



**Universidade Federal de Sergipe  
Campus do Sertão  
Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão**



**JOÃO VICTO OLIVEIRA DE SANTANA**

**ATIVIDADE ANTAGÔNICA A *Fusarium spp.*  
DE BIOPROSPECTO DO CERRADO E RESTINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/SE

Maio de 2023

Nossa Senhora da Glória/SE

Maio de 2023

JOÃO VICTO OLIVEIRA DE SANTANA

ATIVIDADE ANTAGÔNICA A *Fusarium* spp.  
DE BIOPROSPECTO DO CERRADO E RESTINGA

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Fabiano Branco Rocha

Coorientador: Matheus Emmanuel Oliveira Vieira

Nossa Senhora da Glória/SE

Maio de 2023

Nossa Senhora da Glória/SE

Maio de 2023

Nossa Senhora da Glória/SE

Maio de 2023

JOÃO VICTO OLIVEIRA DE SANTANA

**ATIVIDADE ANTAGÔNICA A *Fusarium spp.*  
DE BIOPROSPECTO DO CERRADO E RESTINGA**

Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 04/05/2023

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Fabiano Branco Rocha  
Universidade Federal de Sergipe  
(Orientador)

---

Prof.(a) Dr. Renata Silva Mann  
Universidade Federal de Sergipe  
(Banca examinadora)

---

Mestre Wallison Oliveira Vieira  
BIOMULTI SOLUÇÕES EM AGRONEGÓCIOS  
(Banca examinadora)

*Dedico este trabalho a minha mãe e meu pai  
que são exemplos guerreiros, e meus maiores  
incentivadores.*

## Agradecimentos

- Quero agradecer primeiramente a Deus, por nunca ter me abandonado, e nos momentos em que mais precisei, me deu forças, e encorajou a passar por cima de várias pedras que estavam pelo caminho, sem Ele acredito que não teria chegado tão longe.
- A minha irmã Maria Victória, pela compreensão e cuidado de sempre, a minha família e em especial aos meus pais Ana Neri e Benedito, obrigado por todo o esforço que fizeram para que eu pudesse estudar, saibam que foram essenciais para minha formação e vida. Nunca vou esquecer disso e espero poder retribuir de alguma forma um dia.
- Gostaria de agradecer aos professores e técnicos por todo ensinamento passado, puxões de orelha, dicas de mercado de trabalho, por todo o esforço e dedicação para conosco.
- De forma geral, agradeço a todo pessoal que trabalha no Campus e fazem dele um lugar atrativo e de ambiência boa, parabéns pela dedicação e empenho.
- Agradeço aos meus companheiros de república, Layla e Francisco vocês fizeram os dias em Nossa Senhora Glória melhores, contem sempre comigo.
- Aos meus vizinhos Pardal, Ledinha, Thayná, Tamires, e as vizinhas Ially, Mileny, Bia e Luiza, obrigado pelas conversas, risadas e pela amizade formada ao longo desse tempo.
- Aos meus amigos de Nossa Senhora da Glória, Mayk, Vandeson, Joana e Karol, aos de São Cristóvão, David, Jackeline e Michele, obrigado por fazerem a estadia mais tranquila, pelas risadas, conversas, trocas de conhecimento e por me emprestarem a internet para fazer o TCC, lembrarei de vocês sempre.
- Agradeço ao meu orientador professor Fabiano, coorientador Matheus Emmanuel Oliveira Vieira, supervisor técnico Wallison Oliveira Vieira e a todo pessoal da empresa BIOMULTI e do Grupo de Pesquisa em Conservação, Melhoramento e Gestão de Recursos Genéticos (GENAPLANT) que me acolheram e ajudaram no desenvolvimento da minha pesquisa.
- Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para meu crescimento e me apoiaram nessa jornada de estudos, meu muito obrigado.

