

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA - PPGOL

VANDA MARIA FERREIRA RUTKE

Orientador:
Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Morrinhos/GO

Maio – 2026

VANDA MARIA FERREIRA RUTKE

**USO DE RIZOBACTÉRIAS PARA O CONTROLE DA PODRIDÃO MOLE E
CANELA-PRETA EM BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano, como exigência para obtenção do título de Mestra em Olericultura.

Área de concentração: Manejo Fitossanitário em Olerícolas

Orientador:

Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Morrinhos, GO—Brasil 2026

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)	☐ Artigo científico
☒ Dissertação (mestrado)	☐ Capítulo de livro
☐ Monografia (especialização)	☐ Livro
☐ TCC (graduação)	☐ Trabalho apresentado em evento
☐ Produto técnico e educacional - Tipo:	
Nome completo do autor:	Matrícula:
VANDA MARIA FERREIRA RUTKE	2024104330440013
Título do trabalho:	
Uso de Rizobactérias para o controle da Podridão Mole e Canela-Preta em Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

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

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
 VANDA MARIA FERREIRA RUTKE
Data: 02/09/2026 14:33:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

/ /
Local Data

Ciente e de acordo:

Assin  NADSON DE CARVALHO PONTES
Data: 02/09/2026 14:27:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

s autorais

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 8/2026 - GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

USO DE RIZOBACTÉRIAS PARA O CONTROLE DA PODRIDÃO MOLE E CANELA PRETA EM
BATATA

Autora: Vanda Maria Ferreira Rutke

Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração em Manejo Fitossanitário
em Olerícolas.

APROVADA em 29 de maio de 2026

Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Morrinhos

Profa. Dra. Tenille Ribeiro de Souza

Avaliador Externo

IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho

Avaliador Externo

IF Goiano – Campus Morrinhos

Documento assinado eletronicamente por:

- **Nadson de Carvalho Pontes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 29/05/2026 18:01:25.
- **Tenille Ribeiro de Souza, 2023104341340001 - Discente**, em 29/05/2026 18:02:37.
- **Erasmo Ribeiro da Paz Filho, 2024104341340001 - Discente**, em 29/05/2026 18:02:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/05/2026. 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: 822660

Código de Autenticação: 278eafe6a5



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

R972u Rutke, Vanda Maria Ferreira.

Uso de rizobactérias para o controle da podridão mole e canela-preta em batata (*Solanum tuberosum* L.). / Vanda Maria Ferreira Rutke. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2026.
39 f. : il. color.

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2026.

1. Doenças e pragas - Controle biológico. 2. Tubérculos. 3. Fitobactérias;
I. Pontes, Nadson de Carvalho. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 633.491

Aos que acreditaram em mim, me apoiaram nos dias difíceis e celebraram cada conquista ao meu lado. Esta caminhada só foi possível porque nunca estive sozinha.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas oportunidades concedidas, pela saúde, força e sabedoria que me sustentaram ao longo desta caminhada, permitindo a conclusão demais esta importante etapa da minha vida.

Aos meus pais, pelo amor, apoio incondicional, incentivo e por sempre acreditarem em mim. Pela educação, pelos ensinamentos e por nunca medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos, minha eterna gratidão.

Ao meu irmão, Eduardo, pelo apoio constante e incentivo nos momentos delicados durante essa trajetória, contribuindo para que este momento se tornasse possível.

Aos meus colegas, ao meu orientador Dr.Nadson de Carvalho Pontes e amigos Juliana, Erasmo e Tenille, pelo companheirismo, apoio e auxílio ao longo deste processo, tornando esta caminhada mais leve e significativa.

Ao Dr. Alan Carlos, pelo incentivo em seguir nesta área, pelo apoio e por toda a contribuição e ajuda durante este processo, fundamentais para meu crescimento pessoal e profissional.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta etapa, meu sincero agradecimento.

“Tudo parece impossível até que seja feito.”

Nelson Mandela

SUMÁRIO

USO DE RIZOBACTÉRIAS DE ÁREAS DO CERRADO PARA CONTROLE DA PODRIDÃO MOLE E CANELA-PRETA EM BATATA(<i>Solanum tuberosum</i> L.)	10
Resumo	10
Abstract	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 A Cultura da batata	15
2.2 Podridão Mole e Canela Preta na cultura da batata	16
2.3 Controle biológicos	18
2.3.1 Produto comercial Certano	20
2.4 Rizobactérias Promotoras de Crescimento Vegetal(PGPR)	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Local do Experimento	23
3.2 Tratamentos	26
3.3 Aplicação dos Tratamentos	26
3.4 Avaliação da Severidade da doença	27
3.5 Análise Estatística	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1 Severidade de Canela Preta	29
4.2 Severidade de Podridão Mole	31
4.3 Componentes de Produção	33
4.3.1 Número de Hastes	33
4.3.2 Produtividade	35
5 CONCLUSÃO	37
6 REFERÊNCIAS	38
Apêndices	42

USO DE RIZOBACTÉRIAS PARA O CONTROLE DA PODRIDÃO MOLE E CANELA-PRETA EM BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

Resumo

A batata (*Solanum tuberosum* L.) destaca-se entre as principais culturas alimentares do mundo, devido à sua importância econômica e nutricional. Entretanto, sua produtividade e qualidade comercial podem ser comprometidas por doenças bacterianas, especialmente a podridão mole e a canela-preta, causadas por bactérias dos gêneros *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp. Nesse contexto, o uso de rizobactérias representa uma alternativa promissora para o manejo biológico dessas enfermidades. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de rizobactérias provenientes de áreas do Cerrado no controle da podridão mole e da canela-preta em batata. O experimento foi conduzido a campo, sob irrigação por pivô central, na Fazenda Wehrmann, em Cristalina-GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em: testemunha sem aplicação, aplicação dos isolados bacterianos LFB1, LFB7 e LFB11, e aplicação de produto comercial Certano. As bactérias utilizadas pertencem à coleção de culturas do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia Agrícola do Instituto Federal Goiano e foram previamente avaliadas *in vitro* contra *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp. As suspensões bacterianas foram padronizadas na concentração de 10^8 UFC mL⁻¹ e aplicadas por pulverização sobre os tubérculos-semente no momento do plantio. Foram avaliadas a severidade de canela-preta, incidência de podridão mole, número de hastes por planta, classificação comercial e produtividade dos tubérculos. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para as variáveis avaliadas. No entanto, observaram-se variações numéricas relevantes: o tratamento com LFB1 apresentou menor severidade de canela-preta e menor incidência de podridão mole, enquanto o tratamento com LFB11 apresentou maior número de hastes e maior produtividade média de tubérculos. Conclui-se que, embora os tratamentos não tenham diferido estatisticamente, os isolados bacterianos avaliados apresentam potencial promissor para estudos complementares voltados ao manejo biológico de doenças bacterianas e à promoção do crescimento na cultura da batata.

Palavras-chaves: Controle biológico; fitobactérias; manejo fitossanitário; tubérculos; sustentabilidade agrícola.

Abstract

Potato (*Solanum tuberosum* L.) stands out among the world's major food crops due to its economic and nutritional importance. However, its productivity and commercial quality may be compromised by bacterial diseases, especially soft rot and blackleg, caused by bacteria of the genera *Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp. In this context, the use of rhizobacteria represents a promising alternative for the biological management of these diseases. This study aimed to evaluate the effectiveness of rhobacteria isolated from Cerrado areas in the control of soft rot and blackleg in potato crops. The experiment was conducted under field conditions, using central pivot irrigation, at Wehrmann Farm, located in Cristalina, Goiás, Brazil. The experimental design consisted of randomized blocks with five treatments and six replications, totaling 30 experimental plots. The treatments consisted of: untreated control, application of bacterial isolates LFB1, LFB7 E LFB11, and application of the commercial product Certano. The bacteria used belong to the culture collection of the Laboratory of Phytopathology and Agricultural Microbiology of the Federal Goiano Institute and were previously evaluated *in vitro* against *Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp. Bacterial suspensions were standardized at a concentration of 10^8 CFU mL⁻¹ and applied by spraying onto seed tubers at planting. Blackleg severity, soft rot incidence, number of stems per plant, commercial classification, and tuber yield were evaluated. Data were subjected to analysis of variance, and treatment means were compared using Tukey's test at 5% probability. No statistically significant differences were observed among treatments for the evaluated variables. However, relevant numerical variations were observed: treatment with LFB 1 showed lower blackleg severity and lower soft rot incidence, whereas treatment with LFB11 presented a higher number of stems and greater average tuber yield. It was concluded that, although the treatments did not differ statistically, the evaluated bacterial isolates showed promising potential for further studies focused on the biological management of bacterial diseases and growth promotion in potato crop

Keywords: biological control; phytoacteria; phytosanitary management; tubers; agricultural sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) destaca-se entre as principais culturas agrícolas do mundo, sendo considerada uma das mais importantes fontes alimentares para consumo humano devido ao elevado valor nutricional e à ampla adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. Os tubérculos apresentam elevados teores de carboidratos, vitaminas do complexo B, vitamina C, fibras e minerais, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar mundial (ZAHEER; AKHTAR, 2016; FAOSTAT, 2025). Além disso, a cultura possui elevada relevância econômica, estando entre as hortaliças mais produzidas globalmente, com produção superior a 370 milhões de toneladas anuais (FAOSTAT, 2025).

No Brasil, a cultura da batata apresenta expressiva importância socioeconômica, sendo cultivada principalmente nas regiões Sudeste e Sul do país. Minas Gerais destaca-se como o principal estado produtor nacional, concentrando grande parte da produção brasileira. Segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER-MG, 2024), o estado cultivou aproximadamente 38,8 mil hectares em 2023, alcançando produção estimada de cerca de 1,4 milhão de toneladas. O aumento da produtividade nacional nas últimas décadas está diretamente associado à adoção de cultivares melhoradas, irrigação, mecanização e manejo fitossanitário mais eficiente (PEREIRA, 2021).

