REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

# EFEITO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS BACTERIANOS NO CONTROLE *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

# EFFECT OF VOLATILE BACTERIAL COMPOUNDS ON THE IN VITRO CONTROL OF *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli*

# EFECTO DE LOS COMPUESTOS BACTERIANOS VOLÁTILES EN EL CONTROL IN VITRO DE *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli*

**Isabela Oliveira Santos**
Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: isabelasantos2202@gmail.com

**Maria Josiane Martins**
Doutora em Produção Vegetal no Semiárido, Instituto Federal do Norte de Minas, Brasil
Email: josianemartins102012@hotmail.com

**Regina Cássia Ferreira Ribeiro**
Doutora em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: regina.ribeiro@unimontes.br

**Adelica Aparecida Xavier**
Doutora em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: adelica@unimontes.br

**Natan Cantuária Nunes**
Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: natannunescantuaria@gmail.com

**Arianna Menezes de Santana**
Mestre em Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Email: ariannasmenezes@gmail.com

**Lorena Gracielly de Almeida Souza**
Mestre em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: lorenagracielly2@gmail.com

**Izabela Antunes Mendes**
Mestranda em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

Claros, Brasil
Email: izabela.antunesm@gmail.com

**Dayane Isabelle Chaves Neves**
Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: dayisabellechaves@gmail.com

**Taylor Johnny Patricio Silva**
Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: contatotaylorsilva@gmail.com

## Resumo

A murcha de Fusarium causada por Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli representa uma das doenças mais importantes por afetar áreas produtoras de feijão em todo o mundo. Dentre as medidas de controle destaca-se a utilização de bactérias endofíticas e rizobactérias. Isolados bacterianos provenientes da Coleção do Laboratório de Fitopatologia da Unimontes foram caracterizadas como produtoras de compostos orgânicos voláteis (COVs) e mostraram eficiência no controle de Meloidogyne javanica e Fusarium oxysporum f. sp. cubense. É possível que estes isolados possam controlar o fungo estudado. Diante disso, o objetivo desse estudo é avaliar o efeito de bactérias endofíticas e rizobactérias no controle de F. oxysporum f. sp. phaseoli in vitro. Para isso foi realizado teste de voláteis, pelo método de colônia sobreposta. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com 41 tratamentos (quarenta isolados bacterianos e uma testemunha) e 3 repetições. Os isolados EB-80, RZ66 e RZ22 inibiram cerca de 50% o crescimento micelial do fungo. Quatro isolados inibiram cerca de 90% da germinação do fungo. A esporulação do fungo foi reduzida por todos os isolados testados, evidenciando o potencial dos isolados no controle biológico.
**Palavras-chave:** Controle biológico; COVs; Murcha de Fusarium; Feijão.

## Abstract

Fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, is one of the most important diseases affecting bean-producing areas worldwide. Among the control measures, the use of endophytic bacteria and rhizobacteria stands out. Several bacterial isolates from the Phytopathology Laboratory Collection at Unimontes have been characterized as producers of volatile organic compounds (VOCs) and have shown efficiency in controlling *Meloidogyne javanica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. It is possible that these isolates can control the fungus under study. Therefore, the objective of this study is to evaluate the effect of endophytic bacteria and rhizobacteria in the control of *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli in vitro*. For this, a volatiles test was performed using the superimposed colony method. The experiment was set up in a completely randomized design with 41 treatments (forty bacterial isolates and one control) and 3 replicates. Isolates EB-80, RZ66, and RZ22 inhibited fungal mycelial growth by approximately 50%. Four isolates inhibited approximately 90% of fungal germination. Fungal sporulation was reduced by all isolates tested, demonstrating the isolates' potential for biological control.

**Keywords:** Biological control; VOCs; Fusarium wilt; Beans

## Resumen

La marchitez por Fusarium, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, es una de las

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

enfermedades más importantes que afectan a las zonas productoras de frijol en todo el mundo. Entre las medidas de control, destaca el uso de bacterias endófitas y rizobacterias. Diversos aislados bacterianos de la Colección del Laboratorio de Fitopatología de Unimontes se han caracterizado como productores de compuestos orgánicos volátiles (COV) y han demostrado eficacia en el control de *Meloidogyne javanica* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Es posible que estos aislados puedan controlar el hongo estudiado. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de bacterias endófitas y rizobacterias en el control de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli in vitro*. Para ello, se realizó una prueba de compuestos volátiles utilizando el método de colonias superpuestas. El experimento se configuró en un diseño completamente aleatorizado con 41 tratamientos (cuarenta aislados bacterianos y un control) y 3 réplicas. Los aislados EB-80, RZ66 y RZ22 inhibieron el crecimiento micelial del hongo en aproximadamente un 50%. El 90% de los aislados inhibieron la germinación del hongo. Todos los aislados analizados redujeron la esporulación fúngica, lo que demuestra su potencial para el control biológico.

