v7.n11.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO POTENCIAL ANTAGONISTA DE AGENTES BIOLÓGICOS SOBRE *FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. PASSIFLORAE*

IN VITRO EVALUATION OF THE ANTAGONISTIC POTENTIAL OF BIOLOGICAL AGENTS AGAINST FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. PASSIFLORAE

EVALUACIÓN IN VITRO DEL POTENCIAL ANTAGONISTA DE AGENTES BIOLÓGICOS SOBRE FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. PASSIFLORAE

Rafaella Cristina da Silva[1], Juliana Araújo Santos Martins[2]

e7119297
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i11.9297

PUBLICADO: 11/2026

RESUMO

A fusariose do maracujazeiro, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, constitui um importante problema fitossanitário da cultura, devido à dificuldade de manejo e à persistência do patógeno no solo. Nesse contexto, o controle biológico apresenta-se como uma alternativa promissora para o manejo da doença. Assim, objetivou-se avaliar, *in vitro*, o potencial antagonista de agentes biológicos sobre *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, constituídos por testemunha, *Bacillus velezensis* BV09, *B. velezensis* BV02 e *Trichoderma asperellum* BVF24. O antagonismo foi avaliado durante sete dias, considerando o crescimento micelial do fitopatógeno para cálculo da porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) e o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Verificou-se efeito significativo dos tratamentos para PIC e IVCM, com maior capacidade de restrição do crescimento micelial promovida por *T. asperellum*. O *B. velezensis* BV02 apresentou efeito intermediário, enquanto BV09 não promoveu inibição mensurável do crescimento micelial. Conclui-se que *T. asperellum* apresentou maior potencial antagonista sobre *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* em condições *in vitro*, constituindo agente promissor para estudos posteriores de controle biológico da fusariose do maracujazeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Controle biológico. Maracujazeiro.

ABSTRACT

Passion fruit fusariosis, caused by Fusarium oxysporum *f. sp.* passiflorae*, is an important phytosanitary problem in the crop due to the difficulty of management and the persistence of the pathogen in the soil. In this context, biological control represents a promising alternative for disease management. Therefore, this study aimed to evaluate,* in vitro*, the antagonistic potential of biological agents against* F. oxysporum *f. sp.* passiflorae*. The experiment was conducted in a completely randomized design with four treatments and six replications, consisting of a control,* Bacillus velezensis *BV09,* B. velezensis *BV02, and* Trichoderma asperellum *BVF24. Antagonistic activity was evaluated over seven days based on the mycelial growth of the pathogen, the percentage inhibition of mycelial growth (PIMG), and the mycelial growth rate index (MGRI). The data were subjected to analysis of variance, and when significant, the means were compared using Tukey's test at a 5% probability level.*

[1] Graduanda em Engenharia Agronômica pelo IFTM – Campus Uberlândia.
[2] Doutora em Fitopatologia/Fitotecnia pela Universidade Federal de Uberlândia e professora pesquisadora na área de fitopatologia do IFTM – Campus Uberlândia.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Significant treatment effects were observed for PIMG and MGRI, with T. asperellum *showing the greatest capacity to restrict mycelial growth.* B. velezensis *BV02 showed an intermediate effect, whereas BV09 did not promote measurable inhibition of mycelial growth. It is concluded that* T. asperellum *showed the greatest antagonistic potential against* F. oxysporum *f. sp.* passiflorae *under* in vitro *conditions, representing a promising agent for further studies on the biological control of passion fruit fusariosis.*

KEYWORDS: Fusarium oxysporum *f. sp.* passiflorae*. Biological control. Passion fruit.*

RESUMEN
La fusariosis del maracuyá, causada por Fusarium oxysporum *f. sp.* passiflorae*, constituye un importante problema fitosanitario para el cultivo debido a la dificultad de su manejo y a la persistencia del patógeno en el suelo. En este contexto, el control biológico se presenta como una alternativa prometedora para el manejo de la enfermedad. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar,* in vitro*, el potencial antagonista de agentes biológicos sobre* F. oxysporum *f. sp.* passiflorae*. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y seis repeticiones, constituidos por un testigo,* Bacillus velezensis *BV09,* B. velezensis *BV02 y* Trichoderma asperellum *BVF24. El antagonismo se evaluó durante siete días, considerando el crecimiento micelial del fitopatógeno, el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PIC) y el índice de velocidad de crecimiento micelial (IVCM). Los datos se sometieron a análisis de varianza y, cuando se observaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se observó un efecto significativo de los tratamientos sobre la PIC y el IVCM, destacándose* T. asperellum *por su mayor capacidad para restringir el crecimiento micelial.* B. velezensis *BV02 presentó un efecto intermedio, mientras que BV09 no promovió una inhibición mensurable del crecimiento micelial. Se concluye que* T. asperellum *presentó el mayor potencial antagonista sobre* F. oxysporum *f. sp.* passiflorae *en condiciones* in vitro*, constituyéndose como un agente prometedor para estudios posteriores de control biológico de la fusariosis del maracuyá.*

PALABRAS CLAVE*:* Fusarium oxysporum *f. sp.* passiflorae*. Control biológico. Maracuyá.*

INTRODUÇÃO

A produção de maracujá ocupa posição de destaque na fruticultura brasileira, em razão da expressiva demanda do mercado interno e da importância econômica da cultura, especialmente para pequenos e médios produtores. Favorecido pelas condições edafoclimáticas predominantes em grande parte do território nacional, o Brasil destaca-se como um dos principais produtores e consumidores da fruta (CAPANEMA *et al.*, 2018).