Apesar da elevada importância econômica da cultura da batata, diversos fatores limitam seu potencial produtivo, destacando-se as doenças bacterianas que afetam tanto o desenvolvimento das plantas quanto a qualidade comercial dos tubérculos. Entre as principais enfermidades encontram-se a podridão-mole e a canela-preta, doenças amplamente associadas a bactérias pectinolíticas dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*, pertencentes à família *Pectobacteriaceae* (CHARKOWSKI, 2018; CZAJKOWSKI et al., 2015). Esses fitopatógenos apresentam elevada agressividade devido à capacidade de produzir enzimas extracelulares, como pectinases, celulasas e proteases, responsáveis pela degradação da parede celular vegetal e consequente destruição dos tecidos infectados. Como resultado, ocorre redução significativa da qualidade pós-colheita, perdas durante o armazenamento e diminuição do rendimento comercial dos tubérculos. Além disso, a disseminação dessas bactérias é favorecida por condições de alta umidade e temperatura, tornando o manejo dessas doenças um dos principais desafios fitossanitários da cadeia produtiva da batata (PEROMBELON; KELMAN, 1980; CHARKOWSKI, 2018).

As perdas ocasionadas por essas doenças podem ocorrer tanto no campo quanto durante o armazenamento, transporte e comercialização dos tubérculos, gerando impactos econômicos

expressivos para a cadeia produtiva da batata. Além da redução da produtividade, a presença dessas bactérias pode inviabilizar lotes destinados à produção de batata-semente, elevando custos relacionados à certificação fitossanitária e ao descarte de material contaminado (PEROMBELON; KELMAN, 1980; CZAJKOWSKI et al., 2011). Estudos recentes demonstram que espécies de *Dickeya* spp. apresentam elevada agressividade e podem ser disseminadas principalmente por tubérculos-semente infectados, enquanto diversas espécies de *Pectobacterium* spp. possuem capacidade de sobrevivência no solo e em restos culturais, favorecendo a disseminação e permanência do inóculo nas áreas de cultivo (CHARKOWSKI, 2018).

Diante das limitações associadas ao controle químico dessas doenças bacterianas, estratégias alternativas e sustentáveis de manejo vêm ganhando destaque nos sistemas agrícolas modernos. Nesse contexto, o uso de rizobactérias promotoras de crescimento vegetal e agentes de biocontrole apresenta elevado potencial para o manejo fitossanitário da cultura da batata. As rizobactérias são microrganismos associados à rizosfera capazes de promover benefícios às plantas por diferentes mecanismos, incluindo competição por nutrientes e nichos ecológicos, produção de metabólitos antimicrobianos, antibiose, parasitismo e indução de resistência sistêmica (BAKKER et al., 2007; OLANREWAJU et al., 2017).

Além da ação no controle biológico de fitopatógenos, muitas rizobactérias também atuam na promoção do crescimento vegetal, favorecendo a absorção de nutrientes, produção de fitohormônios e aumento da tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (BACKER et al., 2018). Estudos conduzidos em diferentes culturas agrícolas demonstram resultados promissores no uso de microrganismos antagonistas para o manejo de doenças causadas por bactérias fitopatogênicas, reduzindo a dependência de defensivos químicos e contribuindo para sistemas agrícolas mais sustentáveis (BERG et al., 2021).

O bioma Cerrado apresenta elevada biodiversidade microbiana e constitui ambiente promissor para a prospecção de microrganismos com potencial de aplicação agrícola. As características edafoclimáticas específicas desse bioma favorecem a seleção natural de microrganismos adaptados a condições ambientais adversas, aumentando o potencial de obtenção de cepas eficientes para uso em programas de biocontrole e promoção de crescimento vegetal (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2013). Dessa forma, a prospecção e seleção de rizobactérias oriundas do Cerrado podem representar alternativa viável para o manejo integrado de doenças bacterianas da batata, especialmente em sistemas de produção que buscam maior sustentabilidade ambiental e redução do uso de agroquímicos.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de cepas de rizobactérias previamente isoladas e selecionadas quanto ao potencial de antagonismo direto e controle biológico das doenças podridão-mole e canela-preta na cultura da batata. Além disso, buscou-se avaliar microrganismos pertencentes à coleção do Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano, visando identificar cepas com maior potencial antagonista frente a bactérias pectinolíticas associadas à cultura e selecionar os isolados mais promissores para aplicação em condições de campo.

A hipótese central deste trabalho fundamenta-se na possibilidade de que rizobactérias isoladas do bioma Cerrado apresentem elevada capacidade de antagonismo contra espécies de *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp., contribuindo para a redução da severidade das doenças bacterianas da batata. A utilização desses microrganismos, associada às práticas preventivas já consolidadas no manejo fitossanitário, pode favorecer o aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos tubérculos e redução das perdas econômicas na cultura.

A relevância desta pesquisa está relacionada à crescente demanda por tecnologias sustentáveis voltadas ao manejo fitossanitário agrícola, especialmente diante da necessidade de redução da dependência de produtos químicos e dos impactos ambientais associados à agricultura intensiva. Além disso, os resultados obtidos poderão contribuir para o fortalecimento de estratégias de manejo biológico na cultura da batata e em outras culturas suscetíveis a bactérias pectinolíticas, como tomate, cebola e cenoura, ampliando o conhecimento científico acerca do potencial biotecnológico de microrganismos nativos do Cerrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura da batata

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), pertencente à família *Solanaceae*, tem origem na América do Sul, especialmente nas regiões andinas atualmente correspondentes ao Peru e à Bolívia, onde há evidências de domesticação entre 7.000 e 10.000 anos atrás (HAWKES, 1990; ZAHEER; AKHTAR, 2016). Segundo Vilches (2017), a planta apresenta caule primário originado do tubérculo-semente, a partir do qual se desenvolvem os caules secundários. As folhas são alternas, compostas e arredondadas. As flores possuem estrutura hermafrodita e os frutos, do tipo baga, geralmente apresentam coloração esverdeada e diâmetro variando entre 2 e 3 cm.

Atualmente, a batata é considerada a terceira cultura alimentar mais consumida no mundo, ficando atrás apenas do arroz e do trigo. Destaca-se também como uma das hortaliças de maior importância nutricional, devido aos elevados teores de carboidratos, proteínas, fibras, vitaminas e minerais, constituindo alimento básico em diversas regiões do mundo (USDA, 2020).

No Brasil, o cultivo da batata é dividido em três safras distintas. A primeira, denominada safra das águas, ocorre entre os meses de dezembro e março. A segunda, conhecida como safra da seca, é cultivada entre abril e agosto. Já a terceira, denominada safra de inverno, ocorre entre setembro e novembro (VALADARES; LANDAU, 2020).

Embora existam diversas variedades cultivadas no país, a cultivar ‘Ágata’ destaca-se como uma das mais amplamente utilizadas no Brasil devido à sua elevada aceitação comercial e adaptação às condições de cultivo nacionais. Originária da Holanda, essa cultivar passou a ser amplamente difundida no país a partir do final da década de 1990. A cultivar ‘Ágata’ caracteriza-se pela baixa emissão floral, hastes finas de coloração verde e porte reduzido, atingindo aproximadamente 60 cm de altura. Além disso, apresenta ciclo precoce, com colheita entre 90 e 110 dias após o plantio, destacando-se pelo elevado potencial produtivo, podendo alcançar produtividades superiores a 50 toneladas por hectare em condições adequadas de manejo (PEREIRA; DANIELS, 2003; FILGUEIRA, 2013).

A cultura da batata apresenta melhor desempenho agrônômico em regiões de clima ameno, com temperaturas ideais variando entre 18 °C e 22 °C. Temperaturas elevadas podem reduzir significativamente a produtividade e a qualidade dos tubérculos, afetando principalmente o acúmulo de matéria seca e o desenvolvimento do sistema radicular, fundamental para a absorção eficiente de água e nutrientes. Além disso, o cultivo da batata requer condições edafoclimáticas adequadas, sendo recomendados solos férteis, profundos,

bem drenados e aerados, preferencialmente em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado, visando minimizar processos erosivos e favorecer o crescimento uniforme dos tubérculos (FILGUEIRA, 2013; PEREIRA; DANIELS, 2003).

2.2 Podridão Mole e Canela Preta na cultura da batata

A propagação da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) ocorre predominantemente por meio de tubérculos-semente, prática que, embora eficiente do ponto de vista agrônomo, favorece a disseminação de patógenos. Entre os principais desafios fitossanitários enfrentados na produção dessa hortaliça destacam-se doenças fúngicas e bacterianas que comprometem a produtividade e a qualidade comercial dos tubérculos. Dentre elas, podem ser citadas a pinta preta, causada por *Alternaria* spp. e a requeima, provocada por *Phytophthora infestans*. Entretanto, a podridão mole e a canela-preta figuram entre as doenças bacterianas de maior importância econômica, estando associadas principalmente a bactérias dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya* (CHARKOWSKI, 2018).

As doenças conhecidas como canela-preta e podridão mole apresentam elevada agressividade e ocorrem em praticamente todas as regiões produtoras de batata do mundo (CHARKOWSKI, 2018). Os agentes causais pertencem aos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*, anteriormente classificados no gênero *Erwinia*. Com o avanço das análises filogenéticas e moleculares, ocorreu a reclassificação taxonômica dessas bactérias pectinolíticas, resultando na redistribuição das espécies para os gêneros atualmente reconhecidos (ADEOLU et al., 2016).

A canela-preta pode ser causada tanto por espécies de *Pectobacterium* quanto de *Dickeya*, sendo ambas responsáveis por sintomas semelhantes na cultura da batata. No entanto, estudos demonstram diferenças quanto à agressividade, adaptação ambiental e epidemiologia desses patógenos. Espécies de *Dickeya* spp. geralmente apresentam maior agressividade em condições de temperaturas elevadas, enquanto espécies de *Pectobacterium* spp. são frequentemente associadas a condições climáticas mais amenas (CHARKOWSKI, 2018). A diferenciação entre esses gêneros não pode ser realizada apenas com base nos sintomas visuais da doença, uma vez que ambos provocam escurecimento da base do caule, murcha, apodrecimento dos tecidos e colapso das plantas.

Dessa forma, a identificação precisa do agente causal depende de análises laboratoriais, incluindo isolamento microbiológico, testes bioquímicos, sorológicos e ferramentas moleculares, como PCR e sequenciamento genético (ADEOLU et al., 2016; CZAJKOWSKI et al., 2015).

