comprimento de raiz (cm), massa verde da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g) e massa verde da raiz (g). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa SISVAR. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para todas as variáveis avaliadas. A testemunha apresentou os maiores valores para altura de plantas (6,88 cm), diâmetro do caule (3,10 mm), comprimento de raiz (13,33 cm), massa verde da parte aérea (2,17 g) e massa seca da parte aérea (0,50 g), superando estatisticamente os tratamentos inoculados. Conclui-se que, nas condições estudadas, a inoculação com as rizobactérias avaliadas não favoreceu o crescimento inicial das mudas de cajuzinho-do-cerrado, evidenciando a necessidade de estudos futuros para ajuste de doses, formas de aplicação e condições de cultivo.

**Palavras-chave:** 1.Bioinsumos. 2.Frutíferas do Cerrado. 3.Rizobactérias.

## ABSTRACT

The cerrado cashew (*Anacardium humile* A. St.-Hil.) is a native species of the Brazilian Cerrado with high economic and food potential; however, its germination is limited by diaspore dormancy. The objective of this study was to evaluate the effects of bioinoculation of cerrado cashew seeds with *Bacillus subtilis* and *Bacillus aryabhattai* on morphological characteristics of seedlings at the initial stage of development. The experiment was conducted at the Federal Institute Goiano – Cristalina Campus, using a completely randomized design (CRD) with three treatments and seven replications, totaling 21 experimental units. The treatments were: control (without inoculation), inoculation with *Bacillus aryabhattai*, and inoculation with *Bacillus subtilis*, all at a concentration of  $1 \times 10^9$  CFU/L. At 42 days after sowing, the following were evaluated: plant height (cm), stem diameter (mm), number of definitive leaves, root length (cm), fresh aerial biomass (g), dry aerial biomass (g), and root fresh biomass (g). Data were submitted to analysis of variance and means compared by Tukey's test at 5% probability using SISVAR software. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between treatments for all evaluated variables. The control presented the highest values for plant height (6.88 cm), stem diameter (3.10 mm), root length (13.33 cm), fresh aerial biomass (2.17 g), and dry aerial biomass (0.50 g), statistically outperforming the inoculated treatments. It is concluded that, under the studied conditions, bioinoculation with the evaluated rhizobacteria did not promote initial growth of cerrado cashew seedlings, highlighting the need for future studies to adjust doses, application methods, and growing conditions.

**Keywords:** 1.Bioinputs. 2. Cerrado fruit trees. 3.Rhizobacteria.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4. CONCLUSÃO.....	21
5. REFERÊNCIAS.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A planta da espécie *Anacardium humile* A. St.-Hil. comumente chamada de cajuzinho-do-cerrado, caju, cajuí e cajueiro-do-campo, pertence à família Anacardiaceae. É uma espécie com alto potencial de exploração comercial, podendo ser consumida de diversas maneiras, sendo mais comum o consumo do fruto *in natura*, em receitas culinárias, da castanha obtida a partir da semente ou ainda utilizada na indústria farmacêutica (Agostini-Costa, Faria, Naves & Vieira, 2018). Trata-se de um subarbusto que mede entre 30 e 150 cm de altura, com folhas coriáceas de aproximadamente  $9-27,5 \times 3,3-9,5$  cm, e que produz pseudofrutos aquênios, macios, carnudos e suculentos (AGOSTINI-COSTA, FARIA, NAVES & VIEIRA, 2018).

Segundo Lorenzi (1998), os diásporos de *Anacardium* apresentam baixa capacidade de germinação quando semeados diretamente devido à dormência, além de baixa taxa germinativa, sendo necessário submeter as sementes a tratamentos pré-germinativos para eliminar inibidores químicos presentes no epicarpo.