Entre as espécies cultivadas, o maracujá-azedo (*Passiflora edulis*) apresenta grande importância comercial, sendo destinado ao consumo *in natura* e ao processamento industrial (MELETTI, 2011). Entretanto, a produtividade da cultura é limitada por diversos problemas fitossanitários, entre os quais se destaca a fusariose, causada pelo *Fusarium oxysporum* f. sp.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

passiflorae. Esse patógeno, habitante do solo, pode colonizar o sistema vascular, ocasionando murcha, seca das hastes e, posteriormente, a morte das plantas.

A fusariose constitui um importante desafio à produção de maracujá, principalmente pela dificuldade de manejo após a introdução do patógeno no solo. A ausência de produtos registrados e de métodos de controle altamente eficientes reforça a necessidade de estratégias alternativas, como o controle biológico, que apresenta potencial para reduzir o desenvolvimento de fitopatógenos e contribuir para a redução da dependência de produtos químicos e de seus impactos ambientais (LARANJEIRA *et al.*, 2018).

Entre os microrganismos de interesse para o controle biológico, destacam-se espécies dos gêneros *Trichoderma* e *Bacillus*, capazes de atuar por mecanismos como competição por espaço e nutrientes, produção de compostos antagônicos e indução de mecanismos de defesa das plantas. Esses mecanismos podem contribuir para a redução do desenvolvimento de fitopatógenos e para a promoção da saúde vegetal (BRASIL, [s. d.]; BETTIOL et al., 2019). Estudos da Embrapa Meio Ambiente também têm demonstrado a importância da atividade microbiana do solo na supressão de patógenos habitantes do solo, como *Fusarium oxysporum*, evidenciando o potencial de comunidades microbianas no antagonismo a esses fitopatógenos (MORANDI *et al.*, 2024).

Apesar desse potencial, ainda são necessários estudos que avaliem a eficiência de diferentes agentes biológicos sobre *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*. A comparação entre antagonistas pode contribuir para a identificação de agentes promissores e subsidiar futuras pesquisas voltadas ao desenvolvimento de estratégias de controle biológico mais sustentáveis para a cultura.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial antagonista de *Trichoderma asperellum* BVF24, *Bacillus velezensis* BV02 e *B. velezensis* BV09 sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* em condições in vitro. Especificamente, buscou-se avaliar o efeito desses agentes sobre o desenvolvimento do patógeno, determinar sua velocidade de crescimento e comparar o potencial antagonista dos tratamentos.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

A fruticultura brasileira nos últimos anos, em razão do alto consumo e exportação, tem se classificado como um segmento em expansão, consolidando-se como uma atividade estratégica no setor agrícola (ABRAFRUTAS, 2023). Além disso, entre seus precursores econômicos está a cultura do maracujazeiro, sendo o Brasil considerado o maior produtor e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

consumidor de maracujá do mundo, de acordo com a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016). Apesar de a região Nordeste deter a liderança na produção de maracujá do país, o Sudeste se destaca com estados como Espírito Santo, responsável por 19.347 toneladas, e Minas Gerais, que registrou 14.054 toneladas em área colhida, sendo o quinto maior produtor nacional (CENSO AGROPECUÁRIO, 2017).

Dentre as espécies mais cultivadas está o maracujá-amarelo, ou azedo, destinado à produção industrial e ao consumo de mesa, e o maracujá-doce, para consumo in natura (RUGGIERO *et al.*, 1996). Do maracujá aproveita-se tudo: o fruto é consumido in natura e utilizado na fabricação de sucos e polpas (FALEIRO et al., 2011). Além disso, seu bagaço, sementes e folhas são utilizados em produtos farmacêuticos em razão de seus efeitos medicinais (ALMEIDA *et al.*, 2022). A propagação comercial da cultura é realizada por mudas via pé-franco, garantindo vigor e qualidade no campo (GONTIJO, 2019).

O maracujazeiro destaca-se entre as frutíferas de importância econômica e social no Brasil, contribuindo para a geração de renda e empregos, especialmente em sistemas de produção vinculados à agricultura familiar. A cultura apresenta elevada demanda de mão de obra ao longo de seu ciclo produtivo, o que favorece a geração de postos de trabalho e a movimentação da economia local. Além disso, o cultivo do maracujazeiro apresenta potencial de rentabilidade em razão da valorização comercial de seus frutos, constituindo uma alternativa relevante para a diversificação da produção agrícola e geração de renda no meio rural (FALEIRO *et al.*, 2011).