A podridão mole e a canela-preta promovem severa degradação dos tecidos vegetais, resultando em sintomas como murcha, colapso das áreas afetadas e, em casos mais avançados,

morte das plantas infectadas (ADEOLU et al., 2016). Para Charkowski (2018), essas bactérias produzem enzimas pectinolíticas responsáveis pela degradação da pectina e da parede celular primária das plantas, ocasionando maceração dos tecidos e perda de vigor das plantas. A severidade das doenças está diretamente relacionada a fatores ambientais, principalmente temperatura e umidade, que influenciam o desenvolvimento e a virulência dos patógenos.

De acordo com Charkowski (2018), a podridão mole resulta da colonização bacteriana e subsequente destruição dos tecidos vegetais. Já a canela-preta origina-se da infecção inicial nos tubérculos, seguida da ascensão bacteriana pelo caule, causando necrose vascular e escurecimento da base caular. Esse complexo de doenças bacterianas tem sido frequentemente relatado em lavouras comerciais, acarretando perdas expressivas e contribuindo significativamente para a redução da produtividade da cultura (CUNHA, 2023).

Além da batata, essas bactérias também afetam outras culturas economicamente importantes. Em cultivos de pepino, por exemplo, surtos de podridão mole registrados entre 2014 e 2015 em cinco províncias chinesas resultaram em perdas entre 20% e 30% da produção (MENG et al., 2017). A diversidade de espécies bacterianas associadas à podridão mole e à canela-preta varia conforme a localização geográfica e as condições ambientais, tornando o manejo dessas doenças ainda mais complexo (VERONINA et al., 2019).

As bactérias do gênero *Pectobacterium* são consideradas altamente agressivas, figurando entre os fitopatógenos mais importantes que afetam culturas hortícolas (SILVA et al., 2020). Além de causarem danos severos em diferentes hortaliças, essas bactérias apresentam ampla gama de hospedeiros, incluindo dicotiledôneas, como a soja (*Glycine max*), e monocotiledôneas, como cebola (*Allium cepa*) e banana (*Musa* spp.). Segundo Gokul et al. (2019), pelo menos 19 espécies vegetais pertencentes a 10 famílias botânicas distintas são suscetíveis a esses patógenos. Dentro desse contexto, espécies da família *Solanaceae* destacam-se como os principais hospedeiros de *Pectobacterium* spp., incluindo tomate (*Solanum lycopersicum*), berinjela (*Solanum melongena*), batata (*Solanum tuberosum* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum*) e pimenta (*Capsicum annuum*).

Segundo Hameed et al. (2024) as bactérias da família *Pectobacteriaceae* podem ser disseminadas por diferentes meios no ambiente agrícola. A transmissão por tubérculos-semente assintomáticos contaminados representa uma importante via de disseminação, dificultando o diagnóstico precoce da doença. Além disso, insetos podem atuar como vetores mecânicos, transportando fragmentos contaminados para áreas previamente livres da doença. Essas bactérias apresentam elevada capacidade de sobrevivência, permanecendo viáveis na água, em equipamentos agrícolas, no solo e em hospedeiros alternativos, como plantas

daninhas e plantas voluntárias, que atuam como reservatórios de inóculo.

Assim como ocorre com a maioria das bacterioses de importância agrícola, o controle das doenças causadas por *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp. é extremamente complexo. Existem poucos produtos químicos registrados para o manejo dessas doenças na cultura da batata e, devido à ampla distribuição dos patógenos nas regiões produtoras, o risco de reinfecção permanece constante. Dessa forma, o ciclo da doença tende a reiniciar sempre que houver condições ambientais favoráveis e presença de hospedeiros suscetíveis (HAMEED et al., 2024).

A aplicação de bactericidas curativos ou antibióticos apresenta baixa eficiência no controle dessas doenças, principalmente quando a infecção já está estabelecida na planta, tornando sua erradicação praticamente inviável. Assim, medidas preventivas tornam-se fundamentais para o manejo fitossanitário da cultura. Entre as principais estratégias destacam-se a rotação de culturas, visando interromper o ciclo do patógeno, e o uso de batata-semente certificada proveniente de viveiros confiáveis, reduzindo o risco de introdução inicial da bactéria em novas áreas de cultivo. Além disso, o controle biológico tem se consolidado como alternativa promissora para o manejo sustentável dessas doenças, contribuindo para a redução da dependência de defensivos químicos e para o equilíbrio microbiológico do solo.

2.3 Controle Biológico

O controle biológico tem se destacado como uma alternativa viável e, em alguns casos, complementar ou substitutiva ao uso de compostos químicos no manejo de pragas e doenças agrícolas. Essa prática é amplamente incentivada devido à redução do uso de agroquímicos potencialmente poluentes, à menor pressão de seleção para resistência de patógenos e ao menor impacto ambiental quando comparada ao controle químico convencional (LIBERA et al., 2022). Além disso, o controle biológico contribui para a sustentabilidade dos sistemas produtivos e para a manutenção do equilíbrio microbiológico do solo.

Nesse contexto, o controle biológico da podridão mole e da canela-preta representa uma estratégia promissora para o manejo sustentável dessas doenças na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). Essa abordagem baseia-se na utilização de organismos vivos, especialmente microrganismos antagonistas, capazes de inibir o crescimento e a colonização de fitopatógenos por meio de diferentes mecanismos, como antibiose, competição por nutrientes e espaço, produção de metabólitos antimicrobianos, parasitismo e indução de resistência sistêmica nas plantas (JANISIEWICZ; KORSTEN, 2002).

De acordo Charkowski (2018), as bactérias dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*, responsáveis pela podridão mole e canela-preta, apresentam elevada capacidade de

sobrevivência e disseminação no ambiente agrícola, dificultando seu controle por métodos convencionais. Dessa forma, o emprego de agentes biológicos tem sido amplamente estudado como alternativa sustentável para redução da severidade dessas doenças. Estudos demonstram que microrganismos antagonistas, principalmente espécies pertencentes aos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Streptomyces*, apresentam elevado potencial de supressão contra bactérias pectinolíticas associadas à cultura da batata (CZAJKOWSKI et al., 2011).

Segundo Khayi et al. (2015), isolados de *Pseudomonas fluorescens* apresentaram capacidade significativa de inibição do crescimento de *Pectobacterium atrosepticum* em testes in vitro, reduzindo significativamente os sintomas de podridão mole em tubérculos de batata armazenados. Da mesma forma, estudos conduzidos por Gracia-Garza et al. (2002) demonstraram que espécies de *Bacillus subtilis* promoveram redução da incidência de podridão mole em tubérculos inoculados artificialmente com *Pectobacterium carotovorum*, evidenciando o potencial desses microrganismos como agentes de biocontrole.

Além do uso direto de microrganismos antagonistas, práticas culturais também exercem papel fundamental no controle biológico dessas doenças. A rotação de culturas, por exemplo, contribui para a redução da população de patógenos no solo ao interromper seu ciclo de vida e favorecer o aumento da diversidade microbiana edáfica, criando ambiente menos favorável ao desenvolvimento de organismos fitopatogênicos (CHARKOWSKI, 2018). A ausência temporária da planta hospedeira reduz significativamente a sobrevivência das bactérias no solo, diminuindo a pressão de inóculo nas áreas de cultivo.

A aplicação de agentes biológicos pode ocorrer em diferentes fases do ciclo da cultura, incluindo tratamento de tubérculos-semente, aplicação no sulco de plantio e pulverizações durante o desenvolvimento vegetativo. O tratamento preventivo dos tubérculos com microrganismos antagonistas apresenta elevada importância, uma vez que reduz a infecção inicial e favorece o estabelecimento de comunidades microbianas benéficas na rizosfera (SPADARO; GULLINO, 2005). Além disso, diversos estudos relatam que rizobactérias promotoras de crescimento vegetal podem aumentar a resistência das plantas ao estresse biótico, promovendo maior vigor vegetativo e tolerância às infecções bacterianas (BACKER et al., 2018).

Os mecanismos envolvidos no controle biológico incluem interações ecológicas complexas entre antagonistas e patógenos. A competição por nutrientes e espaço pode limitar o estabelecimento dos fitopatógenos na superfície radicular e nos tecidos vegetais. Já a antibiose ocorre pela produção de compostos antimicrobianos capazes de inibir diretamente o

crescimento bacteriano. O parasitismo, por sua vez, envolve a exploração direta do patógeno pelo antagonista, enquanto a indução de resistência sistêmica ativa mecanismos de defesa da planta hospedeira contra futuras infecções (BETTIOL, 2001).

Nesse sentido, o controle biológico apresenta elevado potencial para compor programas integrados de manejo fitossanitário na cultura da batata, reduzindo os impactos ambientais associados ao uso excessivo de defensivos químicos e contribuindo para sistemas agrícolas mais sustentáveis. Além disso, a prospecção de microrganismos nativos do Cerrado pode representar importante alternativa para obtenção de cepas adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras, favorecendo o desenvolvimento de tecnologias biológicas aplicadas ao manejo de doenças bacterianas da cultura.

2.3.1 Produto Comercial Certano

O produto comercial Certano foi utilizado como tratamento padrão para comparação com os isolados bacterianos avaliados neste estudo. Trata-se de um bactericida empregado no manejo de doenças bacterianas em diversas culturas agrícolas, atuando na redução da população de fitopatógenos e contribuindo para a diminuição da incidência e severidade de doenças. A utilização de produtos comerciais como padrão de comparação é importante para avaliar a eficiência de métodos alternativos, como o controle biológico por rizobactérias.

Segundo Charkowski (2018) e Hameed et al. (2024), embora o controle químico apresente resultados satisfatórios em determinadas situações, sua eficiência pode ser limitada devido à dificuldade de erradicação de bactérias já estabelecidas nos tecidos vegetais. Dessa forma, o uso integrado de produtos comerciais e agentes biológicos representa uma estratégia promissora para o manejo sustentável de doenças bacterianas na cultura da batata.

