

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL NO CONTROLE DE
*FUSARIUM SP.***

PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA IN THE CONTROL OF *FUSARIUM SP.*

**BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CONTROL DE
*FUSARIUM SP.***



10.56238/IXSevenInternationalMultidisciplinaryCongress-013

Afonso Henrique Alves

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres/GO

E-mail: Afonso.alves1@estudante.ifgoiano.edu.br

Millena Nonato Dos Santos

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres/GO

E-mail: millena.nonato@estudante.ifgoiano.edu.br

Maryllia Gabriela Botelho Moraes

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres/GO

E-mail: maryllia.moraes@estudante.ifgoiano.edu.br

Cleisi Kelly Cruz Ferreira

Mestranda em Irrigação no Cerrado

Instituição: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres/GO

E-mail: cleisi.kelly@estudante.ifgoiano.edu.br

Lara Juliane Miguel Xavier

Mestranda em Irrigação no Cerrado

Instituição: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres/GO

E-mail: larajulis@gmail.com

Mônica Lau Da Silva Marques

Doutora em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres/GO

E-mail: monica.lau@ifgoiano.edu.br

Flávia Oliveira Abrão Pessoa

Doutora em Zootecnia

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: flavia.abrao@ifgoiano.edu.br

RESUMO

O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) tem se destacado como alternativa sustentável para o manejo agrícola e controle de fitopatógenos. Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de BPCP no controle de *Fusarium sp.* e na promoção do desenvolvimento vegetal. O experimento foi conduzido *in vitro* no Laboratório de Interações Microbianas e Biotecnologia (LIMBio/IF Goiano – Campus Ceres), utilizando as bactérias *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* e *Priestia aryabhatai*. O ensaio de antagonismo foi realizado por co-inoculação em meio BDA, e o crescimento micelial do fungo foi mensurado para cálculo do índice relativo de controle. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$). Todos os tratamentos apresentaram efeito significativo no controle do patógeno, com destaque para *Bacillus amyloliquefaciens*, que apresentou maior índice de antagonismo (69,87%), diferindo estatisticamente de *Bacillus subtilis* (31,57%) e *Priestia aryabhatai* (15,30%). Os resultados indicam que *B. amyloliquefaciens* possui elevado potencial como agente de biocontrole de *Fusarium sp.*, podendo contribuir para a redução do uso de agroquímicos e para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Biocontrole. *Fusarium sp.* *Bacillus*. Sustentabilidade. Microrganismos.

ABSTRACT

The use of plant growth-promoting bacteria (PGPB) has emerged as a sustainable alternative for agricultural management and control of phytopathogens. This study aimed to evaluate the potential of PGPB in controlling *Fusarium sp.* and promoting plant development. The experiment was conducted *in vitro* at the Laboratory of Microbial Interactions and Biotechnology (LIMBio/IF Goiano – Campus Ceres), using the bacteria *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, and *Priestia aryabhatai*. The antagonism assay was performed by co-inoculation in PDA medium, and the mycelial growth of the fungus was measured to calculate the relative control index. The data were subjected to analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$). All treatments showed a significant effect in controlling the pathogen, with *Bacillus amyloliquefaciens* standing out, exhibiting the highest antagonism index (69.87%), statistically differing from *Bacillus subtilis* (31.57%) and *Priestia aryabhatai* (15.30%). The results indicate that *B. amyloliquefaciens* has high potential as a biocontrol agent for *Fusarium sp.*, and may contribute to reducing the use of agrochemicals and developing more sustainable agricultural practices.

Keywords: Biocontrol. *Fusarium sp.* *Bacillus*. Sustainability. Microorganisms.

RESUMEN

El uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCP) se ha destacado como una alternativa sostenible para el manejo agrícola y el control de fitopatógenos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial de las BPCP en el control de *Fusarium sp.* y en la promoción del desarrollo vegetal. El experimento se llevó a cabo *in vitro* en el Laboratorio de Interacciones Microbianas y Biotecnología (LIMBio/IF Goiano – Campus Ceres), utilizando las bacterias *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* y *Priestia aryabhatai*. El ensayo de antagonismo se realizó mediante coinoculación en medio BDA, y el crecimiento micelial del hongo fue medido para el cálculo del índice relativo de control. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Todos los tratamientos



presentaron un efecto significativo en el control del patógeno, destacándose *Bacillus amyloliquefaciens*, que presentó el mayor índice de antagonismo (69,87%), diferenciándose estadísticamente de *Bacillus subtilis* (31,57%) y *Priestia aryabhatai* (15,30%). Los resultados indican que *B. amyloliquefaciens* posee un alto potencial como agente de biocontrol de *Fusarium* sp., pudiendo contribuir a la reducción del uso de agroquímicos y al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles.