As condições climáticas tropicais e subtropicais predominantes em grande parte do território brasileiro favorecem o cultivo do maracujazeiro, possibilitando a produção de até três safras ao longo do ano, por até três anos (VIANA *et al.*, 2014). Entretanto, apesar desse potencial produtivo, a ocorrência de doenças constitui um dos principais fatores limitantes à produtividade, à longevidade e à sustentabilidade dos pomares. Entre as principais doenças da cultura, destaca-se a fusariose, causada por fungos do gênero *Fusarium*, que pode comprometer o desenvolvimento das plantas e ocasionar reduções expressivas na produtividade. Em sistemas de produção mais tecnificados, a doença pode reduzir a produtividade potencial de aproximadamente 50 t ha^{-1} para 14,1 t ha^{-1}, além de antecipar a necessidade de erradicação e renovação dos pomares em outro local, especialmente em condições de elevada severidade da doença (LOPES *et al.*, 2018).

A fusariose no maracujazeiro, também conhecida como murcha de Fusarium, é uma doença radicular causada pelo fungo *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP). Esse patógeno é

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

considerado um fungo edáfico patogênico, capaz de trazer danos consideráveis ao crescimento, desenvolvimento e produtividade da frutífera (LIMA, 2020). A doença ataca o sistema radicular e vascular da planta, ocasionando a sua morte precoce (DARIVA *et al.*, 2015). O fungo, através de pequenos ferimentos ou aberturas naturais nas raízes, penetra nos vasos condutores do maracujá, provocando obstrução e dificultando a passagem de água e nutrientes à parte aérea (FERREIRA *et al.*, 2015). Esse tipo de mecanismo de infecção provoca murcha, paralisação do crescimento, desfolha, seca prematura de frutos e ramos, e as folhas podem apresentar ainda colorações verde-foscas ou verde-amareladas e interior do caule com estrias de cor ferruginosa (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016).

A transmissão da doença é realizada através de mudas doentes, solos e equipamentos contaminados, e pela água de irrigação. A fusariose não possui controle curativo e, quando presente, é necessário realizar o arranquio de plantas doentes da área, o que pode levar a perdas de produção superiores a 90% (GUIMARÃES; MADEIRA, 2017). Segundo um estudo epidemiológico realizado na Bahia, 82% dos campos produtores apresentavam sintomas referentes à fusariose (GUIMARÃES, 2015). A dimensão da doença e os danos causados por ela têm afetado os pomares, e o quadro se agrava pelo fato de o fungo ser capaz de produzir, quando exposto a condições adversas, estruturas de resistência denominadas clamidósporos, que permitem sua sobrevivência no solo por mais de 20 anos (LESLIE; SUMMERELL, 2006; NELSON; TOUSSOUN; COOK, 1981).

Diante desse cenário, recomenda-se evitar a renovação do pomar em áreas previamente contaminadas, uma vez que o patógeno pode persistir no solo e comprometer o estabelecimento de novos cultivos. Por se tratar de uma doença de solo, o manejo da fusariose é particularmente complexo, levando à busca por estratégias capazes de reduzir os danos e as perdas decorrentes da doença. Mesmo em pomares tecnificados, o controle fitossanitário apresenta limitações, visto que o controle químico não proporciona resultados eficazes (ALABOUVETTE *et al.*, 2009) e não há fungicidas registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para o controle da fusariose do maracujazeiro.

Entre as estratégias disponíveis, destacam-se as medidas preventivas, como a utilização de mudas certificadas e a implantação da cultura em áreas sem histórico da doença, o que contribui para a redução do risco de introdução e disseminação do patógeno (COSTA *et al.*, 2023). Destaca-se também o uso de cultivares e porta-enxertos geneticamente resistentes, considerados importantes estratégias para reduzir as perdas decorrentes da doença (LIMA, 2018). Entretanto, embora essas medidas contribuam para o manejo da fusariose, não são suficientes para eliminar os riscos associados à presença do patógeno, especialmente em razão

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de sua persistência no solo e custo superior da muda enxertada. Dessa forma, as limitações das estratégias atualmente disponíveis reforçam a necessidade de ampliar a investigação de métodos alternativos de controle que possam contribuir para o manejo integrado da doença.

Diante desse cenário, o controle biológico tem sido uma alternativa estudada para controle da doença, e estima-se que seja capaz de trazer resultados satisfatórios, evitando a utilização de produtos químicos e, consequentemente, a contaminação do solo, da água e do ar (ARAÚJO *et al.*, 2010). Diversos microrganismos têm sido investigados, assim como as técnicas aplicadas para a sua implementação no manejo de doenças, como a fusariose. Nesse cenário, microrganismos antagonistas como o *Trichoderma spp.* e o *Bacillus spp.* destacam-se como ferramentas eficientes devido ao seu potencial multifuncional, abrangendo o biocontrole de fitopatógenos e a promoção da saúde e resistência vegetal (ELNAHAL *et al.*, 2022).

Somado a essas estratégias, estudos desenvolvidos pela Embrapa Meio Ambiente têm demonstrado o potencial do controle biológico conservacionista desses agentes por meio da indução da supressividade dos solos aos fitopatógenos. Esse fenômeno está associado à atuação da microbiota do solo sobre o patógeno, por meio de mecanismos como competição por recursos, antibiose e parasitismo, contribuindo para a redução de sua capacidade de estabelecimento e desenvolvimento (MORANDI *et al.*, 2024).