2.4 Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR)

O termo rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR, do inglês *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) foi introduzido por Joseph W. Kloepper e colaboradores em 1978, inicialmente associado ao uso de estirpes específicas de *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas putida* (KLOEPPER; SCHROTH, 1978). A partir dos resultados promissores obtidos com essas bactérias, os estudos envolvendo PGPR expandiram-se para diversas espécies vegetais, promovendo avanços significativos tanto na promoção do crescimento vegetal quanto no controle biológico de fitopatógenos.

Vale ressaltar que as rizobactérias constituem um grupo diversificado de microrganismos associados à rizosfera das plantas. Entretanto, nem todas apresentam capacidade de promover crescimento vegetal. Apenas aquelas que possuem mecanismos

específicos, como produção de fitormônios, solubilização de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio ou indução de resistência sistêmica, são classificadas como Rizobactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (RPCVs ou PGPRs). Dessa forma, a simples colonização da rizosfera não implica necessariamente em benefícios agrônômicos à planta hospedeira.

Segundo Backer et al. (2018), as respostas promovidas por rizobactérias dependem das características do isolado microbiano, da espécie vegetal e das condições ambientais. Glick (2020) destaca que apenas determinados grupos bacterianos possuem mecanismos fisiológicos capazes de promover crescimento vegetal ou contribuir para a supressão de fitopatógenos.

É importante destacar que nem todas as rizobactérias podem ser classificadas como promotoras de crescimento vegetal (PGPR). O termo PGPR é reservado aos microrganismos que, além de colonizarem eficientemente a rizosfera, promovem benefícios diretos ou indiretos ao desenvolvimento das plantas por mecanismos como fixação biológica de nitrogênio, produção de fitormônios, solubilização de fosfatos ou indução de resistência sistêmica. Diversas rizobactérias podem atuar exclusivamente como agentes de biocontrole, apresentando ação antagonista contra fitopatógenos sem necessariamente promover crescimento vegetal. Portanto, a atividade de biocontrole não implica obrigatoriamente que a bactéria seja considerada uma PGPR (BHATTACHARYYA; JHA, 2012; BACKER et al., 2018).

As PGPR podem ser classificadas em dois grupos principais: intracelulares e extracelulares. As rizobactérias intracelulares colonizam o interior das células radiculares, destacando-se os gêneros *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*, conhecidos pela capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio em associação simbiótica com leguminosas (BHATTACHARYYA; JHA, 2012). Por outro lado, as rizobactérias extracelulares colonizam a rizosfera, região do solo diretamente influenciada pelas raízes, incluindo bactérias endofíticas e de vida livre, como *Azospirillum* sp., *Bacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Pseudomonas* sp. e *Serratia* sp., reconhecidas pela capacidade de promover crescimento vegetal e inibir o desenvolvimento de fitopatógenos (BUBANZ, 2018).

O uso de PGPR como agentes promotores de crescimento e de controle biológico tem se consolidado como uma estratégia eficiente e sustentável para o manejo fitossanitário e incremento da produtividade agrícola. Esses microrganismos atuam por meio de múltiplos mecanismos, incluindo antibiose, competição por nutrientes e espaço, produção de sideróforos, fixação biológica de nitrogênio, indução de resistência sistêmica, síntese de fitohormônios e solubilização de fosfatos (ROMEIRO, 2007).

Segundo Harthmann (2009), para que uma bactéria seja considerada uma PGPR eficiente, ela deve apresentar capacidade de estimular o crescimento vegetal, colonizar eficientemente o sistema radicular e sobreviver no ambiente edáfico. A colonização radicular pelas rizobactérias ocorre principalmente devido à liberação de exsudatos radiculares ricos em compostos orgânicos, os quais atraem e sustentam populações microbianas na rizosfera. Em resposta, esses microrganismos utilizam tais compostos como fonte de energia e produzem substâncias capazes de estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas (ROMEIRO, 2007).

Os efeitos benéficos das PGPR estão relacionados à produção de compostos antimicrobianos, como antibióticos, sideróforos e ácido hidroxâmico, os quais contribuem para a supressão de fitopatógenos e promovem alterações químicas, físicas e biológicas favoráveis no solo. Essas modificações favorecem o crescimento radicular, melhoram a absorção de nutrientes e aumentam o vigor das plantas (CHAUHAN et al., 2013).

Dentre os diferentes gêneros de PGPR, *Pseudomonas* spp. destaca-se como um dos mais estudados devido à elevada capacidade de suprimir patógenos habitantes do solo, à ampla versatilidade metabólica e à adaptação a diferentes condições ambientais. Além disso, espécies desse gênero apresentam elevada produção de antibióticos, sideróforos e reguladores de crescimento vegetal, tornando-se altamente promissoras para utilização como inoculantes agrícolas (MELO, 2021).

Na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), diversos estudos demonstram o potencial das PGPR no manejo de doenças bacterianas e no aumento da produtividade. Segundo Czajkowski et al. (2011), isolados de *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis* apresentaram efeito antagonista contra espécies de *Pectobacterium* spp., reduzindo significativamente a incidência de podridão mole em tubérculos armazenados. Resultados semelhantes foram observados por Khayi et al. (2015), que verificaram redução da severidade da podridão mole em tubérculos tratados com bactérias antagonistas pertencentes ao gênero *Pseudomonas*. Além disso, Backer et al. (2018) destacam que PGPR podem promover aumento do desenvolvimento radicular e maior tolerância das plantas ao estresse biótico, favorecendo o desempenho agrônomo da cultura.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido a campo, sob sistema de irrigação por pivô central, na Fazenda Wehrmann, localizada no município de Cristalina, nas coordenadas geográficas “16°10’58,4” S e 47°28’08,5”. O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical com estação seca, apresentando verões chuvosos, invernos secos e temperaturas médias anuais elevadas.

O experimento foi conduzido na Fazenda Wehrmann, localizada no município de Cristalina, Goiás, durante o período compreendido entre 10 de abril e 04 de agosto de 2025, correspondendo ao ciclo da cultura desde o plantio até a colheita. As condições meteorológicas observadas durante a condução do experimento foram obtidas a partir dos registros da estação meteorológica da propriedade e complementadas com dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), possibilitando a caracterização climática da área experimental.

Durante o período avaliado, foram observadas condições climáticas características da transição entre o final da estação chuvosa e o estabelecimento da estação seca do bioma Cerrado. Nos meses iniciais do cultivo, ocorreram temperaturas favoráveis ao desenvolvimento vegetativo da cultura e disponibilidade moderada de umidade no solo. À medida que o ciclo avançou, verificou-se redução gradual das precipitações e da umidade relativa do ar, associada ao período seco típico da região Centro-Oeste.

No período experimental, verificou-se uma variação gradual das condições meteorológicas em decorrência da transição entre o final da estação chuvosa e o início da estação seca na região do Cerrado. Essa variação foi caracterizada pela redução progressiva dos índices pluviométricos e da umidade relativa do ar, associada à manutenção de temperaturas amenas a moderadas. Tais condições são consideradas relevantes para a cultura da batata, pois influenciam diretamente processos fisiológicos relacionados ao crescimento, desenvolvimento e formação dos tubérculos, além de afetarem a ocorrência e a evolução de doenças de importância econômica para a cultura.

As variáveis meteorológicas exercem influência direta sobre o crescimento das plantas, a produtividade e a ocorrência de doenças fitopatológicas, sendo fundamentais para a interpretação dos resultados obtidos. Os valores médios das principais variáveis climáticas registradas durante o período experimental são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições climáticas médias registradas durante o período de 10 de abril a 04 de agosto de 2025 na Fazenda Wehrmann, Cristalina-GO.

Mês (2025)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa média (%)	Precipitação acumulada (mm)
Abril	22,8	68	95,0
Maio	21,5	60	24,0
Junho	20,0	52	7,0
Julho	19,5	47	1,0
Agosto	21,0	42	0,0
Média de período	21,0	53,8	25,4

Fonte: Adaptado de dados meteorológicos do INMET e registros da estação meteorológica da Fazenda Wehrmann.

Observa-se que as condições climáticas registradas durante o período experimental foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura da batata, especialmente nas fases iniciais de crescimento vegetativo. As temperaturas médias permaneceram dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura, enquanto a redução gradual das precipitações e da umidade relativa do ar, característica da estação seca na região de Cristalina-GO, contribuiu para a diminuição do período de molhamento foliar. Essas condições podem influenciar diretamente a incidência e a severidade de doenças fitopatológicas, uma vez que a disponibilidade de água e a umidade do ambiente constituem fatores determinantes para a sobrevivência, disseminação e infecção de diversos patógenos. Dessa forma, o monitoramento das variáveis meteorológicas durante a condução do experimento foi fundamental para a interpretação dos resultados relacionados ao desempenho agrônomo da cultura e ao comportamento das doenças avaliadas.

A incidência de canela-preta e podridão mole foi determinada por meio da avaliação do número de plantas que apresentaram sintomas característicos das doenças em relação ao total de plantas avaliadas em cada parcela experimental. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Incidência (\%)} = (\text{Número de plantas doentes} / \text{Número total de plantas avaliadas}) \times 100$$

Segundo Campbell e Madden (1990), a incidência corresponde à proporção de indivíduos doentes em uma população e constitui um dos principais parâmetros utilizados em estudos epidemiológicos de doenças de plantas.

Tabela 2 – Escala diagramática utilizada para avaliação da severidade de podridão mole e canela-preta.

Nota	Severidade (%)	Descrição dos sintomas
1	1	Sintomas iniciais, pequenas lesões localizadas
2	10	Lesões visíveis ocupando até 10% da área avaliada
3	25	Lesões moderadas ocupando aproximadamente 25% da área avaliada
4	50	Lesões severas ocupando cerca de 50% da área avaliada

Fonte: Adaptado de James (1971).

As condições climáticas observadas durante o experimento foram compatíveis com o padrão sazonal da região de Cristalina-GO para o mês de junho, caracterizado por baixos índices pluviométricos e menor disponibilidade hídrica atmosférica. Segundo o INMET (2025), a estação seca na região Centro-Oeste favorece a redução da umidade relativa do ar e a ocorrência de elevadas amplitudes térmicas diárias, fatores que podem influenciar o desenvolvimento das plantas e a dinâmica epidemiológica de doenças agrícolas.