*“Já conheci o pouco. Ter muito é o plano. Tô recusando as gotas, o foco é o oceano.”*

Autor desconhecido

## ATIVIDADE ANTAGÔNICA DE BIOPROSPECTO DO CERRADO E RESTINGA AO *Fusarium* spp.

### Resumo

A avaliação do potencial de controle *in vitro* de microrganismos é de extrema importância, uma vez que permite testá-los e compará-los antes aplicar a campo. Dessarte essa ideia, com este trabalho avaliou-se *in vitro* o potencial de dois bioprospectos no controle biológico do fitopatógeno *Fusarium* spp. O experimento foi conduzido no laboratório de sementes e de fitopatologia da Universidade Federal de Sergipe, em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamentos. Os tratamentos foram compostos pelo ensaio de confronto entre o *Fusarium* spp. e os bioprospectos da restinga, do cerrado e a *Bacillus subtilis*. O tratamento controle consistiu apenas na presença do fungo fitopatogênico. Foram avaliados o halo de inibição, o crescimento micelial, o índice de velocidade de crescimento, a taxa de crescimento e a porcentagem de inibição ao *Fusarium* spp. O tratamento controle apresentou um maior crescimento micelial a 120 e a 168 h, conseqüentemente um maior índice de velocidade e uma maior taxa do crescimento, enquanto os demais tratamentos não diferiram entre si. Observou-se a formação do halo de inibição em todos os tratamentos, de modo que os bioprospectos não diferiram dos halos em *Bacillus subtilis* em relação a porcentagem de inibição a *Fusarium*. Portanto, os microrganismos biosprospectos possuem a capacidade de controlar *in vitro* o fitopatógeno *Fusarium* spp.

**Palavras-chave:** Controle Biológico; Sustentabilidade; Bioinsumos.

## Índice

Lista de figuras .....	10
Lista de siglas (opcional).....	11
<b>1. Introdução .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Revisão de literatura .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>18</b>
3.1 Objetivo geral .....	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
<b>4. Metodologia.....</b>	<b>18</b>
<b>5. Resultados e discussão.....</b>	<b>22</b>
<b>6. Conclusões .....</b>	<b>29</b>
<b>7. Referências bibliográficas.....</b>	<b>30</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Medição do crescimento micelial do <i>Fusarium</i> spp. com o paquímetro digital.....	19
Figura 2. Halo de inibição ao 6º dia de avaliação. ....	22
Figura 3. Formação do halo de inibição nos tratamentos.....	23
Figura 4. Inibição de crescimento micelial (%) de <i>Fusarium</i> spp. após incubação em estufa B.O.D por 7 dias .....	23
Figura 5. Comparação entre os tratamentos e a testemunha após 24 horas, 72 horas e 168 horas de incubação.....	25
Figura 6. Crescimento micelial do <i>Fusarium</i> spp. mediante aplicação dos tratamentos ao longo das 168 h .....	26
Figura 7. Taxa de crescimento micelial do <i>Fusarium</i> spp. pareados com os microrganismos ....	27
Figura 8. Índice de velocidade de crescimento micelial do <i>Fusarium</i> spp. ao sétimo dia nos diferentes tratamentos .....	28

**Lista de siglas (opcional)**

FO	<i>Fusarium</i> spp.
B1	Bioprospecto restinga
B2	Bioprospecto cerrado
NS	Não significativo
HI	Halo de inibição
B.O.D	Biological Oxygen Demand
SMS	Síndrome da Morte Súbita
V	Velocidade de crescimento micelial
a	Raio final do micélio
b	Raio inicial do micélio
t	Duração em número de dias que foram avaliados
Tx	Taxa de crescimento micelial
PIC	Percentual de inibição de crescimento micelial
df	Diâmetro final
ndi	Número de dias de incubação
mAc	Média do diâmetro do crescimento micelial nas placas controle
mAt	Média do diâmetro do crescimento micelial nas placas tratadas

## 1. Introdução

O aumento da população mundial tem propiciado um acréscimo na demanda por alimentos oriundos da agricultura, onde para o ano de 2030 o planeta passará a ter em torno de 8,5 bilhões de pessoas, o que promoverá um aumento em torno de 35% na demanda por alimento, 40% na demanda de energia e por volta de 50% por água, gerando assim uma maior necessidade produtiva por parte dos produtores (EMBRAPA, 2021; AGENCIA BRASIL, 2021). Com isso, devido a quantidade de áreas agricultáveis encontradas, o Brasil vem representando um dos principais produtores de alimentos do mundo, utilizando o aporte tecnológico disponível e investimentos que são feitos nas áreas de ciências e inovação agropecuária (EMBRAPA, 2014).