Produtos biológicos a base de *Bacillus* são utilizados via tratamento de sementes como promotores de crescimentos de plantas e protetores da semente devido a produção de compostos bioativos, fitormônios e enzimas que estimulam o crescimento radicular e conferem proteção contra fitopatógenos (MADIGAN; MARTINKO; BENDER, 2016). Nesse contexto, a inoculação com rizobactérias do gênero *Bacillus* emerge como estratégia promissora e sustentável para superar as limitações germinativas desta espécie (ARAÚJO, 2008; FERREIRA; NAVES, 2020). Espécies de *Bacillus* aplicadas em sementes promovem não apenas proteção contra patógenos, mas também estímulo fisiológico, resultando em maior germinação e desenvolvimento radicular” (PEÑA, 2021). A inoculação de sementes com rizobactérias do gênero *Bacillus* favorece a absorção de nutrientes e aumenta a tolerância das plantas a condições de estresse, refletindo em melhor desempenho germinativo” (ARAÚJO, 2008).

Em busca de uma agricultura sustentável espécies do gênero *Bacillus* são utilizadas como componentes de bioinsumos, podendo ser usados em diferentes contextos e culturas. Dentre eles destacam-se o *B. subtilis* e o *B. aryabhatai*. O *B. subtilis* é uma bactéria gram-positiva, em forma de bastonete, capaz de formar endósporos altamente resistentes. Essa característica lhe permite sobreviver em condições ambientais adversas, como calor, radiação e escassez de nutrientes. Trata-se de um microrganismo aeróbio facultativo, encontrado com frequência no solo e em ambientes aquáticos, além de poder colonizar o trato gastrointestinal humano de forma comensal. Por sua versatilidade, é considerado um organismo modelo em

microbiologia, sendo amplamente utilizado em pesquisas genéticas e fisiológicas. Além disso, possui aplicações industriais relevantes, como na produção de enzimas, antibióticos e probióticos, e também na agricultura, atuando como agente biocontrolador contra patógenos de plantas (MADIGAN; MARTINKO; BENDER, 2016). Rocha (2019) afirma que o tratamento de sementes com *B. subtilis* contribui para maior uniformidade na emergência e incremento no vigor inicial das plântulas, atuando como alternativa biológica aos defensivos químicos”. Segundo Araújo (2008) o tratamento de sementes com *B. subtilis* representa uma estratégia biológica capaz de proteger contra patógenos e estimular o desenvolvimento inicial das plantas” (ARAÚJO, 2008).

O *B. aryabhatai* é uma rizobactéria com potencial de uso agrícola, capaz de promover tolerância ao estresse hídrico e melhorar o desempenho das culturas em ambientes de baixa disponibilidade de água” (SHIVAJI et al., 2009; EMBRAPA, 2021). A aplicação de *Bacillus aryabhatai* em sementes e solos contribui para maior retenção de água nas raízes e melhor desempenho germinativo em condições adversas (SILVA; ROCHA; VIEIRA, 2022). O uso dessa rizobactéria representa uma estratégia sustentável para reduzir perdas agrícolas em ambientes de baixa disponibilidade hídrica” (FERREIRA; NAVES, 2020).

O cajuzinho-do-cerrado apresenta relevância socioeconômica para comunidades locais do Cerrado, sendo o desenvolvimento de tecnologias para melhoria da produção de mudas uma necessidade premente. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a inoculação de sementes de cajuzinho-do-cerrado com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhatai* e sua influência no crescimento inicial das mudas, buscando compreender os efeitos que esses microrganismos exercem sobre a espécie e, assim, contribuir para estratégias de manejo mais sustentáveis e eficazes na propagação dessa espécie.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, nas coordenadas 16°46'18.55"S, 47°37'7.00"O, no município de Cristalina, estado de Goiás, com clima Tropical de Altitude, no período de realização do experimento foram registradas temperaturas mínimas médias em torno de 19°C e máximas médias de 29°C.