A incidência de canela-preta e podridão mole foi determinada por meio da avaliação do número de plantas que apresentaram sintomas característicos das doenças em relação ao total de plantas avaliadas em cada parcela experimental. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Incidência (\%)} = (\text{Número de plantas doentes} / \text{Número total de plantas avaliadas}) \times 100$$

Segundo Campbell e Madden (1990), a incidência corresponde à proporção de indivíduos doentes em uma população e constitui um dos principais parâmetros utilizados em estudos epidemiológicos de doenças de plantas.

3.2 Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, composto por cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,30 m entre plantas, totalizando aproximadamente 83 plantas por parcela.

Os isolados bacterianos utilizados pertencem à coleção de culturas do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia Agrícola (LAFIP) do Instituto Federal Goiano e foram previamente avaliados *in vitro* quanto ao potencial antagonista frente a bactérias fitopatogênicas dos gêneros *Pectobacterium spp.* e *Dickeya spp.*, agentes causais da podridão mole e canela-preta em batata. O uso de bactérias antagonistas para o manejo biológico dessas doenças tem sido amplamente estudado, apresentando potencial na redução do desenvolvimento dos patógenos e na diminuição das perdas pós-colheita e em campo (PÉROMBELON, 2002; CZAJKOWSKI et al., 2015; CHARKOWSKI, 2018). As suspensões bacterianas foram padronizadas na concentração de 10^8 UFC mL⁻¹, conforme protocolo experimental adotado.

As suspensões bacterianas foram padronizadas na concentração de 10^8 UFC mL⁻¹, conforme protocolo experimental adotado (Tabela 01).

Tabela 03- Descrição dos tratamentos utilizados no experimento

T1	Testemunha sem aplicação
T2	Aplicação do isolado bacteriano LFB1
T3	Aplicação do isolado bacteriano LFB7
T4	Aplicação do isolado bacteriano LFB11
T5	Aplicação do bactericida comercial (Certano)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

3.3 Aplicação dos Tratamentos

A aplicação dos tratamentos foi realizada via pulverização dos tubérculos-semente no momento do plantio. Os tratamentos foram aplicados diretamente sobre os tubérculos depositados no sulco de plantio, de forma uniforme, visando promover maior contato dos agentes de biocontrole com o material propagativo e favorecer a colonização inicial.

Metodologias semelhantes de aplicação via tratamento de tubérculos foram utilizadas em estudos envolvendo agentes biológicos no controle de doenças bacterianas em batata, conforme descrito por Pérombelon (2002) e De Boer (2003).

3.4 Avaliação da Severidade da Doença

A severidade da podridão mole e da canela-preta foi avaliada por meio de escala diagramática adaptada, baseada na intensidade dos sintomas observados nos tubérculos e nas plantas. As avaliações foram realizadas visualmente, considerando sintomas característicos como escurecimento, necrose tecidual, amolecimento dos tecidos e apodrecimento dos tubérculos.

As notas atribuídas corresponderam aos níveis de severidade de 1, 10, 25 e 50% de área lesionada, conforme metodologia descrita por James (1971). Posteriormente, os valores obtidos foram utilizados para determinação da severidade média da doença em cada tratamento.

Além da severidade das doenças, foram realizadas avaliações agronômicas, incluindo contagem de hastes por planta, incidência de canela-preta, incidência de podridão mole e produtividade dos tubérculos.

Após a colheita, os tubérculos foram classificados e pesados de acordo com o diâmetro transversal, sendo classificados em: florão (>70 mm), especial (43–70 mm), primeira (34–42 mm), segunda (<34 mm) e boneca (tubérculos deformados), conforme classificação utilizada comercialmente para batata. Além da avaliação da severidade, foi determinada a incidência da doença em cada tratamento. A incidência foi calculada conforme a Equação 2, apresentada a seguir:

$$\text{Incidência (\%)} = (\text{Número de plantas doentes} \div \text{Número total de plantas avaliadas}) \times 100$$

Esse parâmetro permite quantificar a proporção de plantas afetadas pela doença dentro da população avaliada, sendo amplamente utilizado em estudos fitopatológicos para comparação da eficiência de tratamentos de controle.

Dessa forma, o uso de rizobactérias promotoras de crescimento vegetal representa alternativa promissora para sistemas agrícolas sustentáveis, especialmente no manejo integrado de doenças bacterianas da batata. A utilização desses microrganismos pode contribuir tanto para a redução da dependência de defensivos químicos quanto para a melhoria da produtividade e qualidade dos tubérculos.

3.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o procedimento GLM (General Linear Model). Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no software SAS Studio, utilizando o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System).

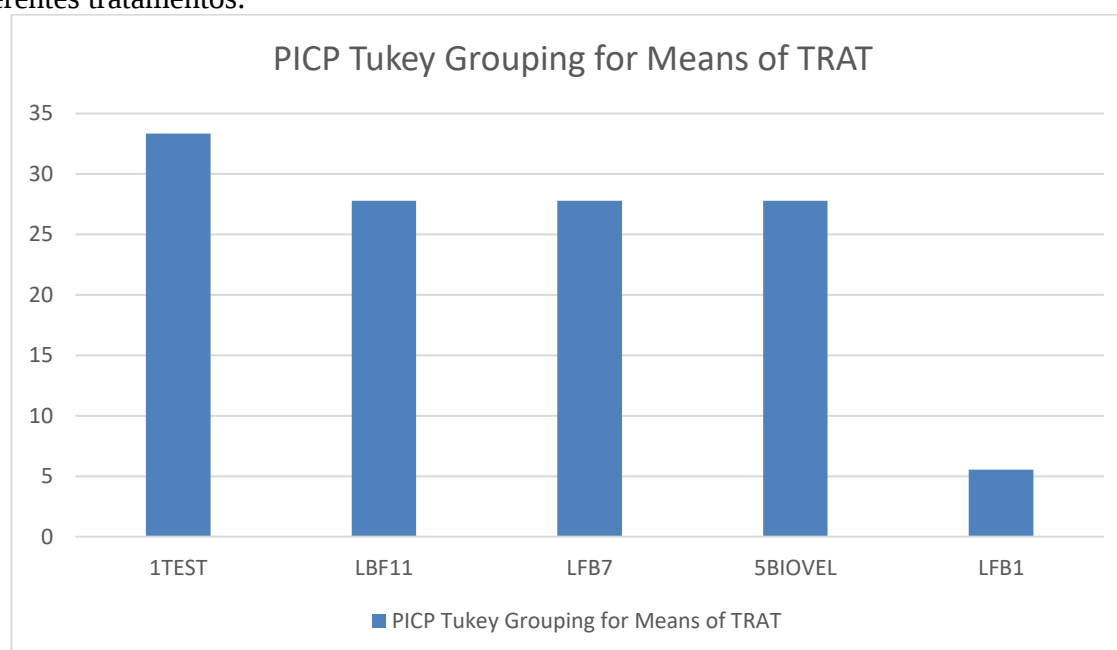
Para verificar a qualidade experimental e a precisão das estimativas, foram considerados os coeficientes de variação (CV%) obtidos para cada variável analisada. Os resultados foram apresentados na forma de tabelas e gráficos contendo as médias dos tratamentos, acompanhadas das respectivas comparações estatísticas. A interpretação dos dados foi realizada considerando a significância estatística dos testes, associada à relevância biológica e agronômica dos resultados, permitindo avaliar o potencial das rizobactérias na redução da incidência e severidade das doenças e na promoção do desenvolvimento e produtividade da cultura da batata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Severidade de Canela Preta

Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a severidade de canela-preta em plantas de batata tratadas com rizobactérias de áreas do Cerrado, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Figura 01). Apesar da ausência de efeito estatístico, observou-se variação numérica entre os tratamentos avaliados. A testemunha apresentou a maior severidade média da doença, com 33,33%, enquanto o tratamento com a Bactéria LFB1 apresentou o menor valor, de 5,56%, correspondendo a uma redução numérica de aproximadamente 83,3% em relação à testemunha. Os tratamentos com as bactérias LFB7, LFB11 e o produto comercial apresentaram severidade intermediária e semelhantes entre si, todos com média de 27,78%, conforme descrito no gráfico 01.

Figura 01- Agrupamento de médias da incidência de canela-preta em batata submetida a diferentes tratamentos.

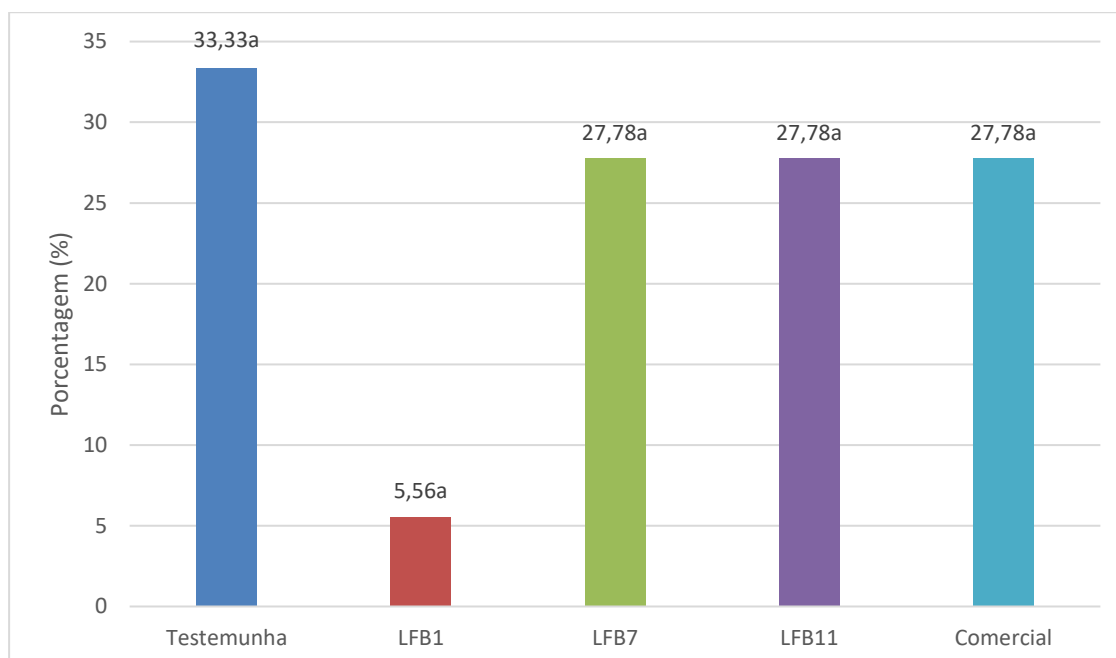


Fonte: Dados da pesquisa (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = 18,83%.