**Palabras clave:** Control biológico; COV; Marchitamiento por Fusarium; Frijoles

## 1. Introdução

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é considerada uma fonte rica em nutrientes e proteínas. Em todo o mundo são produzidas quase 27 milhões de toneladas de feijão (Faostat, 2021). Nas Américas, o Brasil é o maior produtor e consumidor desse feijão (3.069 mil toneladas) (Faostat, 2021). A área plantada no Brasil chega a 2.717 mil hectares. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná, Goiás, Mato Grosso e São Paulo (Conab, 2022).

A murcha de Fusarium causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* representa uma das doenças mais importantes do feijoeiro comum e afeta áreas produtoras de feijão em todo o mundo (Menezes, 2022; Nino-Sanhez *et al*., 2015). Os sintomas da murcha de Fusarium incluem clorose, murcha e senescência das folhas mais velhas. Com a progressão da doença, ocorre à murcha das folhas mais novas, necrose do ápice e do tecido vascular. Em seções longitudinais do caule, os tecidos vasculares adquirem uma coloração marrom-avermelhada (Batista *et al*., 2017).

O controle biológico de doenças de plantas é a supressão de populações de patógenos de plantas por organismos vivos (Heimpel e Mills, 2017). Entre os microrganismos benéficos podem ser selecionados isolados de bactérias que são eficazes contra patógenos e podem ser multiplicados em meios artificiais. As bactérias endofíticas e rizobactérias protegem as culturas de doenças por

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

diferentes modos de ação. Elas podem induzir resistência (Hashem *et al*., 2019), podem competir por nutrientes e espaço (Andric *et al*., 2020), ou ainda interagir diretamente por antibiose e produção de metabolitos com efeitos inibidores contra fitopatógenos (Tilocca *et al*., 2020).

Dentre as bactérias, destacam-se os gêneros *Bacillus*, *Stenotrophomonas*, *Sporolactobacillus*, *Paenibacillus*, *Lysinibacillus* no controle de patógenos e promoção de crescimento de plantas (Andric *et al*., 2020; Reys-Perez *et al*., 2019; Martins *et al*., 2022). A eficiência desses gêneros na proteção de plantas está associada ao seu potencial de sintetizar uma ampla gama de compostos voláteis e metabólitos secundários bioativos solúveis (Andric *et al*., 2022).

Não existem produtos biológicos registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para controle desse fitopatógeno em feijoeiro. Deste modo é necessário avaliar diferentes isolados de bactérias para o controle de *F. oxysporum* associado a murcha do feijoeiro. Diante disso, objetivou-se avaliar in vitro a ação dos compostos orgânicos voláteis produzidos por isolados bacterianos no controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi montado na Universidade Estadual de Montes Claros, *campus* Janaúba. Utilizou-se o isolado *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* procedente da Universidade Federal de Lavras e 40 isolados de bactérias entre elas, endofíticas e rizobactérias advindas da micoteca do Laboratório de Fitopatologia sendo trinta e quatro espécies de *Bacillus*, uma espécie de *Stenotrophomonas* sp., três de *Lysinibacillus*, uma de *Sporolactobacillus* sp. e uma de *Paenibacillus alvei*.

### 2.1 Multiplicação dos microrganismos

O isolado de Fusarium foi multiplicado em placa de Petri de nove cm contendo meio Batata, Dextrose e Ágar (BDA) por dez dias a 25ºC em escuro

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

contínuo. Após dez dias obteve-se discos de 5 mm de diâmetro do fungo que foram utilizados nos testes de pareamento e de produção de compostos voláteis. Os isolados bacterianos foram cultivados em meio Tryptic Soy Agar (TSA) por 48 horas. Após esse período, com o uso de solução salina 0,85% as colônias foram colocadas em suspensão e acondicionadas em potes de vidro.