Palabras clave: Biocontrol. *Fusarium* sp. *Bacillus*. Sostenibilidad. Microorganismos.

1 INTRODUÇÃO

O uso de insumos biológicos à base de microrganismos benéficos do solo, como Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP), destaca-se como uma das tecnologias mais promissoras para alcançar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Essas bactérias podem promover melhorias significativas, desde características ligadas ao crescimento da parte aérea e das raízes até a proteção enzimática contra estresses bióticos e abióticos (Kaushal; Wani, 2016; Porto et al., 2022).

Essas inovações são relevantes para a agricultura atual, pois auxiliam no enfrentamento de desafios associados a práticas agrícolas insustentáveis. Entre os principais problemas estão o uso excessivo de agroquímicos, o desmatamento, a monocultura, a exaustão do solo, a agricultura em áreas inadequadas, o uso inadequado de água, o desperdício de recursos e a poluição do solo e da água, os quais comprometem a saúde dos ecossistemas e a sustentabilidade produtiva (Kaushal; Wani, 2016; Porto et al., 2022).

Os microrganismos também atuam na disponibilidade de fósforo para as culturas, convertendo formas de íons em formas assimiláveis pelas plantas. Além disso, produzem enzimas e ácidos orgânicos na região próxima às raízes, favorecendo a dissolução de fósforo presente no solo em formas minerais e orgânicas mineralizadas (Porto et al., 2022).

No manejo de culturas, diferentes microrganismos atuam como patógenos do solo e de plantas, causando danos e prejuízos. Assim, estratégias de controle vêm sendo amplamente investigadas, com destaque para métodos alternativos mais sustentáveis. Entre as alternativas, *Bacillus subtilis* apresenta mecanismos de ação que influenciam o desenvolvimento vegetal, com benefícios associados à melhoria da nutrição (fixação biológica de nitrogênio e solubilização de fosfatos) e à promoção de crescimento relacionada à produção de fitormônios (Swarnalakshmi et al., 2020). Em estudo com maracujá, a aplicação de *Bacillus subtilis* em folhas demonstrou efeito preventivo e curativo no controle do fitopatógeno *Fusarium* sp. (Chen, Lee e Huang, 2021).

Bacillus amyloliquefaciens destaca-se como importante agente de biocontrole, podendo suprimir fitopatógenos por mecanismos relacionados à degradação da parede celular fúngica e alterações na permeabilidade celular. Além disso, o contato com o patógeno pode induzir produção de compostos antifúngicos, como lipopeptídeos, intensificando a ação antagonista (Abreu et al., 2022).

Priestia aryabhatai, por sua vez, atua como promotora de crescimento vegetal e contribui para a tolerância ao estresse hídrico por meio da produção de exopolissacarídeos, que auxiliam na retenção de água no solo e na indução de adaptações fisiológicas nas plantas, favorecendo o desenvolvimento em condições de déficit hídrico (Embrapa, 2021). Além disso, o uso de bactérias pode reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, ao mesmo tempo em que favorece o crescimento e aumenta a produtividade.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de bactérias promotoras de crescimento vegetal no controle de *Fusarium* sp. e na promoção do desenvolvimento vegetal, por meio da análise *in vitro* das bactérias *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Priestia aryabhatai*, visando comparar sua eficiência no antagonismo ao fitopatógeno.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Interações Microbianas e Biotecnologia (LIMBio), localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano – Campus Ceres), no município de Ceres, Goiás, Brasil (15°21'02”S de latitude, 49°35'55”W de longitude, e altitude de 564 m). As cepas bacterianas utilizadas foram produtos comerciais: *P. aryabhatai* CCT 7986 (BioHidric – 1,0 x 10⁸ unidades formadoras de colônia (UFC) mL⁻¹, SoluBio, Jataí, Brasil), *B. subtilis* UFV S1 (Bio Raiz Pro – 1,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹, SoluBio, Jataí, Brasil) e *B. amyloliquefaciens* CCT 7994 (SoluStrong – 1,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹, SoluBio, Jataí, Brasil).