Foram utilizados frutos de cajuzinho-do-cerrado adquiridas de produtores locais na feira municipal de Cristalina, coletadas em áreas nativas. Antes da semeadura, o pseudofruto carnoso foi eliminado dos diásporos, restando apenas o fruto seco contendo a semente. Estes frutos foram selecionados visualmente, eliminando-se aqueles com sinais de dano mecânico, deterioração ou ataque de pragas. Após este processo, visando reduzir possíveis contaminações por microrganismos presentes superficialmente, os frutos foram submetidos à desinfestação superficial utilizando solução contendo hipoclorito de sódio a 2% durante cinco minutos e enxaguadas repetidamente com água destilada para remoção máxima dos resíduos do hipoclorito. Após a desinfestação, os frutos foram submetidas aos tratamentos contendo os *Bacillus*.

As sementes foram selecionadas buscando escolher as que apresentavam o mesmo tamanho para manter uma uniformidade

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram:

T1 – Testemunha: frutos imersos em 40mL de água deionizada (4,63µS e 27,7°C) por 5 min (sem inoculação);

T2 – Inoculação com *Bacillus aryabhattai*: frutos imersos em 40mL de produto comercial biológico à base de *Bacillus aryabhattai* ( $1 \times 10^9$  UFC/L) por 5 minutos;

T3 – Inoculação com *Bacillus subtilis*: frutos imersos em 40mL de produto comercial biológico à base de *Bacillus subtilis* ( $1 \times 10^9$  UFC/L) por 5 minutos.

Os produtos utilizados foram fornecidos pela biofábrica do Centro de Excelência em Bioinsumos (CeBio) do IF Goiano- Campus Cristalina

Cada parcela experimental foi constituída de um tubete de 290 mL contendo substrato comercial para produção de mudas à base de fibra de coco (Plante Mais Adubos Bioférteis®) e 2 sementes.

Os recipientes foram mantidos em casa de vegetação durante todo o período experimental. A irrigação foi realizada manualmente conforme a necessidade, mantendo-se a

umidade do substrato adequada ao desenvolvimento das plântulas, evitando tanto o déficit hídrico quanto o excesso de água. As mudas permaneceram sob monitoramento constante. Após 42 dias de semeadura, as plantas foram colhidas sendo avaliadas: altura de plantas (cm), comprimento de raiz (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas definitivas, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e massa seca da parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para todas as variáveis avaliadas: altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DIAM), número de folhas definitivas (FOL), comprimento de raiz (CR), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa verde da raiz (MVR) (Tabela 1). Observou-se, contudo, elevada variabilidade experimental, com coeficientes de variação (CV) entre 47,85% (DIAM) e 79,18% (MSPA), magnitude esperada em estudos com espécies nativas do Cerrado, nas quais a germinação desuniforme e a acentuada variabilidade entre indivíduos (LORENZI, 1998) reduzem a precisão experimental.

Tabela 1- Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas definitivas, massa verde da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa verde de raiz de cajuzinho do cerrado inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai*

FV	GL	QM						
		ALT	DIAM	FOL	CR	MVPA	MSR	MVR
Tratamentos	2	33,37*	7,74*	28,58*	152,33*	4,86*	0,33*	2,49*
Erro	18	6,69	1,15	5,48	24,62	0,65	0,07	0,49
Total Corrigido	20							
CV (%)		50,90	47,85	49,41	51,58	53,15	79,18	59,79
Média geral		5,08cm	2,24cm	4,73	9,6cm	1,52g	0,35g	1,17g

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação.

Na comparação de médias (Tabela 2), a testemunha (sem inoculação) destacou-se com os maiores valores na maioria das variáveis, superando estatisticamente os tratamentos inoculados quanto à altura de plantas (6,88 cm), ao diâmetro do caule (3,10 mm), ao comprimento de raiz (13,33 cm), à massa verde da parte aérea (2,17 g) e à massa seca da parte aérea (0,50 g). Assim, diferentemente do que se esperava, a inoculação das sementes não promoveu o crescimento inicial das mudas de cajuzinho-do-cerrado, reduzindo, de modo geral, o desempenho das plântulas em relação ao controle.

Tabela 2- Médias para altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas definitivas, massa verde da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa verde de cajuzinho do cerrado inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhatai*.