### 2.2 Teste de voláteis

Em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio BDA foi depositado um disco de 5 mm de diâmetro do isolado fúngico *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Na parte interna da tampa da placa Petri foi vertido meio TSA e sobre este meio adicionou-se os isolados bacterianos. As placas foram mantidas em BOD em escuro continuo por 10 dias a 25ºC. Após este período estimou-se o diâmetro da colônia, esporulação e germinação com a mesma metodologia descrita anteriormente.

**Tabela 1.** Descrição de 40 isolados de bactérias endofíticas e rizobactérias utilizados no teste *in vitro.*

| Isolado | Espécie | GenBank |
|---|---|---|
| EB-4 | *Bacillus subtilis* | AY741264.1 |
| EB-87 | *Bacillus tequilensis* | HM770882.1 |
| EB-58 | *Bacillus pumilus* | JN082265.1 |
| EB-38 | *Stenotrophomonas* sp. | EU931559.1 |
| EB-COD-2 | *Bacillus pumillus* | HQ218993.1 |
| EB-133 | *Bacillus amyloliquefaciens* | AB301022.1 |
| EB-80 | *Bacillus* sp. | EU972777.1 |
| EB-64 | *Bacillus pumilus* | JF271873.1 |
| EB-44 | *Bacillus amyloliquefaciens* | GU122948.1 |
| EB-49 | *Bacillus licheniformis* | EU366371.1 |
| EB-26 | *Bacillus methylotrophicus* | HM209756.1 |
| EB-169 | *Bacillus pumilus* | FJ189791.1 |
| EB-194 | *Bacillus* sp. | FJ405377.1 |

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

| | | |
|---|---|---|
| EB-127 | *Sporolactobacillus* sp. | D16282.1 |
| EB-15 | *Bacillus pumilus* | GQ917222.1 |
| EB-24 | *Bacillus thuringiensis* | JF947357.1 |
| EB-71 | *Bacillus* sp. | HM461161.1 |
| EB-25 | *Bacillus cereus* | GU451184.1 |
| EB-50 | *Bacillus* sp. | HM769816.1 |
| RZ65 | *Bacillus amiloquefaciens* | KJ870199.1 |
| RZ44 | *Bacillus pumilus* | JF419325.1 |
| RZ41 | *Bacillus amiloquefaciens* | HM372880.1 |
| RZ43 | *Bacillus subtilis* | KJ655538.1 |
| RZ85 | *Bacillus subtilis* | EF423590.1 |
| RZ50 | *Bacillus pumilus* | KF641839.1 |
| RZ48 | *Paenibacillus alvei* | AB377108.1 |
| RZ3 | *Lysinibacillus sphaericus* | EU982902.1 |
| RZ42 | *Bacillus subtilis* | GQ395245.1 |
| RZ23 | *Bacillus tequilensis* | JF411319.1 |
| RZ26 | *Bacillus subtilis* | KR010179.1 |
| RZ34 | *Bacillus subtilis* | - |
| RZ22 | *Bacillus thuringiensis* | KR010173.1 |
| RZ21 | *Lysinibacillus sphaericus* | EU982902.1 |
| RZ5 | *Bacillus pumilus* | KF361365.1 |
| RZ66 | *Bacillus thuringiensis* | KF971833.1 |
| RZ61 | *Bacillus aerophilus* | JN867128.1 |
| RZ71 | *Lysinibacillus sphaericus* | FJ174625.1 |
| RZ86 | *Bacillus aquimaris* | KF358255.1 |
| RZ51 | *Bacillus cereus* | KR071870.1 |
| RZ39 | *Bacillus amiloquefaciens* | KP261025.1 |

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com 41 tratamentos e três repetições, sendo 40 bactérias e o tratamento testemunha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi utilizado o software "Sisvar" (Ferreira, 2011) para a análise estatística. A percentagem de redução dentro de cada variável avaliada foi determinada pela fórmula descrita por Mourão *et al*. (2003). Os dados foram submetidos a análise multivariada pelo software R.