Mesmo sem diferença significativa entre os tratamentos, a menor severidade observada no tratamento com a Bactéria LFB1 sugere potencial de atuação no controle da doença, possivelmente associado a mecanismos indiretos promovidos por rizobactérias, como antibiose, competição por nicho ecológico, produção de metabólitos secundários e indução de resistência sistêmica nas plantas. Resultados semelhantes foram relatados por Köhl et al. (2019), os quais destacam que microrganismos promotores de crescimento vegetal podem

apresentar elevada variabilidade de resposta em condições experimentais, especialmente em patossistemas complexos envolvendo fatores ambientais e a interação patógeno-hospedeiro.

Gráfico 01- Severidade média, em porcentagem, de canela-preta em plantas de batata tratadas com rizobactérias de áreas de Cerrado.



Fonte: Dados da pesquisa (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além disso, estudos recentes demonstram que rizobactérias oriundas de ambientes naturais, como os solos do Cerrado, possuem potencial biotecnológico para a supressão de fitopatógenos, embora seus efeitos nem sempre sejam estatisticamente consistentes em avaliações iniciais.

Fira et al. (2018) observaram que isolados bacterianos com potencial de biocontrole frequentemente apresentam respostas dependentes da adaptação ao ambiente, da concentração do inóculo e da capacidade de colonização radicular. Da mesma forma, Batista et al. (2021), avaliando rizobactérias em culturas agrícolas, verificaram que determinados isolados promoveram reduções numéricas na severidade de doenças sem diferença estatística significativa entre os tratamentos.

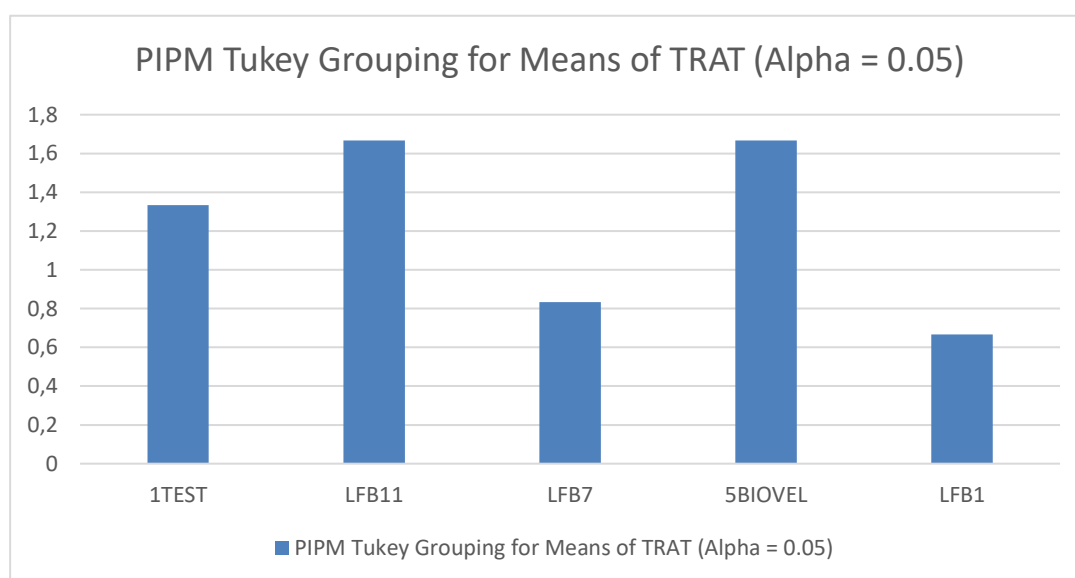
A ausência de diferença significativa também pode estar relacionada à elevada variabilidade experimental e à complexidade da interação entre planta, patógeno e microrganismos antagonistas. Segundo Compant et al. (2021), os efeitos de rizobactérias sobre doenças de plantas dependem diretamente das condições edafoclimáticas, da sobrevivência do microrganismo no solo e da compatibilidade com a microbiota nativa.

Assim, mesmo quando não há significância estatística, diferenças numéricas expressivas podem indicar potencial promissor para estudos futuros envolvendo ajustes de doses, formas de aplicação e avaliações em diferentes condições ambientais.

4.2 Severidade de Podridão Mole

Na Figura 02, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a incidência de podridão mole em plantas de batata submetidas à aplicação de rizobactérias provenientes de áreas do Cerrado, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Apesar da ausência de significância estatística, observou-se variação numérica entre os tratamentos avaliados.

Figura 02- Agrupamento incidência média de podridão mole em batata submetida a diferentes tratamentos.



Fonte-Elaborado pelos autores (2026). Médias agrupadas pela mesma barra não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

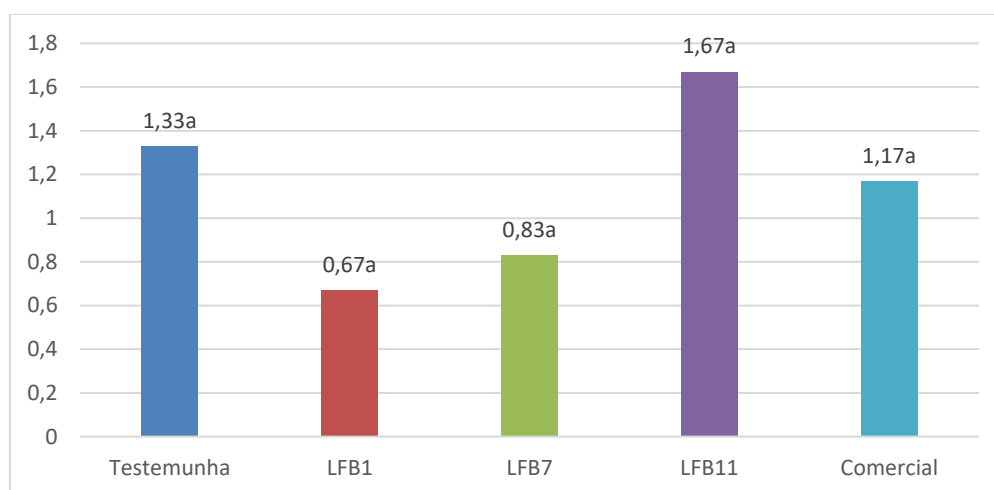
O tratamento com a Bactéria LFB11 apresentou a maior incidência média da doença (1,67), enquanto a Bactéria LFB1 apresentou a menor incidência (0,67). Essa diferença representa uma redução numérica aproximada de 59,9% entre o maior e o menor valor observado. A testemunha apresentou incidência intermediária de 1,33, enquanto os tratamentos com Bactéria LFB7 e o produto comercial apresentaram valores de 0,83 e 1,17, respectivamente.

Embora os resultados não indiquem efeito estatístico dos tratamentos sobre a incidência da podridão mole, a menor incidência observada no tratamento com a Bactéria LFB1, sugere potencial de atuação antagonista contra fitopatógenos associados à doença. Rizobactérias podem atuar na supressão de patógenos por diferentes mecanismos, incluindo a produção de

antibióticos, sideróforos, enzimas líticas e a competição por espaço e nutrientes na rizosfera. Segundo Syed-Ab-Rahman et al. (2018), microrganismos rizosféricos apresentam potencial expressivo no manejo biológico de doenças bacterianas em hortaliças, embora os resultados possam variar em função das condições ambientais e da interação entre os microrganismos envolvidos.

Resultados semelhantes foram relatados por Charkowski et al. (2020), que destacaram a complexidade do controle biológico da podridão mole em batata, especialmente devido à elevada agressividade de bactérias fitopatogênicas dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*. Os autores ressaltam que, mesmo em situações sem diferença estatística significativa, reduções numéricas consistentes podem indicar potencial promissor para a seleção de isolados em estudos futuros.

Gráfico 02- Incidência média de podridão mole em plantas de batata submetidas à aplicação de rizobactérias provenientes de áreas de Cerrado.



Fonte: Dados da pesquisa (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = 116,72%.

Além disso, a variabilidade observada entre os tratamentos pode estar associada à capacidade diferencial de colonização radicular e adaptação dos isolados bacterianos ao ambiente experimental. De acordo com Backer et al. (2018), a eficiência de rizobactérias promotoras de crescimento e biocontrole depende diretamente da compatibilidade entre microrganismo, hospedeiro e condições ambientais, o que frequentemente resulta em respostas inconsistentes em condições experimentais e de campo.

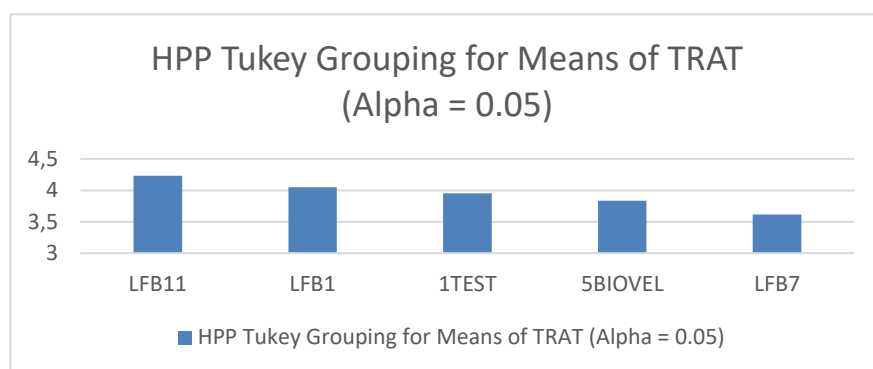
Dessa forma, apesar da ausência de diferença significativa entre os tratamentos, os resultados sugerem que determinados isolados rizobacterianos, especialmente a Bactéria LFB1, apresentam potencial para estudos complementares visando o manejo biológico da podridão mole em batata.