Para a realização do ensaio de antagonismo ao fungo fitopatogênico, as suspensões bacterianas foram co-inoculadas *in vitro* com o fungo fitopatogênico *Fusarium* spp. Discos de 5 mm de micélio fúngico foram inoculados no centro de placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (B.D.A) e, a 2 cm equidistantes do disco, foram depositados 5 µL de cultura bacteriana. O controle consistiu apenas no disco micelial do fungo depositado ao centro da placa.

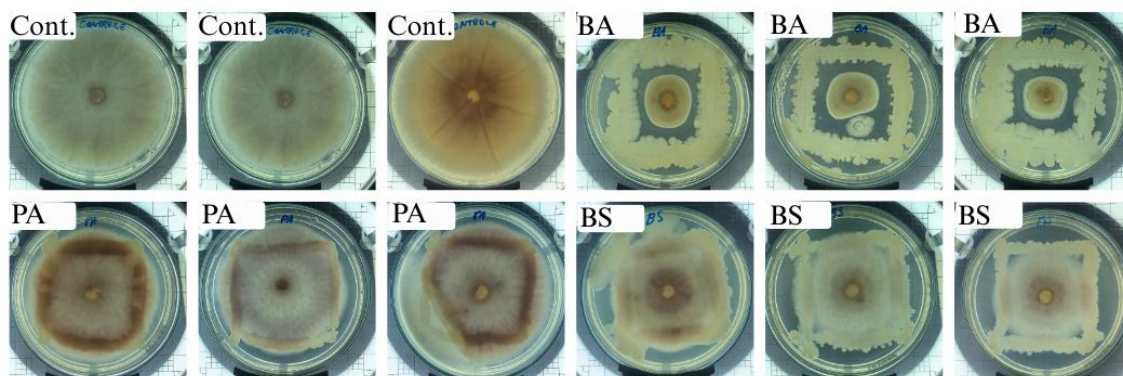
As placas foram incubadas a 28 °C em incubadora tipo B.O.D., e o experimento foi conduzido em triplicata. O diâmetro do micélio foi medido com auxílio de um paquímetro até que o tratamento controle atingisse a borda da placa. A porcentagem de supressão para cada tratamento foi calculada através do índice relativo (IR) conforme Trivedi et al. (2008).

Todos os dados coletados foram inicialmente testados quanto à normalidade. Caso atendidos os pré-requisitos, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey, utilizando o software R e RStudio (R Core Team, 2024). Todos os resultados foram considerados significativos a $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as três bactérias testadas apresentaram efeito antagônico significativo contra *Fusarium* sp. (Figura 1).

Figura 1. Teste de antagonismo *in vitro* de bactérias a *Fusarium* sp.



Legenda: Cont.: Controle; BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; PA: *Priestia aryabhatai*; BS: *Bacillus subtilis*. Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise de variância indicou efeito significativo dos tratamentos sobre a variável avaliada ($p < 0,0001$), evidenciando diferenças entre as médias, conforme mostrado na Tabela 1. Pelo teste de Tukey, o tratamento com *Bacillus amyloliquefaciens* apresentou o maior índice relativo de controle, com 69,87%, diferindo estatisticamente dos tratamentos com *Bacillus subtilis* (31,57%) e *Priestia aryabhatai* (15,30%), os quais também diferiram entre si, formando grupos distintos de resposta. Esses resultados demonstram que o tratamento com *Bacillus amyloliquefaciens* proporcionou desempenho significativamente superior em comparação aos demais ao controlar *in vitro* o fungo fitopatogênico *Fusarium* sp.

Tabela 1. Índice Relativo (IR) de antagonismo *in vitro* de bactérias a *Fusarium* sp

Tratamentos	IR (%)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	69.86667 a
<i>Bacillus subtilis</i>	31.56667 b
<i>Priestia aryabhatai</i>	15.3 c
F.V	<i>p-value</i>
Tratamento	0,001**
CV (%)	26,11

Legenda: Letras diferentes na coluna diferem de forma significativo pelo teste de Tukey. *Significativo ao nível de 5% pelo teste de Tukey; **Significativo ao nível de 1% teste de Tukey; ^{ns}Não significativo. F.V.: fonte de variação; C.V. (%): coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estes resultados corroboram com os achados por Elanchezhiyan *et al.* (2018), que obteve uma porcentagem de controle de 48,3% no controle *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* com a cepa FZB 24 de *B. amyloliquefaciens*. De forma semelhante, Sundaramoorthy e Balabaskar (2013) relataram a eficácia de isolados de *B. subtilis* em inibir em até 40% o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* *in vitro*, sendo esse patógeno responsável por causar a doença de murcha vascular na cultura do tomate.