## 3. Resultados

Houve diferença estatística para resposta área da colônia no teste de voláteis ($p<0,05$). A partir do teste de Scott Knott foi observou-se a formação de dois diferentes grupos (Tabela 2). Os isolados EB-80 (*Bacillus* sp.), RZ66 (*Bacillus thuringiensis*) e RZ22 (*Bacillus thuringiensis*) inibiram em 57,87%; 54,55% e 51,99% o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli.*

A germinação dos esporos foi influenciada pelos diferentes isolados bacterianos ($p<0,05$). A partir do teste de Scott Knott para esporos germinados observou-se a formação de nove diferentes grupos (Tabela 2). Noventa por cento dos isolados bacterianos inibiram a germinação de fungo. Dos 40 isolados bacterianos utilizados, 32,5% inibiram mais de 50% a germinação do fungo. Os menores valores de germinação foram encontrados nos isolados EB- COD 02 (*Bacillus pumilus*), EB-80 (*Bacillus* sp.), EB-71 (*Bacillus* sp.) e RZ34 (*Bacillus subtilis*).

Houve diferença estatística para variável resposta esporulação ($p<0,05$). A partir do teste de Scott Knott foi observado a formação de quatro diferentes grupos (Tabela 2). A testemunha ficou em um grupo isoladamente. Os isolados EB-26 (*Bacillus methylotrophicus*), EB-24 (*Bacillus thuringiensis*) e EB COD 02 (*Bacillus pumilus*) inibiram em 83,25%; 79,60% e 77,24% a esporulação de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

**Tabela 2.** Área da colônia, esporos germinados e esporos por área de colônia de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. submetido a teste de voláteis com diferentes isolados bacterianos.

| Isolado | Área da colônia ($cm^2$) | Isolado | Esporos germinados | Isolado | Esporos/$cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| EB-80 | 26,80 a | EB- COD 02 | 8,33 a | EB-26 | $5,9x10^4$ a |
| RZ66 | 28,91 a | EB-80 | 8,66 a | EB-24 | $7,2x10^4$ a |
| RZ22 | 30,54 a | EB-71 | 11,00 a | B-COD 02 | $8,0x10^4$ a |
| RZ34 | 31,95 a | RZ34 | 14,00 a | RZ21 | $8,1x10^4$ a |
| RZ26 | 32,64 a | EB-64 | 17,66 b | RZ44 | $8,2x10^4$ a |
| EB-71 | 33,26 a | EB-127 | 26,66 c | RZ66 | $8,6x10^4$ a |
| RZ41 | 33,62 a | EB-04 | 33,33 d | B-04 | $9,0x10^4$ a |
| EB-127 | 34,29 a | EB-194 | 38,33 d | EB-49 | $9,1x10^4$ a |
| EB-COD02 | 34,94 a | RZ43 | 40,66 d | EB-80 | $9,3x10^4$ a |
| EB-25 | 36,71 a | RZ48 | 41,33 d | EB-71 | $9,6x10^4$ a |
| RZ5 | 38,48 a | RZ41 | 43,33 d | RZ43 | $9,8x10^4$ a |
| EB-04 | 38,73 a | RZ26 | 46,66 e | EB-44 | $9,9x10^4$ a |
| EB-194 | 38,74 a | RZ66 | 50,00 e | RZ42 | $10,1x10^4$ a |
| RZ48 | 39,37 a | RZ85 | 53,33 e | EB-15 | $10,1x10^4$ a |
| RZ39 | 39,57 a | RZ22 | 58,33 e | EB-87 | $10,7x10^4$ a |
| EB-133 | 40,43 a | EB-26 | 69,33 f | EB-50 | $11,1x10^4$ a |
| RZ43 | 40,78 a | RZ5 | 72,00 f | EB-64 | $11,0x10^4$ a |
| EB-87 | 41,86 a | RZ65 | 73,33 f | RZ34 | $11,5x10^4$ a |