4.3 Componentes de Produção

4.3.1 Número de Hastes

Na Figura 03, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para o número médio de hastes em plantas de batata submetidas à aplicação de rizobactérias provenientes de áreas do Cerrado, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Embora não tenha sido constatada diferença estatística entre os tratamentos, verificaram-se variações numéricas nas médias observadas. O tratamento 4 LFB11 apresentou a maior média de hastes (4,24), seguido pelos tratamentos 2LFB1, (4,06), 1TEST (3,96) e 5BIOVEL (3,84), enquanto o tratamento 3 LFB7 apresentou a menor média (3,62). O coeficiente de variação observado foi de 17,99%, indicando variabilidade experimental moderada para essa característica.

Figura 03- Agrupamento do número médio de hastes de plantas em batata submetida a diferentes tratamentos.



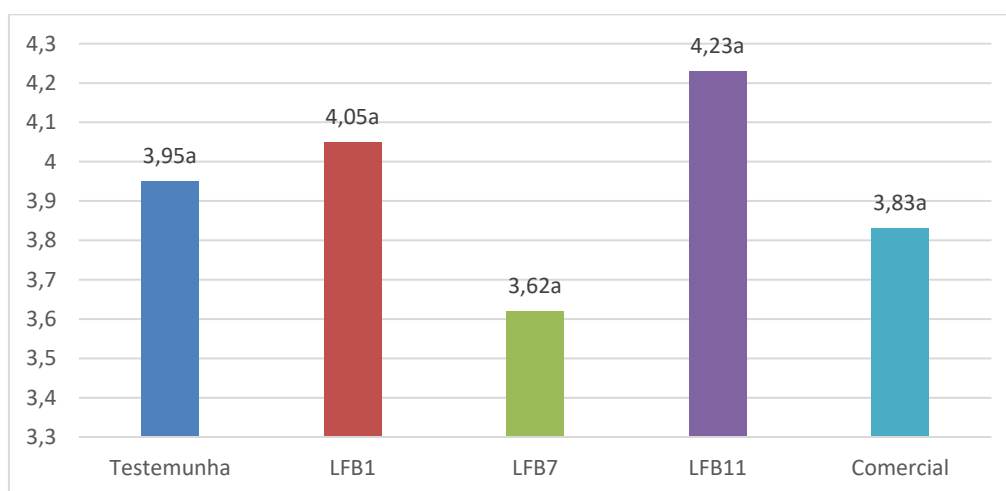
Fonte: Dados da pesquisa (2026). Não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). CV = 17,99%.

O tratamento com a Bactéria LFB11 apresentou o maior número médio de hastes, com 4,23 hastes por planta, enquanto a Bactéria LFB7 apresentou o menor valor, com 3,62 hastes por planta. Essa variação corresponde a uma diferença numérica aproximada de 16,8% entre o maior e o menor valor observado. A testemunha apresentou média de 3,95 hastes por planta, enquanto os tratamentos com a Bactéria LFB1, e o produto comercial apresentaram médias de 4,05 e 3,83 hastes por planta, respectivamente.

Embora os tratamentos não tenham promovido diferenças estatísticas significativas no número de hastes, o maior valor observado no tratamento com a Bactéria LFB11 pode indicar possível estímulo ao desenvolvimento vegetativo das plantas. Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR) podem favorecer o crescimento da parte aérea por meio da produção de fitormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas, além de aumentar a disponibilidade e absorção de nutrientes, contribuindo para o desenvolvimento vegetal e para

o vigor das plantas. De acordo com Vessey (2003), esses microrganismos exercem papel importante na promoção do crescimento vegetal por mecanismos diretos e indiretos, influenciando positivamente características agronômicas das culturas. Da mesma forma, Bhattacharyya e Jha (2012) destacam que bactérias rizosféricas podem estimular o desenvolvimento vegetal por meio da síntese de reguladores de crescimento e da melhoria da eficiência nutricional das plantas.

Gráfico 03- Número médio de hastes de plantas de batata submetidas à aplicação de rizobactérias provenientes de áreas de Cerrado.



Fonte: Dados da pesquisa (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = 17,99%.

Segundo Backer et al. (2018), rizobactérias associadas à rizosfera possuem potencial para modular o crescimento vegetal por mecanismos fisiológicos e bioquímicos, embora a magnitude das respostas varie de acordo com a espécie vegetal, isolado microbiano e condições ambientais. Resultados semelhantes foram descritos por Glick (2020), que relatou que bactérias promotoras de crescimento frequentemente promovem incrementos numéricos em variáveis vegetativas sem necessariamente resultar em diferenças estatísticas significativas em avaliações iniciais.

Além disso, a ausência de diferença significativa pode estar relacionada à elevada variabilidade fisiológica da cultura da batata e à influência das condições ambientais sobre o desenvolvimento das hastes. De acordo com Tiwari et al. (2021), respostas associadas à inoculação bacteriana em batata dependem diretamente da eficiência de colonização radicular e da interação entre os microrganismos e a microbiota nativa do solo, podendo resultar em efeitos variáveis entre experimentos.

Mesmo sem efeito estatístico significativo, os resultados demonstram que os tratamentos bacterianos mantiveram valores próximos ou superiores à testemunha, sugerindo

potencial agrônomo para estudos complementares envolvendo ajustes de dose, frequência de aplicação e seleção de isolados mais eficientes para promoção do crescimento em batata.

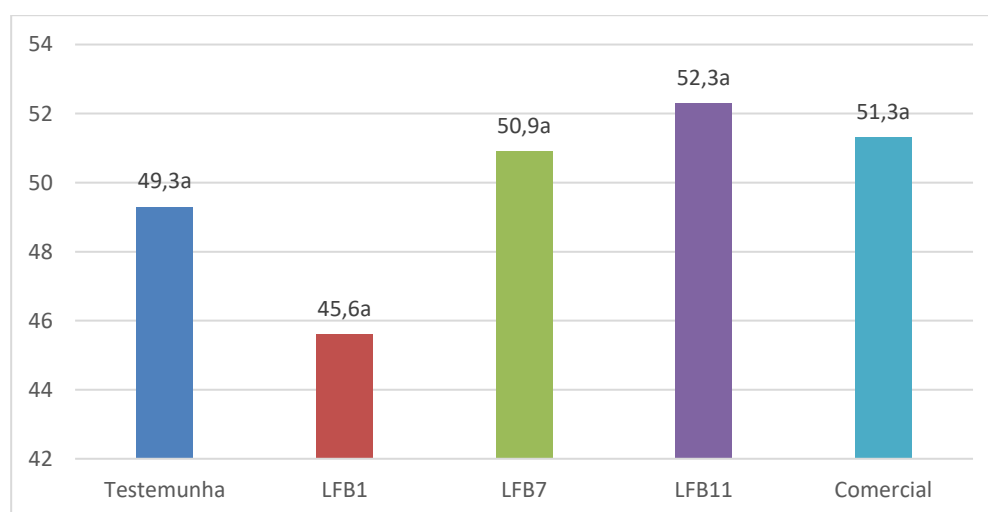
4.3.2 Produtividade

No Gráfico 4, os resultados indicam ausência de efeito estatístico dos tratamentos sobre a variável analisada, para a produção e classificação comercial de tubérculos de batata tratados com rizobactérias provenientes de áreas do Cerrado, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Apesar da ausência de significância estatística, observaram-se diferenças numéricas entre os tratamentos avaliados.

O tratamento com a Bactéria LFB11 apresentou a maior produtividade média, com 52,3 ton. ha⁻¹, enquanto a Bactéria LFB1 apresentou o menor valor, com 45,6 ton. ha⁻¹. Essa diferença representa incremento numérico aproximado de 14,7% entre o maior e o menor valor observado. Os tratamentos com a Bactéria LFB7 e o produto comercial também apresentaram produtividades superiores à testemunha, com valores de 50,9 e 51,3 ton. ha⁻¹, respectivamente, enquanto a testemunha apresentou média de 49,3 ton. ha⁻¹.

Embora os tratamentos não tenham promovido diferenças estatísticas na produtividade de tubérculos, os valores observados indicam tendência de resposta positiva em alguns tratamentos bacterianos, especialmente com a Bactéria LFB11 e o produto comercial. Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal podem contribuir para o aumento da produtividade por meio da melhoria da absorção de nutrientes, produção de fitormônios e estímulo ao desenvolvimento radicular, favorecendo o enchimento e crescimento dos tubérculos.

Gráfico 04- Produção e classificação comercial de tubérculos de batata tratados com rizobactérias de áreas de Cerrado.



Fonte: Dados da pesquisa (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = 13,00%.

Resultados semelhantes foram relatados por Kloepper et al. (2024), os quais destacam que bactérias promotoras de crescimento frequentemente promovem incrementos agrônômicos variáveis em culturas tuberosas, nem sempre acompanhados de diferenças estatísticas significativas em avaliações de campo. Segundo os autores, fatores ambientais, características do solo e interação entre microrganismos e planta hospedeira influenciam diretamente a magnitude das respostas produtivas.

Além disso, Etesami (2018) ressalta que o efeito de rizobactérias sobre a produtividade agrícola depende da eficiência de colonização radicular e da estabilidade dos microrganismos no ambiente edáfico. Dessa forma, resultados inconsistentes ou apenas numericamente superiores são frequentemente observados em experimentos conduzidos em condições naturais de cultivo.

Em estudo realizado com batata, Gopalakrishnan et al. (2015) observaram que isolados bacterianos promotores de crescimento apresentaram potencial para aumentar a produtividade e o vigor vegetativo das plantas, embora a resposta variasse conforme o isolado e as condições ambientais.

Os autores destacam que a seleção de estirpes adaptadas regionalmente pode aumentar a eficiência agrônômica dos inoculantes biológicos. Assim, mesmo sem diferença significativa entre os tratamentos, os resultados demonstram que determinadas rizobactérias provenientes de áreas do Cerrado apresentaram desempenho produtivo semelhante ou superior ao tratamento comercial e à testemunha, evidenciando potencial promissor para estudos futuros envolvendo manejo biológico e incremento sustentável da produção de batata.

Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas significativas para algumas variáveis avaliadas, determinados tratamentos apresentaram desempenho agrônômico superior em relação à testemunha, demonstrando potencial para utilização em programas de manejo sustentável.

5 CONCLUSÃO

A aplicação de rizobactérias provenientes de áreas do Cerrado não promoveu diferenças estatisticamente significativas sobre a severidade de canela-preta, incidência de podridão mole, número de hastes e produtividade de tubérculos de batata nas condições experimentais avaliadas. Entretanto, observaram-se diferenças numéricas relevantes entre os tratamentos, indicando respostas distintas dos isolados bacterianos frente aos parâmetros fitossanitários e agrônômicos analisados. Destaca-se o desempenho da Bactéria LFB1, que apresentou os menores valores de severidade de canela-preta e incidência de podridão mole, sugerindo potencial de utilização no manejo biológico dessas doenças. Da mesma forma, a Bactéria LFB11 apresentou os maiores valores para número de hastes e produtividade de tubérculos, indicando possível efeito benéfico sobre o crescimento e o desempenho produtivo da cultura.

Embora os resultados não tenham evidenciado efeito significativo dos tratamentos, os dados obtidos demonstram que rizobactérias nativas do Cerrado constituem uma fonte promissora de microrganismos com potencial de aplicação na agricultura sustentável. Os resultados reforçam a importância da prospecção de isolados adaptados às condições edafoclimáticas brasileiras, uma vez que esses microrganismos podem contribuir para o manejo integrado de doenças e para a promoção do crescimento vegetal, reduzindo a dependência de insumos químicos. Assim, recomenda-se a realização de novos estudos envolvendo diferentes concentrações, formas de aplicação, épocas de cultivo e condições ambientais, bem como a caracterização dos mecanismos de ação dos isolados mais promissores, visando validar sua eficiência e viabilizar futuras aplicações na cultura da batata.

6 REFERÊNCIAS

- ADEOLU, M. et al. Genome-based phylogeny and taxonomy of the “Enterobacteriales”: proposal for Enterobacterales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae, Pectobacteriaceae, Yersiniaceae, Hafniaceae, Morganellaceae, and Budviciaceae fam. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 66, n. 12, p. 5575-5599, 2016. DOI: 10.1099/ijsem.0.001485.
- BACKER, R. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 1473, 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.01473.
- BAKKER, P. A. H. M. et al. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, v. 97, n. 2, p. 239-243, 2007. DOI: 10.1094/PHYTO-97-2-0239.
- BATISTA, B. D.; SINGH, B. K.; FERREIRA, A. Multifunctional microbial inoculants and their role in disease suppression and plant growth promotion. *Rhizosphere*, v. 19, p. 100405, 2021. DOI: 10.1016/j.rhisph.2021.100405.
- BERG, G. et al. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*, v. 8, n. 1, p. 103, 2020. DOI: 10.1186/s40168-020-00875-0.
- BETTIOL, W. *Controle biológico de doenças de plantas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001.
- BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 28, p. 1327-1350, 2012. DOI: 10.1007/s11274-011-0979-9.
- BUBANZ, K. S. *Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal: aplicações e mecanismos de ação*. Curitiba: UFPR, 2018.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- CHARKOWSKI, A. O. et al. The role of bacteria in the potato soft rot and blackleg diseases. *Plant Disease*, v. 104, n. 9, p. 2307-2319, 2020. DOI: 10.1094/PDIS-12-19-2639-FE.
- CHARKOWSKI, A. O. The changing face of bacterial soft-rot diseases. *Annual Review of Phytopathology*, v. 56, p. 269-288, 2018. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080417-050035.
- CHAUHAN, A. et al. Plant growth promoting rhizobacteria and their role in plant growth promotion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 2, n. 11, p. 30-45, 2013.
- COMPANT, S. et al. A review on the plant microbiome: ecology, functions, and emerging trends in microbial application. *Journal of Advanced Research*, v. 19, p. 29-37, 2021. DOI: 10.1016/j.jare.2019.03.004.

CUNHA, B. R. Manejo de doenças bacterianas na cultura da batata. **Revista Campo & Negócios Hortifruti**, Uberlândia, v. 18, n. 221, p. 42-46, 2023.

CZAJKOWSKI, R. et al. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant Pathology*, v. 60, n. 6, p. 999-1013, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2011.02470.x.

CZAJKOWSKI, R. et al. Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Annals of Applied Biology*, v. 166, n. 1, p. 18-38, 2015. DOI: 10.1111/aab.12166.

EMATER-MG. **Levantamento da produção de batata em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2024.

ETESAMI, H. Plant growth promotion and suppression of fungal pathogens in greenhouse and field conditions by application of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 37, p. 419-432, 2018. DOI: 10.1007/s00344-017-9758-5.

FAOSTAT. *Food and Agriculture Data*. Rome: FAO, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 20 maio 2026.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

FIRA, D. et al. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. *Journal of Biotechnology*, v. 285, p. 44-55, 2018. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044.

GLICK, B. R. *Beneficial plant-bacterial interactions*. Cham: Springer Nature, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-44368-9.

GOKUL, J. et al. First report of *Pectobacterium carotovorum* causing soft rot disease in potato in South Africa. *Plant Disease*, v. 103, n. 6, p. 1437, 2019. DOI: 10.1094/PDIS-09-18-1704-PDN.

GOPALAKRISHNAN, S. et al. Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. *3 Biotech*, v. 5, p. 355-377, 2015. DOI: 10.1007/s13205-014-0241-x.

GRACIA-GARZA, J. A. et al. Biological control of potato soft rot by antagonistic bacteria. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 24, n. 2, p. 180-185, 2002. DOI: 10.1080/07060660209507006.

HAMEED, A. et al. Advances in management strategies of bacterial soft rot diseases caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species. *Plant Pathology Journal*, v. 40, n. 1, p. 1-15, 2024. DOI: 10.5423/PPJ.RW.09.2023.0123.

HARTHMANN, O. E. L. *Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.

HAWKES, J. G. *The potato: evolution, biodiversity and genetic resources*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1990.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*, v. 49, p. 791-801, 2013. DOI: 10.1007/s00374-012-0771-5.

INMET. **Balanço climático da Região Centro-Oeste – junho de 2025**. Brasília: INMET, 2025.

JAMES, W. C. *A manual of assessment keys for plant diseases*. Ottawa: Canada Department of Agriculture, 1971.

JANISIEWICZ, W. J.; KORSTEN, L. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review of Phytopathology*, v. 40, p. 411-441, 2002. DOI: 10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158.

KHAYI, S. et al. Biological control of soft rot disease caused by *Pectobacterium atrosepticum* using antagonistic bacteria. *Biological Control*, v. 81, p. 1-8, 2015. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2014.10.012.

KLOEPPER, J. W.; RYU, C. M.; ZHANG, S. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, v. 94, n. 11, p. 1259-1266, 2004. DOI: 10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259.

KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: *Proceedings of the International Conference on Plant Pathogenic Bacteria*, 4., 1978, Angers. Angers: INRA, 1978. p. 879-882.

KÖHL, J.; KOLNAAR, R.; RAVENSBERG, W. J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 845, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845.

LIBERA, A. M. M. P. et al. Controle biológico na agricultura: avanços e perspectivas sustentáveis. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, e5311931774, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31774.

MELO, I. S. **Agentes microbianos de controle biológico na agricultura sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021.

MENG, X. et al. Characterization of *Pectobacterium carotovorum* causing cucumber soft rot in China. *European Journal of Plant Pathology*, v. 147, p. 733-745, 2017. DOI: 10.1007/s10658-016-1025-2.

OLANREWAJU, O. S. et al. Plant health: feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 101, p. 1155-1166, 2017. DOI: 10.1007/s00253-016-8007-0.

PEREIRA, A. S. **A cultura da batata no Brasil: evolução e perspectivas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

PEROMBELON, M. C. M. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology*, v. 51, n. 1, p. 1-12, 2002.

PEROMBELON, M. C. M.; KELMAN, A. Ecology of the soft rot erwinias. *Annual Review of Phytopathology*, v. 18, p. 361-387, 1980. DOI: 10.1146/annurev.py.18.090180.002045.

ROMEIRO, R. S. **Controle biológico de doenças de plantas: fundamentos**. Viçosa: UFV, 2007.

SILVA, J. C. et al. Bactérias pectinolíticas associadas à podridão mole em hortaliças: revisão de literatura. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 29472-29489, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-327.

SPADARO, D.; GULLINO, M. L. Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. *Crop Protection*, v. 24, n. 7, p. 601-613, 2005. DOI: 10.1016/j.cropro.2004.11.003.

SYED-AB-RAHMAN, S. F.; CARVALHAIS, L. C.; SCHENK, P. M. Biological control of plant diseases by beneficial rhizobacteria. *Plant Pathology Journal*, v. 34, n. 3, p. 171-182, 2018. DOI: 10.5423/PPJ.RW.9.2017.0191.

TIWARI, S. et al. Bacillus strains as bioinoculants for sustainable agriculture: current status and future prospects. *Microbiological Research*, v. 245, p. 126684, 2021. DOI: 10.1016/j.micres.2021.126684.

USDA. *FoodData Central*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 2020.

VALADARES, S. V.; LANDAU, E. C. **Dinâmica produtiva da bataticultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2020.

VERONINA, N. et al. Diversity and distribution of Pectobacterium and Dickeya species in potato-growing regions. *Plant Pathology*, v. 68, n. 8, p. 1407-1416, 2019. DOI: 10.1111/ppa.13057.

VESSEY, J. K. *Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers*. *Plant and Soil*, v. 255, n. 2, p. 571-586, 2003.

VILCHES, T. T. **Cultura da batata**. Curitiba: Livro Técnico, 2017.

ZAHEER, K.; AKHTAR, M. H. *Potato production, usage, and nutrition—a review*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 56, n. 5, p. 711-721, 2016. DOI: 10.1080/10408398.2012.724479.

Apêndices



Fonte: Acervo pessoal da autora (2026)



Fonte: Acervo pessoal da autora (2026)



Fonte: Acervo pessoal da autora (2026)