O gênero *Trichoderma*, pertencente ao filo Ascomycota, é composto por fungos de ocorrência natural no solo, onde podem atuar como organismos saprofíticos ou estabelecer interações parasíticas com outros fungos (SANTOS, 2008). Além de sua ampla distribuição no ambiente, espécies desse gênero apresentam reconhecido potencial como agentes de controle biológico, contribuindo para o manejo de fitopatógenos e promovendo efeitos benéficos sobre o desenvolvimento vegetal, como a melhoria na germinação de sementes, no estabelecimento inicial de plântulas e no incremento da produtividade. Entre as espécies de *Trichoderma* que apresentam essas características, destacam-se *T. harzianum, T. asperellum, T. koningii, T. viride, T. hamatum, T. virens, T. stromaticum* e *T. pseudokoningii* (PEDRO *et al.*, 2012).

A eficiência de *Trichoderma* no controle de fitopatógenos está relacionada à atuação de diferentes mecanismos, que podem ocorrer de forma isolada ou simultânea, incluindo competição por nutrientes e espaço, antibiose, micoparasitismo, produção de enzimas líticas, indução de mecanismos de defesa das plantas e promoção do crescimento vegetal (FISCHER *et al.*, 2010; MONTE *et al.*, 2019). Esses mecanismos permitem que o antagonista interfira no estabelecimento e no desenvolvimento de diferentes patógenos, incluindo espécies de *Fusarium*. Entre eles, destaca-se o micoparasitismo, caracterizado pela capacidade de reconhecer,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

colonizar e degradar fungos fitopatogênicos, especialmente aqueles de hábito filamentoso (HARMAN; SHORESH, 2007).

O processo de micoparasitismo inicia-se com o reconhecimento do fungo-alvo pelo *Trichoderma*, seguido pelo crescimento direcionado em sua direção e pela interação física entre as hifas (CHET *et al.*, 1981). Durante esse processo, ocorre a produção de enzimas hidrolíticas capazes de degradar componentes da parede celular do patógeno, como quitinases, glucanases e proteases, favorecendo sua ruptura e consequente colonização pelo antagonista (CHET *et al.*, 1998). Dessa forma, a combinação desses mecanismos confere ao *Trichoderma* elevado potencial para atuar na supressão de fitopatógenos presentes no solo e constitui uma das bases para sua utilização no controle biológico de doenças de plantas.

As rizobactérias do gênero *Bacillus* são amplamente reconhecidas pelo potencial como agentes de controle biológico e promotores do crescimento vegetal, sendo encontradas naturalmente na rizosfera. Entre as espécies de interesse agrícola destacam-se *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* e *B. velezensis*. Esses microrganismos podem favorecer a germinação de sementes, o estabelecimento e o desenvolvimento das plantas, além de contribuir para a supressão de fitopatógenos radiculares (LANNA FILHO *et al.*, 2010). A capacidade de *Bacillus spp*. de atuar no controle de doenças está relacionada à combinação de mecanismos de ação, como antibiose, competição por nutrientes e espaço e indução de resistência nas plantas (CAWOY *et al.*, 2011). Além disso, algumas espécies são capazes de produzir metabólitos bioativos com atividade antimicrobiana, contribuindo para a inibição do crescimento e do estabelecimento de fitopatógenos (CAWOY et al., 2011; MEDEIROS; BETTIOL, 2021).

Outro aspecto de relevância para a utilização de *Bacillus* spp. como agentes de biocontrole é a capacidade de formação de endósporos, estruturas altamente resistentes a condições ambientais adversas. Essa característica favorece a sobrevivência e a estabilidade dos microrganismos e possibilita a obtenção de formulações com maior vida de prateleira, constituindo uma vantagem para sua produção e comercialização (LAZZARETTI; MELO, 2005; CAWOY *et al.*, 2011). Dessa forma, a combinação entre os múltiplos mecanismos de ação, a capacidade de promover o crescimento vegetal e a formação de estruturas resistentes confere ao *Bacillus* spp. elevado potencial para utilização no manejo biológico de doenças de plantas.

Diante do potencial apresentado por *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. no controle de fitopatógenos, a utilização desses microrganismos representa uma alternativa promissora para o manejo da fusariose do maracujazeiro. Entretanto, a eficiência dos agentes de biocontrole pode variar de acordo com o microrganismo utilizado, o patógeno-alvo e as condições de interação

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

entre ambos, tornando necessária a avaliação de diferentes agentes quanto à sua capacidade antagonista. Nesse sentido, estudos *in vitro* constituem uma etapa importante para a seleção preliminar de microrganismos com potencial de inibição do crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, permitindo identificar agentes mais promissores para estudos posteriores em condições de cultivo.

2. METODOLOGIA

2.1. Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberlândia, localizado no município de Uberlândia, Minas Gerais, sob condições controladas de temperatura e umidade.