REMUNOM
ISSN 2178-6925
**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| RZ42 | 47,23 b | EB-25 | 80,33 g | RZ85 | 14,2 x$10^4$ a |
| EB-25 | 48,76 b | RZ-21 | 80,66 g | RZ-25 | 15,0x$10^4$ b |
| RZ23 | 50,66 b | RZ71 | 84,66 g | RZ61 | 15,5x$10^4$ b |
| RZ21 | 51,63 b | EB-58 | 86,66 h | EB-133 | 15,7x$10^4$ b |
| RZ61 | 52,30 b | EB-50 | 87,33 h | EB-58 | 15,9x$10^4$ b |
| RZ86 | 52,69 b | RZ3 | 87,66 h | RZ26 | 16,2x$10^4$ b |
| RZ50 | 53,69 b | RZ50 | 88,33 h | EB-38 | 16,4x$10^4$ b |
| EB-50 | 53,89 b | EB-87 | 91,33 h | EB-194 | 16,7x$10^4$ b |
| EB-24 | 55,24 b | EB-38 | 91,33 h | RZ71 | 16,9x$10^4$ b |
| RZ71 | 57,14 b | RZ51 | 91,66 h | RZ50 | 18,8x$10^4$ b |
| EB-38 | 57,14 b | RZ23 | 91,66 h | RZ39 | 18,8x$10^4$ b |
| RZ65 | 57,72 b | EB-49 | 91,66 h | RZ48 | 19,4x$10^4$ b |
| EB-58 | 58,34 b | RZ39 | 92,00 h | RZ22 | 19,5x$10^4$ b |
| RZ44 | 60,01 b | EB-133 | 93,00 h | RZ86 | 19,6x$10^4$ b |
| RZ51 | 61,33 b | RZ44 | 93,00 h | RZ3 | 19,6x$10^4$ b |
| EB-15 | 61,33 b | RZ86 | 97,33 i | EB-25 | 19,8x$10^4$ b |
| RZ3 | 63,62 b | EB-44 | 97,66 i | RZ23 | 20,7x$10^4$ b |
| EB-44 | 63,62 b | EB-169 | 99,33 i | RZ65 | 22,4x$10^4$ b |
| EB-169 | 63,62 b | EB-15 | 100,00 i | EB-127 | 25,5x$10^4$ c |
| Testemunha | 63,62 b | Testemunha | 100,00 i | Testemunha | 35,4x$10^4$ d |
| CV (%) | 17,32 | CV (%) | 7,79 | CV (%) | 28,75 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

## 4. Discussão

Os isolados EB-80 (*Bacillus* sp.), RZ66 (*B. thuringiensis*) e RZ22 (*B. thuringiensis*) inibiram em cerca de 50% o crescimento micelial do fungo. Isso demostra que os isolados bacterianos possuem diferentes mecanismos de biocontrole do fitopatógeno, uma vez que, alguns demostraram mais eficiência no controle direto e outros no teste de voláteis.

Dados recentes revelam que *Bacillus*, *Stenotrophomonas*, *Sporolactobacillus*, *Paenibacillus* e *Lysinibacillus* são capazes de produzir substâncias voláteis com atividade antifúngica (Martins *et al*., 2022). Os voláteis

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

são compostos de baixo peso molecular à base de carbono que têm alta pressão de vapor e evaporam facilmente à temperatura ambiente (Bennett *et al*., 2015). Os voláteis emitidos por bactérias são capazes de controlar fungos fitopatogênicos, insetos e nematoides. Os compostos voláteis microbianos são diversos em termos de estrutura química. Eles podem ser álcoois, cetonas, hidrocarbonetos, terpenos e ácidos graxos (Lemfack *et al*., 2018).

Os voláteis bacterianos prejudicaram o crescimento fúngico, bem como a formação e/ou germinação de esporos (Lo Cantore e Iacobellis, 2015; Boer *et al*., 2019). Compostos voláteis eficazes danificam a célula fúngica. Certos metabólitos voláteis bacterianos, por exemplo, podem prejudicar a homeostase celular fúngica e causar condições como estresse osmótico ou oxidativo. Estudos preliminares mostraram um retardo de crescimento de fungos fitopatogênicos causados por metabólitos voláteis emitidos por várias espécies bacterianas isoladas de rizosferas (Saeed *et al*., 2021; Das *et al*., 2022).

No processo de antagonismo, as bactérias acionam um conjunto de mecanismos para inibição do crescimento micelial, bem como da multiplicação e esporulação do fungo. Dentro desse contexto, existem vários mecanismos de ação, envolvidos na interação antagonista/patógeno, tais como: competição por nutrientes e por nichos ecológicos, sequestro de íons de ferro do ambiente, produção de metabólitos antimicrobianos e produção de compostos voláteis (Palmieri *et al*., 2022). Os isolados avaliados podem ter utilizado algum desses mecanismos, uma vez que houve controle de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

## 5. Conclusão

Os isolados EB-80, RZ66 e RZ22 inibiram em cerca de 50% o crescimento micelial do fungo por meio da produção de compostos voláteis. Trinta por cento dos isolados inibiram a germinação do fungo por meio da produção de compostos voláteis. Todos os isolados reduziram a esporulação do fungo por meio da produção de compostos voláteis.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), - Código de Financiamento 001 pela concessão de bolsas de pós-graduação; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro. Ao Ministério da Agricultura Pecuária (Mapa) pelo financiamento do projeto. Ao professor Ludwig Heirinch Pfenning, do Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Lavras, por ceder isolados fúngicos da micoteca.