O Brasil se encontra na quarta posição na produção de grãos (arroz, cevada, soja, milho e trigo) mundial, sendo responsável por 7,8% da produção mundial, representando o segundo maior exportador do mundo, com 19% de participação no mercado internacional (EMBRAPA, 2021).

As pesquisas e investimentos em novas tecnologias garantem uma maior procedência na qualidade do alimento, maior capacidade de melhoria no rendimento produtivo das culturas e uma produção com menor degradação ambiental. Desta forma se busca a implantação de cultivos cada vez mais sustentáveis e econômicos, pois, por ser considerado um setor dinâmico e estar sempre sujeito a alterações climáticas e ataques de pragas e doenças, faz-se necessárias pesquisas frequentes que potencializem as formas de produção e otimizem os sistemas produtivos. Tendo em vista que o Brasil se comprometeu junto a outros membros da ONU implantar e seguir os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030. Para isso, necessita seguir os requisitos bases de enquadramento e para atender o objetivo 12 é preciso “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”, buscando alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, alcance o manejo ambiental saudável dos produtos químicos e todos os resíduos ao longo de todo o ciclo de vida destes, apoie os países em desenvolvimento para fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar os padrões mais sustentáveis de produção e consumo (ONU, 2015).

Com esse cenário novas tecnologias vêm sendo criadas diariamente para melhoria das atividades agrícolas, e com isso, surgem novas ideias, formulados e formas de controle de pragas e doenças, mais sustentáveis e viáveis economicamente. Como alternativa tecnológica a ser utilizada, a bioprospecção de microrganismos tem mostrado elevado potencial no descobrimento de organismos benéficos as lavouras, pois, busca por novos compostos e antibióticos oriundos da ação de microrganismos, os quais podem atuar no crescimento vegetal ou mesmo para controle de pragas e doenças, beneficiando diretamente o controle biológico nos cultivos agrícolas (LUGTENBER; KAMILOVA, 2009; ZHAO, J. *et al.*, 2018). Diante disso, o controle biológico

com microrganismos bioprospectados utiliza inimigos naturais encontrados na própria natureza e que não deixam resíduos nos alimentos, além de serem inofensivos ao meio ambiente e a saúde humana. Possibilitando desta forma controlar pragas e fitopatógenos causadores de doenças agrícolas, de modo a reduzir o uso de insumos químicos, minimizando contaminações ambientais e reduzindo os riscos aos trabalhadores e consumidores de forma geral.

No entanto, mais pesquisas são necessárias para desbravar a microbiota em diferentes regiões do Brasil, objetivando identificar microrganismos adaptados com potencial uso para o controle biológico. Mediante esse cenário, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de controle *in vitro* de dois bioprospectos no controle biológico de *Fusarium* spp. a partir da avaliação da taxa de crescimento micelial e redução na velocidade de crescimento micelial do fungo fitopatogênico. Onde, espera-se que os bioprospectos utilizados promovam a inibição do crescimento micelial e reduza a velocidade de crescimento de *Fusarium* spp. por meio da ação direta dos microrganismos sobre o fungo.

## 2. Revisão de literatura

O crescente aumento demográfico no mundo e os impactos que ele causa ao planeta, traz um grande desafio, que é, como aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável? Uma das soluções é a otimização das áreas agricultáveis através do uso de tecnologias que causem um menor impacto ao meio ambiente. Para tanto se faz necessário investimentos em pesquisas que busquem desenvolver tecnologias agropecuárias sustentáveis.

Neste cenário o Brasil vem se tornando um país competitivo no âmbito do agronegócio mundial, chegando a ser considerado como um dos mais importantes celeiros de produção de alimentos do planeta, isto devido aos investimentos destinados a pesquisas no setor, com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), permitindo o desenvolvimento de sistemas produtivos cada vez mais dinâmicos e competitivos (OLIVEIRA, 2016; EMBRAPA, 2014), de modo que o país alcançará o patamar de líder mundial no fornecimento de alimentos (TRENTIN *et al.*, 2022). Além da criação da EMBRAPA, os investimentos feitos nas universidades através de pesquisas via graduação, programas de mestrado e doutorado também vem contribuindo para o desenvolvimento do agronegócio mundial promovendo cada vez mais incrementos tecnológicos para o setor agrícola, e ainda, estimula o senso crítico dos pesquisadores, os preparando cada vez mais para o mercado de trabalho atual (TEIXEIRA *et al.*, 2015).