2.2. Obtenção e preparo do isolado de *Fusarium oxysporum* f. sp. p*assiflorae*

O isolado de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* utilizado no experimento foi obtido a partir de mudas de maracujazeiro (Passiflora edulis Sims) sintomáticas provenientes de um pomar localizado na Fundação de Excelência Rural de Uberlândia (FERUB). Para a obtenção do isolado, foram selecionadas plantas que apresentavam sintomas compatíveis com a doença, incluindo escurecimento do sistema radicular, necrose na região do colo, escurecimento dos tecidos vasculares, murcha e morte das plantas.

Fragmentos de tecidos vegetais provenientes das regiões lesionadas foram coletados e submetidos à desinfestação superficial em solução de hipoclorito de sódio a 1%, durante um minuto. Após esse período, os fragmentos foram lavados em água destilada esterilizada, com a finalidade de remover os resíduos da solução desinfestante, e posteriormente foram secos sobre papel-filtro estéril. Em seguida, os fragmentos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA), preparado de acordo com as recomendações do fabricante. As placas foram mantidas em câmara de crescimento, a 25 ± 2 °C, durante sete dias, para permitir o desenvolvimento das colônias fúngicas. Após o crescimento inicial, foram realizadas sucessivas repicagens das colônias obtidas, visando à obtenção e à manutenção de culturas puras do fungo.

2.3. Obtenção dos agentes biológicos

Os agentes biológicos utilizados no experimento foram provenientes de produtos comerciais fornecidos pela empresa Vittia Defesa e Nutrição Vegetal. Um dos tratamentos foi

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

constituído pelo produto comercial Biobaci®, formulado à base de *Bacillus velezensis* BV09, apresentado na formulação de suspensão concentrada (SC), com concentração mínima de 0,85 × 10^8 UFC mL^{-1}. O segundo produto avaliado foi o Bio-Imune®, também formulado à base de *Bacillus velezensis*, contendo a cepa BV02 e apresentado na formulação de suspensão concentrada, com concentração mínima de 3,0 × 10^9 UFC mL^{-1}. O terceiro agente biológico avaliado foi o produto Tricho-Turbo OD®, formulado à base de *Trichoderma asperellum* BVF24, com concentração mínima de 1,0 × 10^8 UFC mL^{-1}. Os produtos foram avaliados em suas formulações comerciais, sem a realização de ajustes ou padronização das concentrações microbiológicas entre os diferentes agentes.

2.4. Delineamento experimental e avaliação do antagonismo *in vitro*

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos: T1: testemunha, sem aplicação de agente biológico; T2: Biobaci® (*Bacillus velezensis* BV09); T3: Bio-Imune® (*Bacillus velezensis* BV02); T4: Tricho-Turbo OD® (*Trichoderma asperellum* BVF24).

Cada tratamento foi constituído por seis repetições, sendo cada repetição representada por uma placa de Petri de 90 mm, totalizando 24 unidades experimentais. A avaliação do potencial antagonista dos agentes biológicos sobre o crescimento de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* foi realizada *in vitro*, considerando-se as particularidades biológicas de cada agente antagonista e utilizando meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA).

Para os tratamentos contendo *Bacillus velezensis* (Biobaci® e Bio-Imune®), foi disposto, no centro de cada placa de Petri, um disco de micélio de *F. oxysporum f. sp. passiflorae*, com 5 mm de diâmetro. Em seguida, foram adicionadas duas alíquotas de 25 µL do respectivo produto comercial sobre discos de papel-filtro, posicionados em lados opostos da placa, equidistantes entre si e a aproximadamente 1 cm do disco do fitopatógeno. Para o tratamento contendo *Trichoderma asperellum* BVF24, presente no produto Tricho-Turbo OD®, foi empregada a técnica de cultivo pareado, conforme descrita por Dennis e Webster (1971). Um disco de micélio do antagonista com 5 mm de diâmetro foi disposto em uma extremidade da placa de Petri, enquanto um disco de igual diâmetro do fitopatógeno foi posicionado na extremidade oposta, de modo a promover o confronto direto entre os microrganismos.

Após a instalação dos tratamentos, as placas foram vedadas com filme plástico e incubadas em câmara de crescimento a 25 ± 2 °C. As avaliações foram realizadas durante sete dias ou até que a colônia da testemunha atingisse os limites da placa de Petri. O crescimento das colônias foi avaliado diariamente, iniciando-se 24 horas após a instalação do experimento.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O crescimento foi determinado a partir da média de duas medições realizadas em sentidos perpendiculares, utilizando-se um paquímetro digital. Para a avaliação do efeito dos tratamentos sobre o desenvolvimento de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, foram utilizadas as variáveis de crescimento micelial, sendo elas: porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) e o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM).

A porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) foi determinada conforme a metodologia proposta por Edgington *et al.* (1971), utilizando-se a seguinte equação:

$$PIC\ (\%) = [(C - T) / C] \times 100$$

Em que: C = crescimento micelial médio da testemunha (mm); T = crescimento micelial médio do tratamento (mm).

O índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) foi calculado a partir das avaliações diárias do diâmetro das colônias, sendo que menores valores indicaram maior redução da velocidade de crescimento do fitopatógeno, conforme a metodologia descrita por Oliveira (1991), utilizando-se a seguinte equação:

$$IVCM = \Sigma[(D - Da) / N]$$

Em que: D = diâmetro médio atual da colônia (mm); Da = diâmetro médio da colônia na avaliação anterior (mm); N = número de dias após a inoculação.

2.5. Análise estatística

Os dados obtidos para as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), após a verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR®.

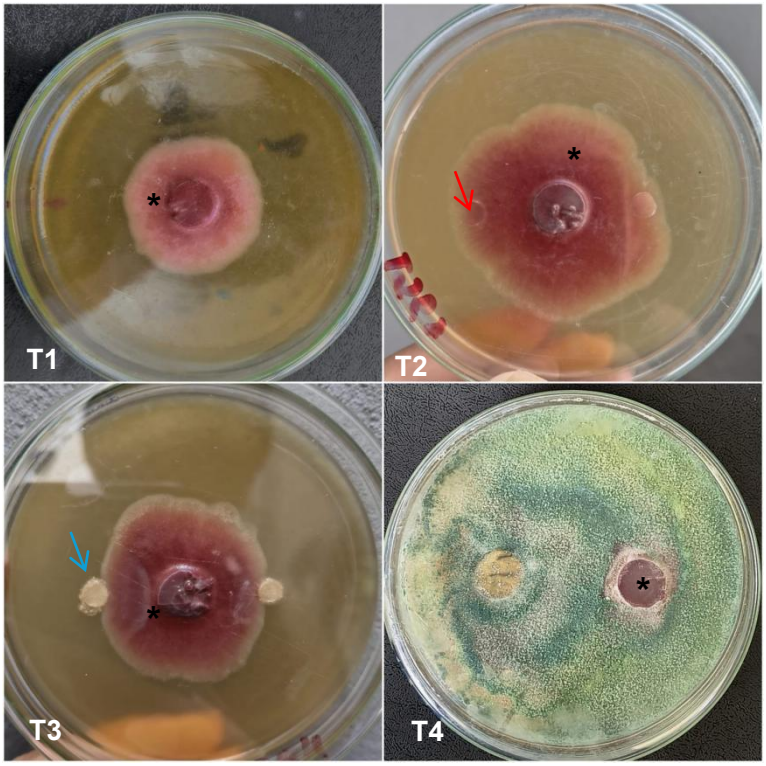
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) e ao índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (Tabelas 1 e 2). O tratamento T4 apresentou o desempenho mais expressivo, com 74% de inibição do crescimento micelial e o menor IVCM (2,17), diferindo dos demais tratamentos. O tratamento T3 apresentou efeito intermediário, com 30,33% de inibição do crescimento micelial e IVCM de 11, enquanto T2 não promoveu inibição

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

mensurável do crescimento micelial, embora tenha apresentado IVCM de 6,5. Os resultados visuais inibitórios podem ser observados na Figura 1.

Figura 1. Efeito *in vitro* dos tratamentos biológicos no crescimento micelial do *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae* ao final de sete dias



T1: testemunha; T2: Biobaci® (*Bacillus velezensis* BV09); T3: Bio-Imune® (*Bacillus velezensis* BV02); T4: Tricho-Turbo OD® (*Trichoderma asperellum*). Asterisco (*): colônia de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*; seta vermelha: disco contendo *B. velezensis* BV09; seta azul: disco contendo *B. velezensis* BV02. As imagens correspondem a repetições representativas dos tratamentos. Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Visualmente, os tratamentos apresentaram comportamentos distintos quanto à interação com *F. oxysporum* f. sp. p*assiflorae (*Figura 1). A testemunha evidenciou o crescimento naturalmente lento, mas gradual, enquanto T2 não promoveu inibição perceptível do crescimento do fitopatógeno. Em T3, observou-se interação entre os microrganismos com aparente limitação do crescimento do patógeno. Já em T4, o rápido crescimento de *T. asperellum* promoveu ampla ocupação do meio de cultura e restringiu o desenvolvimento do fitopatógeno, evidenciando maior capacidade antagonista nas condições avaliadas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 1. Percentual de inibição do crescimento micelial (PIC) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* em cultivo pareado com agentes de controle biológico ao longo de sete dias

TRATAMENTOS	PIC (%)	
T1	0	a1
T2	0	a1
T3	30,33	a2
T4	74	a3
CV (%) = 18,53		

T1: Testemunha; T2: Biobaci® (BV09); T3: Bio-Imune® (BV02); T4: Tricho-Turbo OD®.
Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Índice de velocidade de crescimento micelial de Fusarium *oxysporum* f. sp. *passiflorae* em cultivo pareado com agentes de controle biológico ao longo de sete dias

TRATAMENTOS	IVCM	
T1	7,17	a1
T3	11	a1
T2	6,5	a2
T4	2,17	a3
CV (%) = 16,72		

T1: Testemunha; T2: Biobaci® (BV09); T3: Bio-Imune® (BV02); T4: Tricho-Turbo OD®.
Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A análise conjunta do percentual de inibição do crescimento micelial (PIC) e do índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) (Tabelas 1 e 2) evidenciou o maior potencial antagonista de T4, que apresentou o maior PIC e o menor IVCM, indicando maior restrição ao

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

desenvolvimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Esse resultado pode estar relacionado aos mecanismos de antagonismo descritos para espécies do gênero *Trichoderma*, incluindo competição por nutrientes e espaço e micoparasitismo (CHET, 1987). Nas condições avaliadas, o crescimento e a ocupação do meio de cultura pelo *Trichoderma asperellum* BVF24 foram acompanhados pela expressiva supressão do crescimento do fitopatógeno (Figura 1).