## Referências

ANDRIC, S.; RIGOLRT, A.; ARIAS, A. A.; STEELS, S.; HOFF, G.; BALLEUX, G.; ONGENA, L.; HOFTE, M.; MEYER, T.; ONGENA, M. Plant-associated *Bacillus* mobilizes its secondary metabolites upon perception of the siderophore pyochelin produced by a *Pseudomonas* competitor. **The ISME Journal,** v.17, p.263-275, 2023.

ANDRIC, S.; MEYER, T.; ONGENA, M. *Bacillus* responses to plant-associated fungal and bacterial communities. **Frontiers in Microbiology**, v.11, n.1350, p.1-9, 2020.

BATISTA, R. O.; SILVA, L. C.; MOURA, L. M.; SOUZA, M. H.; CARNEIRO, P. C. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; CARNEIRO, J. E. S. Inheritance of resistance to fusarium wilt in common bean. **Euphytica**, v.213, n.133, p.1-12, 2017.

BENNETT, J. W.; INAMDAR, A. A. Are some fungal volatile organic compounds (vocs) mycotoxins? Toxins, v.7, p.3785-3804, 2015.

BOER, W.; LI, X.; MEISNER, A.; GARBEVA, P. Pathogen suppression by microbial volatile organic compounds in soils. **FEMS Microbiology Ecology**, v.95, n.8, p.1-19, 2019.

CHEN, L.; WU, Q.; HE, W.; HE, T.; WU, Q.; MIAO, Y. Combined de novo transcriptome and metabolome analysis of common bean response to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* infection. **International Journal of Molecular Sciences**, v.20, n.6278, p.1-20, 2019.

CONAB (2022). Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos_08.09.pdf>. Acesso em 20 junho de 2023.

DAS, P.; EFFMERT, U.; BAERMANN, G.; QUELLA, M.; PIECHULLA, B.; Impact of bacterial volatiles on phytopathogenic fungi: an in vitro study on microbial competition and interaction. **Journal of Experimental Botany**, v.73, n.2, p.596-614, 2022.

DIMIKIC, I.; JANKIEV, T.; PETROVIC, M.; DEGRASSI, G.; FIRA, D. Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms - A review. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.117, p.101754, 2022.

FAOSTAT (2021). Crops and livestock products, bean. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em 22 de maio de 2023.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

HASHEM, A.; TABASSUM, B.; ALLAH, E. F. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.26, p.1291-1297, 2019.

HEIMPEL, G. E.; MILLS, N. J. Biological control. Cambridge University Press, 2017.

LEMNFACK, M. C.; GOHLKE, B. O.; TOGUEM, S. M. T.; SASKIA, P.; PIECHULLA, B.; PREISSNER, R. mVOC 2.0: a database of microbial volatiles. **Nucleic Acids Research**, v.46, p.1-5, 2018

LIU, Y.; HUANG, Y.; LI, Z.; FENG, M.; GE, W.; ZHONG, C.; XUE, R. Genome-wide identification of the TGA genes in common bean (*Phaseolus vulgaris)* and revealing their functions in response to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* infection. **Frontiers in Genetics**, p.1-12, 2023.

LO CANTORE, P.; IACOBELLIS, A. Bioactivity of volatile organic compounds produced by Pseudomonas tolaasii. **Frontiers in Microbiology**, v.6, p.1082, 2015

LOPES, E. P.; RIBEIRO, R. C.F.; XAVIER, A. A.; ALVES, R. M.; CASTRO, M. T.; MARTINS, M. J.; ALMEIDA, L. G. DE.; MIZOBUTSI, E. H.; SANTOS NETO, J, A. Effect of *Bacillus subtilis* on *Meloidogyne javanica* and on tomato growth promotion**. Journal of Experimental Agriculture International**, v.35, n.1, p.1-8, 2019a.