Tratamento*	ALT	DIAM	FOL	CR	MVPA	MSPA	MVR
Sem inoculação	6,88 a	3,10 a	6,42 a	13,33 a	2,17 a	0,5 a	1,49 a
<i>Bacillus aryabhatai</i>	2,65 b	1,07 b	2,50 ab	4,39 b	0,58 b	0,10 b	0,49 b
<i>Bacillus subtilis</i>	2,56 b	0,71 b	5,28 ab	11,14 b	1,81 b	0,44 ab	1,55 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Entre os produtos biológicos, o *Bacillus aryabhatai* foi o que apresentou menor efeito no crescimento das mudas apresentando os menores valores em praticamente todas as variáveis analisadas (altura de 2,65 cm; diâmetro de 1,07 mm; comprimento de raiz de 4,39 cm; massa verde da parte aérea de 0,58 g; massa verde da raiz de 0,49 g). Já o *Bacillus subtilis* apresentou efeito intermediário: embora também tenha reduzido a altura (2,56 cm) e o diâmetro do caule (0,71 mm) em relação à testemunha, não diferiu dela quanto à massa verde da raiz (1,55 g), ao número de folhas definitivas (5,28) e à massa seca da parte aérea (0,44 g), revelando efeito depressivo menos acentuado, sobretudo sobre o sistema radicular.

Esses resultados contrastam com a literatura que descreve as rizobactérias do gênero *Bacillus* como promotoras do crescimento vegetal, atuando na produção de fitormônios, na solubilização de nutrientes e no estímulo ao desenvolvimento radicular (MADIGAN; MARTINKO; BENDER, 2016; FERREIRA; NAVES, 2020; MONNERAT et al., 2020). Cabe ressaltar, todavia, que a eficiência dos inoculantes depende fortemente da especificidade entre a estirpe bacteriana e a espécie vegetal hospedeira. As respostas positivas relatadas em culturas anuais como milho (*Zea mays*), soja (*Glycine max*), algodão (*Gossypium hirsutum*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) (ARAÚJO, 2008; ROCHA, 2019; PEÑA, 2021) não se reproduzem necessariamente em espécies lenhosas nativas como *Anacardium humile*, cujas exigências fisiológicas e cuja interação com a microbiota ainda são pouco conhecidas.

A resposta negativa também pode estar relacionada à concentração do inóculo empregada ( $1 \times 10^9$  UFC/L). Doses elevadas de microrganismos podem desencadear efeitos adversos na fase inicial de estabelecimento da plântula, como competição por oxigênio e nutrientes, desequilíbrios hormonais e até fitotoxicidade, sobrepondo-se aos potenciais benefícios da inoculação. Acrescente-se que o experimento foi conduzido em casa de vegetação sob irrigação regular, ou seja, em condições hídricas não limitantes (MEYER et al, 2022). Este último aspecto torna-se relevante para o *Bacillus aryabhatai*, uma vez que seu principal

mecanismo de ação descrito é o aumento da tolerância ao estresse hídrico (SHIVAJI et al., 2009; SILVA; ROCHA; VIEIRA, 2022; EMBRAPA, 2021). Em ambientes com boa disponibilidade de água, como o do presente estudo, a vantagem conferida por essa rizobactéria tende a não se expressar, o que ajuda a explicar por que esse foi o tratamento de desempenho inferior, na ausência do estresse abiótico que costuma justificar seu uso.

Os elevados coeficientes de variação reforçam a grande heterogeneidade entre as unidades experimentais, possivelmente associada à dormência e à germinação desuniforme dos diásporos de *Anacardium* (LORENZI, 1998), o que dificulta a detecção de efeitos sutis dos tratamentos e exige cautela na interpretação das médias. Ainda assim, o desempenho menos desfavorável do *Bacillus subtilis* — equivalente à testemunha quanto à biomassa radicular — sugere maior compatibilidade dessa espécie com o cajuzinho-do-cerrado nesta fase, indicando-a como candidata preferencial para novos ensaios.