O tratamento T3 apresentou resposta intermediária, com PIC de 30,33% (Tabela 1), indicando inibição parcial do crescimento micelial. Entretanto, seu IVCM não diferiu estatisticamente daquele observado na testemunha (Tabela 2), demonstrando que a redução do crescimento final não foi acompanhada por diferença significativa na velocidade de crescimento micelial. Esses resultados indicam atividade antagonista parcial de *Bacillus velezensis* BV02 nas condições *in vitro* avaliadas, embora inferior à observada em T4.

O tratamento T2 apresentou PIC de 0%, indicando ausência de inibição mensurável do crescimento micelial ao final do período de avaliação (Tabela 1). Apesar de apresentar IVCM inferior ao da testemunha, essa diferença não demonstra, isoladamente, efeito inibitório efetivo sobre o crescimento final da colônia. Resultado semelhante foi relatado por Santos (2026), que não observou redução significativa do crescimento micelial de *Fusarium crassistipatum* pelo isolado de *Bacillus velezensis* BC004. Em conjunto, esses achados sugerem que a resposta antagonista de *B. velezensis* pode variar conforme o isolado, o fitopatógeno e as condições experimentais.

De modo geral, os agentes biológicos apresentaram respostas distintas frente a *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, com maior potencial antagonista para *T. asperellum* BVF24, seguido de *B. velezensis* BV02, que promoveu inibição parcial. Os resultados constituem evidências do potencial desses agentes nas condições *in vitro* avaliadas, mas não permitem concluir sobre sua eficiência no controle da fusariose em plantas. Assim, são necessários estudos complementares que avaliem a interação entre os agentes biológicos, o fitopatógeno e o maracujazeiro, visando verificar a eficácia desses tratamentos em condições de cultivo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o *Trichoderma asperellum* BVF24 apresentou maior potencial antagonista sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* nas condições *in vitro* avaliadas, destacando-se pela capacidade de restringir o crescimento micelial do fitopatógeno. O *Bacillus velezensis* BV02 promoveu inibição parcial, enquanto o BV09 não apresentou inibição

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

mensurável ao final do ensaio. Estudos complementares são necessários para avaliar o desempenho desses agentes no controle da fusariose em plantas de maracujazeiro.

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. A revolução da fruticultura sustentável: tendências e inovações. 6 dez. 2023. Disponível em: https://abrafrutas.org/2023/12/a-revolucao-da-fruticultura-sustentavel-tendencias-e-inovacoes/. Acesso em: 26 ago. 2026..

ALABOUVETTE, C. *et al.* Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing *Fusarium oxysporum*. New Phytologist, v. 184, p. 529–544, 2009.

ALMEIDA, S. L. *et al.* Aproveitamento, características fitoquímicas e atividades biológicas da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener): uma revisão bibliográfica. In: AMARAL, J. F. do (org.). Abordagens interdisciplinares sobre plantas medicinais e fitoterapia: saúde, sustentabilidade e biodiversidade. [S. l.]: Editora Científica Digital, 2022. p. 118–128. DOI: https://doi.org/10.37885/220308127.

ARAÚJO, J. M. M. *et al.* Técnicas agroecológicas aplicadas à agricultura familiar. Natal: EMPARN, 2010. 30 p.

BETTIOL, W. *et al.* Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). Trichoderma: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019. pt. 1, cap. 2, p. 45–160.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. AGROFIT: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, [s. d.]. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/. Acesso em: 26 ago. 2026

CAPANEMA, L. M.; FREDO, C. E.; SACHS, R. C.; KAYANO, A. C. K. Pesquisa e inovação no desenvolvimento de cultivares de maracujá-amarelo no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 56., 2018, Campinas. Anais [...]. Campinas: SOBER, 2018. p. 1–13.

CAWOY, H.; BETTIOL, W.; FICKERS, P.; ONGENA, M. Bacillus-based biological control of plant diseases. In: STOYTCHEVA, M. (ed.). Pesticides in the modern world: pesticides use and management. Rijeka: InTech, 2011. p. 273–302.

CENSO AGROPECUÁRIO. Resultados definitivos: agricultura: maracujá. 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br. Acesso em: 6 fev. 2025.

CHET, I. Trichoderma: application, mode of action and potential as a biocontrol agent of soil borne plant pathogenic fungi. In: CHET, I. (ed.). Innovative approaches to plant disease control. New York: J. Wiley, 1987. p. 137–160.