LOPES, E. O.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; CASTRO, M. T.; ALVES, R. M.; MARTINS, M. J.; ALMEIDA, L. G.; MIZOBUTSI, E. H.; SANTOS NETO, J. A. Liquid *Bacillus subtilis* formulation in rice for the control of *Meloidogyne javanica* and lettuce improvement. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.26, n.1, p.1-9, 2019b.

MARTINS, M. J.; XAVIER, A. A.; CARDOSO, I. C.; SILVEIRA, D. F.; RIBEIRO, R. C.; PIMENTA, S.; NIETSCHE, S. Autochthonous endophytic bacteria from *Musa* sp. controls *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* under in vitro conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.94, n.3, p.1-14, 2022.

MENEZES, A. S. DE. **Espécies do *Complexo Fusarium oxysporum* associadas à murcha de Fusarium do feijoeiro**. 2022. 42p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

NINO-SANCHEZ, J.; TELLO, V.; CASTILHO, V. C. D.; THON, M. R.; BENITO, E. P.; DIAZ-MINGUEZ, J. M. Gene expression patterns and dynamics of the colonization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by highly virulent and weakly virulent strains of *Fusarium oxysporum*. **Frontiers in Microbiology**, v.6, n.234, p.1-14, 2015.

PALMIERI, D.; IANIRI, G.; GROSSO, C. D.; BARONE, G.; CURTIS, F. DE.; CASTORIA, R.; LIMA, G. Advances and perspectives in the use of biocontrol agents against fungal plant diseases. **Horticulturae**, v.8, n.577, p.1-34, 2022.

REYS-PEREZ, J. J.; HERNANDEZ-MONTIEL, L. G.; VERO, S.; NOA-CARRAZANA, J. C.; QUINONES-AGUILAR, E. E.; RINCO-ENRIQUEZ, G. Postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* on mango using the marine bacterium *Stenotrophomonas* rhizophila and its possible mechanisms of action. **Journal of Food Science and Technology**, v.21, p.1-8, 2019.

RIBEIRO, R. C. F.; CAMPOS, V. P.; XAVIER, A.A; ROCHA, L. S.; RIBEIRO, H. B.; AGUIAR, F. M.; SOUZA, R. M.; MIZOBUTSI, E. H.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Rizobactérias no

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/03/2026 - **Accepted:** 13/05/2026
**Vol**: 13.09
**DOI**: 10.66104/wx3jjm52
**Pages:** 1-13

controle de *Meloidogyne javanica* e mal do panamá em bananeira. **Nematropica**, v.42, p.218-226, 2012.

SAEED, Q.; XIUKANG, W.; HAIDER, F. U.; KUCERIK, J.; MUMTAZ, Z.; HOLATKO, J.; NASEEM, M.; KUNTL, A.; EJAZ, M.; NAVEED, M.; BRTNICKY, M.; MUSTAFA, A. Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: a comprehensive review of effects and mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, p.10529, 2021.

SANTOS, B. H. C. DOS.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; SANTOS NETO, J. A. DOS.; MIZOBUTSI, E. H. Nitrogen fertilization and rhizobacteria in the control of *Meloidogyne javanica* in common bean plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.1, p.430-437, 2019.

SHMUTZ, J.; MCCLEAN, P. E.; MAMIDI, S.; WU, A. G.; CANNON, S. B.; GRIMWOOD, J.; JENKIS, J.; SHU, S.; SONG, Q.; CHAVARRO, C.; TORRES, M. T.; GEFFROY, V.; MOGHADDAM, S. M.; GAO, D.; ABERNATHY, B.; BARRY, K.; BLAIR, M.; BRICK, M. A.; CHOVATIA, M.; GEPTS, P.; GOODSTEIN, D. M.; GONZALES, M.; HELLSTEN, U.; HYTEN, D. L.; JIA, G.; KELLY, J. D.; KUDRNA, D.; LEE, R.; RICHARD, M. M. S.; MIKLAS, P. N.; OSORNO, J. M.; RODRIGUES, J.; THAREAU, V.; URREA, C. A.; WANG, M.; YU, M.; ZHANG, M.; WING, R. A.; CREGAN, P. B.; ROKHSAR, D. S.; JACKSON, S. A. A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. **Nature Genetics**, v.46, n.7, p.707-713, 2014.

TILOCCA, B.; CAO, A.; MIGHELI, Q. Scent of a killer: Microbial volatilome and its role in the biological control of plant pathogens. **Frontiers in Microbiology,** v.11, n.41, p.1-13, 2020.