O metabolismo secundário da espécie apresenta abundância de compostos fenólicos, taninos e antraquinonas (DA SILVA et al., 2026). Estudos do perfil fitoquímico da espécie revelaram a presença de ácidos anacárdicos — como o ácido ginkgólico — e do ácido p-cumárico, ambos reconhecidos pelo potencial aleloquímico e antimicrobiano (PEREIRA et al., 2019; MAIA et al., 2016)., metabólitos que não atuam apenas como barreiras contra patógenos — incluindo *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* — mas também podem comprometer processos vitais da própria semente, como a elasticidade celular e a respiração mitocondrial, gerando efeitos autotóxicos quando presentes em concentrações elevadas (CASTRO, 2020).

Durante a germinação, o metabolismo secundário não permanece inativo; pelo contrário, ele participa de forma ativa na regulação do processo. Como destacam Vieira e Carvalho (2023), “a germinação é caracterizada por uma série de atividades metabólicas que estavam latentes na semente madura”, incluindo rotas reguladas por fitohormônios e enzimas que podem ativar metabólitos secundários. Essa atuação explica por que compostos fenólicos e taninos podem ser detectados já nas fases iniciais de desenvolvimento. Além disso, estudos como o de Chaves Neto et al. (2020) demonstram que metabólitos secundários podem exercer efeito direto sobre a germinação, inibindo ou retardando o processo. Segundo os autores, “a presença de compostos secundários no ambiente da semente pode alterar significativamente sua capacidade germinativa”, reforçando a ideia de que o arsenal químico do cajuzinho-do-cerrado pode ter contribuído para a falha na produção de mudas quando associado à inoculação bacteriana.

Os resultados obtidos sugerem que espécies nativas do Cerrado, como *Anacardium humile*, podem responder à presença bacteriana ativando mecanismos de defesa em detrimento

do crescimento. Esse fenômeno pode ser explicado pela capacidade das plantas de reconhecerem padrões moleculares conservados em microrganismos, desencadeando a Resistência Sistêmica Induzida (ISR) — resposta que leva a uma reprogramação metabólica voltada prioritariamente à defesa e à sobrevivência (DA SILVA et al., 2026).

Tal reprogramação metabólica se manifesta pelo aumento na produção de fenólicos totais e pela ativação de enzimas de defesa, como peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônia-liase (PAL) (OLIVEIRA et al., 2025). O incremento dessas substâncias, somado à capacidade natural da espécie de liberar exsudatos com propriedades antimicrobianas, pode criar um ambiente de estresse oxidativo capaz de comprometer a divisão celular necessária para o desenvolvimento da radícula e do caulículo — explicando o crescimento significativamente inferior das plântulas inoculadas em relação ao controle (PEREIRA et al., 2019).

O insucesso na promoção do crescimento das mudas reforça a hipótese de que o metabolismo secundário da espécie pode atuar como um filtro biológico, ativando mecanismos inibitórios como estratégia de proteção contra estímulos microbianos externos (MAIA et al., 2016; CASTRO, 2020).

Tais resultados não invalidam o potencial dos bioinsumos para a espécie, mas evidenciam que sua aplicação requer ajustes, especialmente quanto à seleção de estirpes compatíveis, à concentração do inóculo e às condições de cultivo. Recomenda-se que estudos futuros avaliem diferentes doses e formas de aplicação, a resposta sob condições de estresse hídrico e períodos de avaliação mais longos, a fim de elucidar a real contribuição dessas rizobactérias para a produção de mudas dessa

#### 4. CONCLUSÃO

*Anacardium humile* demonstrou, nas condições avaliadas, baixa compatibilidade com as rizobactérias testadas. Tais resultados não invalidam o potencial dos bioinsumos para a espécie, mas indicam que sua utilização requer estudos adicionais, especialmente quanto à seleção de estirpes mais compatíveis com *A. humile*, ao ajuste da concentração do inóculo, às formas de aplicação e às condições de cultivo mais adequadas. Entre as rizobactérias avaliadas, o *Bacillus subtilis* apresentou menor efeito negativo sobre o crescimento, posicionando-se como candidato preferencial para investigações futuras com a espécie.