CHET, I.; BENHAMOU, N.; HARAN, S. Mycoparasitism and lytic enzymes. In: HARMAN, G. E.; KUBICEK, P. (ed.). Trichoderma and Gliocladium. London: Taylor and Francis, 1998. v. 2, p. 153–172.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CHET, I.; HARMAN, G. E.; BAKER, R. *Trichoderma hamatum*: its hyphal interactions with *Rhizoctonia solani* and *Pythium* spp. Microbial Ecology, v. 7, n. 1, p. 29–38, 1981.

COSTA, M. V. P. *et al.* Management and productivity of yellow passion fruit in a rural property in the municipality of Caririaçu – CE: a case study. Research, Society and Development, v. 12, n. 1, e3812139255, 2023.

DARIVA, J. M. *et al.* Variabilidade genética de isolados de *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* associados ao maracujazeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 377–386, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-119/14.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. III. Hyphal interactions. Transactions of the British Mycological Society, v. 57, p. 359–363, 1971.

EDGINGTON, L. V.; KHEW, K. L.; BARRON, G. L. Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. Phytopathology, v. 61, n. 1, p. 42–44, 1971.

ELNAHAL, A. S. M. *et al.* The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: a review. European Journal of Plant Pathology, v. 162, n. 4, p. 759–792, 2022.

FALEIRO, F. G. *et al.* Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: histórico e perspectivas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. (ed.). Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 341 p.

FERREIRA, R. B. *et al.* Resíduos orgânicos no controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Acta Biológica Colombiana, v. 20, n. 3, p. 1–10, 2015.

FISCHER, I. H. *et al.* Avaliação de passifloráceas, fungicidas e Trichoderma para o manejo da podridão-do-colo do maracujazeiro, causada por Nectria haematococca. Bauru: APTA, 2010.

GONTIJO, G. M. Cultivo do maracujá: informações básicas. 2. ed. Brasília, DF: Emater-DF, 2019. 39 p. (Coleção Emater, n. 26).

GUIMARÃES, A. L. S. Prevalência, incidência e padrão espacial da fusariose do maracujazeiro no estado da Bahia. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

GUIMARÃES, T. G.; MADEIRA, N. R. Sistema Filho: fruticultura integrada com lavouras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa, 2017. (Circular Técnica).

HARMAN, G. E.; SHORESH, M. The mechanisms and applications of symbiotic opportunistic plant symbionts. In: VURRO, M.; GRESSEL, J. (ed.). Novel biotechnologies for biocontrol agent enhancement and management. Dordrecht: Springer, 2007. p. 131–155.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas, v. 4, n. 2, p. 12–20, 2010.

LARANJEIRA, F. F. *et al.* Fusariose do maracujazeiro: etiologia, epidemiologia e estratégias de manejo. In: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (org.). Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 75–94. ISBN 978-85-7946-321-1.

LAZZARETTI, E.; MELO, I. S. Influência de Bacillus subtilis na promoção de crescimento de plantas e nodulação de raízes de feijoeiro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. The Fusarium laboratory manual. 6. ed. Ames: Blackwell, 2006. 388 p.

LIMA, A. F. Espécies de Fusarium associadas a sementes de maracujá. 2020. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

LIMA, L. K. S. Espécies de Passiflora e sua combinação de enxertia no manejo da fusariose. 2018. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. Recife: EDUFRPE, 2018. ISBN 978-85-7946-321-1.

MEDEIROS, C. A. A.; BETTIOL, W. Multifaceted intervention of *Bacillus* spp. against salinity stress and Fusarium wilt in tomato. Journal of Applied Microbiology, v. 131, n. 5, p. 2387–2401, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/jam.15095.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. esp. 1, p. 83–91, 2011.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). Trichoderma: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181–199.

MORANDI, M. A. B. *et al.* (ed.). Agricultura & meio ambiente: a busca pela sustentabilidade. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 101 p. ISBN 978-65-5467-054-8.

NELSON, P. E.; TOUSSOUN, T. A.; COOK, R. J. (ed.). Fusarium: diseases, biology and taxonomy. University Park: The Pennsylvania State University Press, 1981. 193 p.

OLIVEIRA, J. A. Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (Cucumis sativus L.) e pimentão (Capsicum annuum L.). 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

PEDRO, E. A. S. *et al.* Promoção do crescimento do feijoeiro e controle da antracnose por *Trichoderma* spp. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 47, n. 11, p. 1589–1595, 2012.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

RUGGIERO, C. *et al.* Maracujá para exportação: aspectos técnicos para produção. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1996.

SANTOS, H. A. dos. *Trichoderma spp. como promotores de crescimento em plantas e como antagonistas a Fusarium oxysporum*. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

SANTOS, I. I. dos. Avaliação do potencial de Bacillus megaterium e Bacillus velezensis no controle de fitopatógenos que acometem a cultura da soja. 2026. Trabalho de pesquisa de mestrado (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2026.

VIANA, B. F.; SILVA, F. O.; ALMEIDA, A. M. Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. (org.). *Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo*. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 255–280.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.