Espécies de *Bacillus* sp. são conhecidas por secretar peptídeos com ação antimicrobiana, como a fengicina, bacilomicina e bacteriocina (Ramarathnam *et al.*, 2007; Xie *et al.*, 2009).

Foi verificado por Yi *et al.* (2024) que a cepa ZK-9 de *B. amyloliquefaciens* produz pectinase, protease, celulase e amilase, importantes enzimas envolvidas na capacidade dessa bactéria de inibir o crescimento de fungos fitopatogênicos ao romper a integridade e a permeabilidade da membrana celular, perturbando as vias metabólicas e impedindo que os patógenos se desenvolvam. Os autores também observaram que a bactéria apresentou elevada eficácia no controle em campo, reduzindo em 71,76% a fusariose da espiga e em 82,14% a podridão da coroa do trigo, ambas causadas pelo fungo *Fusarium graminearum*.

Guleria *et al.* (2016) isolaram um gene de protease alcalina da cepa SP1 de *Bacillus amyloliquefaciens* e avaliaram sua atividade antagonista *in vitro* contra *F. oxysporum* por meio da técnica de difusão em ágar. Os autores observaram que a enzima foi altamente eficaz, reduzindo em 35,07% o crescimento do patógeno, o que evidencia o papel das enzimas produzidas por *B. amyloliquefaciens* na sua capacidade de controlar fungos fitopatogênicos, como *Fusarium* sp.

4 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que as bactérias avaliadas apresentaram efeito significativo no controle *in vitro* de *Fusarium* sp., com destaque para *Bacillus amyloliquefaciens*, que apresentou maior eficiência de antagonismo. *Bacillus subtilis* mostrou efeito intermediário, enquanto *Priestia aryabhatai* teve menor desempenho. Assim, *B. amyloliquefaciens* se destaca como alternativa promissora para o biocontrole do patógeno, com potencial de aplicação em sistemas agrícolas sustentáveis.



REFERÊNCIAS

- ABREU, Luciana de Paiva Santos et al. Alternativa sustentável de uso da *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungos fitopatogênicos: uma revisão. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 16, n. 1, 2022.
- CHEN, Y. H.; LEE, P. C.; HUANG, T. P. Controle biológico da podridão do colo em maracujás via indução de apoptose no patógeno por *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*, v. 111, p. 627-638, 2021.
- ELANCHEZHIAN, K. et al. Multifaceted benefits of *Bacillus amyloliquefaciens* strain FBZ24 in the management of wilt disease in tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 103, p. 92-101, 2018.
- EMBRAPA. Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021.
- GULERIA, S. et al. Molecular characterization of alkaline protease of *Bacillus amyloliquefaciens* SP1 involved in biocontrol of *Fusarium oxysporum*. *International Journal of Food Microbiology*, v. 232, p. 134-143, 2016.
- KAUSHAL, M.; WANI, S. P. Plant-growth-promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. *Annals of Microbiology*, v. 66, n. 1, p. 35-42, 2016.
- PORTO, Edson Marcos Viana et al. Microrganismos promotores de crescimento de plantas como mitigadores do estresse hídrico em pastagens: uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, p. e514111134029, 2022.
- RAMARATHNAM, R. et al. Molecular and biochemical detection of fengycin- and bacillomycin D-producing *Bacillus* spp., antagonistic to fungal pathogens. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 53, n. 7, 2007.
- R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024.
- SUNDARAMOORTHY, S.; BALABASKAR, P. Evaluation of combined efficacy of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* in managing tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Plant Pathology Journal*, v. 12, n. 4, p. 154-161, 2013.
- SWARNALAKSHMI, K. et al. Significado das rizobactérias promotoras do crescimento vegetal em leguminosas de grãos: promoção do crescimento e produção agrícola. *Plants*, v. 9, p. 1596, 2020.
- TRIVEDI, P.; PANDEY, A.; PALNI, L. M. S. In vitro evaluation of antagonistic properties of *Pseudomonas corrugata*. *Microbiological Research*, v. 163, p. 329-336, 2008.
- XIE, J. et al. Isolation and characterization of a bacteriocin produced by *Bacillus subtilis* with antimicrobial activity. *African Journal of Biotechnology*, v. 8, n. 20, 2009.
- YI, Y. et al. Antifungal efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* ZK-9 against *Fusarium graminearum*. *International Journal of Food Microbiology*, v. 422, 2024.