## **ANEXO**

### **DECLARAÇÃO DE USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Declaramos que durante a elaboração deste Trabalho de Curso foi utilizada a Inteligência Artificial (IA) como ferramenta de apoio à revisão textual. Os detalhes do uso seguem especificados abaixo:

- Ferramenta Utilizada: Claude Code
- Versão: Sonnet 5
- Data de utilização: 24/06/2026
- Finalidade de uso: A ferramenta foi utilizada para conferência ortográfica e da coerência das citações feitas neste trabalho

## 5. REFERÊNCIAS

AGOSTINI-COSTA, T. S.; FARIA, J. P.; NAVES, R. V.; VIEIRA, R. F. **Espécies nativas do Cerrado: potencial de uso e exploração sustentável**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2018.

AKRAM, W. et al. Comparative Effect of Seed Coating and Biopriming of *Bacillus aryabhattai* Z-48 on Seedling Growth, Growth Promotion, and Suppression of Fusarium Wilt Disease of Tomato Plants. **Microorganisms**, v. 12, n. 4, p. 792, 2024.

ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 456-463, 2008.

CASTRO, J. W. G. **Perfil químico e atividades biológicas das folhas de Asparagus setaceus (Kunth)**. 2020. 81 f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Recursos Naturais) – Universidade Regional do Cariri, Crato, 2020.

DA SILVA, C. F. et al. Chemical Profiling and Cosmetic Potential from *Anacardium humile* and *Anacardium occidentale*. **ACS Omega**, v. 11, n. 12, p. 19220-19232, 2026.

EMBRAPA. **Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas**. Brasília: Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 2021.

FERREIRA, A. L.; NAVES, R. V. Bioinsumos e sustentabilidade: o papel de rizobactérias na agricultura moderna. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 7, p. 1-10, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998. v. 2.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MAIA, C. N. et al. Antimicrobial activities and preliminary phytochemical tests of crude extracts of important ethnopharmacological plants from Brazilian Cerrado. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 10, n. 35, p. 612-620, 2016.

MARTINS NETO, J. G. et al. Utilização de bioestimulantes e microrganismos na mitigação do déficit hídrico em cultivo de feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 29, p. 368-381, 2024.

MEYER, M.C.; BUENO, A.de; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C.da. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília: DF: Embrapa, 2022.

MONNERAT, R. G. et al. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura.** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46 p. (Documentos, 369).

OLIVEIRA, E. A. et al. Potencial antimicrobiano de extratos foliares de *Anacardium humile* contra patógenos alimentares. **In: XXIX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 2025, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.]: INIC, 2025.

PEÑA, S. L. Tratamento de sementes com *Bacillus subtilis* BIOUFLA2 em genótipos de milho em relação à colonização de raízes e infecção por *Fusarium verticillioides*. 2021. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

PEREIRA, K. C. L. et al. Chemical profile and allelopathic potential of *Anacardium humile* St. Hill. (Cajuzinho-do-cerrado) leaf aqueous extract in the seed germination and seedling growth of lettuce, tomato and sicklepod. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 6, p. 1932-1940, 2019.

ROCHA, E. N. **Inoculação de *Bacillus subtilis* e tratamento químico em sementes de feijão caupi e feijão comum.** 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2019.

SHIVAJI, S. et al. *Janibacter hoylei* sp. nov., *Bacillus isronensis* sp. nov. and *Bacillus aryabhatai* sp. nov., isolated from cryotubes used for collecting air from the upper atmosphere. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 59, p. 2977-2986, 2009.

SILVA, J. P.; ROCHA, E. N.; VIEIRA, R. F. Potencial de rizobactérias na tolerância ao estresse hídrico em culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Microbiologia Aplicada**, v. 54, n. 3, p. 215-223, 2022.