Com o objetivo de enfrentar esse desafio, torna-se fundamental um aumento significativo no rendimento e na qualidade dos sistemas produtivos atuais, uma vez que as plantas são frequentemente atacadas por pragas e patógenos que podem provocar perdas econômicas e baixos rendimentos produtivos nas áreas cultivadas.

Sabendo que o solo é o principal responsável por promover o habitat das culturas e manter as interações entre a planta e o meio ambiente, faz-se necessária uma maior atenção por parte dos produtores, pois, existem muitos organismos benéficos que o habitam, que podem favorecer ou prejudicar os cultivos agrícolas (ORTIZ; SANSINENEA, 2022).

Os solos presentes em ecossistemas naturais fornecem reservatórios potenciais para patógenos fúngicos, o que representa um desafio para a produtividade agrícola. Por isso, é importante compreender a distribuição atual e futura dos microrganismos patógenos das plantas e como controlá-los para evitar impactos negativos. Cerca de 15% da produção agrícola global é perdida devido a ataques de patógenos, principalmente fungos de solo, considerados os mais agressivos para as plantas, como *Alternaria alternata* ou *Fusarium oxysporum*, que representam uma ameaça à segurança alimentar devido à baixa eficiência do controle químico existente contra eles. (BAQUERIZO *et al.*, 2020).

O gênero *Fusarium* pertence ao filo Ascomycota, ordem Hypocreales e família Nectriaceae, compreendendo um grupo de fungos filamentosos que representam uma ameaça às plantas e à saúde humana. Este grupo de fitopatógenos é responsável por provocar perdas significativas na produtividade de lavouras de soja em todo o mundo, variando de 10 a 100% dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura no momento da infecção pelo patógeno, da qualidade do genótipo utilizado e das condições ambientais existentes. (CROUS *et al.*, 2021; PLOETZ, 2015; HARTMAN *et al.*, 2015).

Foi relatado que a murcha de *Fusarium* causada por *F. oxysporum* Schlechtend: Fr. F. sp ciceris (Padwick) T. Matuo & K. Satō é a doença mais grave do grão-de-bico nas principais áreas de cultivo do oeste e noroeste do Irã, além de ter sido relatada em cultivos em todo o mundo. De maneira semelhante, a podridão radicular também representa uma ameaça ao setor agrícola de forma geral, bem como à cultura da soja (*Glycine max* L.). (ABDELMAGID *et al.*, 2020; YOUNESI *et al.*, 2021).

Esse gênero de patógenos representa um grupo de fungos filamentosos que é capaz de causar danos em plantas cultivadas incluindo perda no rendimento de produtos agrícolas. Abrangem patógenos frequentes ou endofíticos e que conseguem se adaptar em ampla gama de habitats desde o solo até as inflorescências (KEE *et al.*, 2020).

A taxonomia dos fungos se desenvolveu por meio de informações morfológicas, metabólicas e genômicas, nas quais a identificação das espécies leva em consideração aspectos como formato, formação de macro e microconídios e a presença de ramificações nas hifas em várias espécies. O crescimento micelial é determinado por meio de condições favoráveis (MOURA *et al.*, 2020).

O gênero *Fusarium* presente no solo pode ser transmitido para as áreas de cultivo por meio de sementes contaminadas. De forma geral, esses fungos infectam e colonizam as sementes, causando queima das mudas, podridão das vagens e das sementes, o que reduz a germinação, o vigor e a qualidade das sementes. Esses patógenos afetam diretamente o rendimento da cultura. (CHANG *et al.*, 2020). Pelo menos 14 espécies do gênero *Fusarium* spp. foram detectadas em sementes de soja na América do Norte. Esse gênero é considerado o mais isolado e, por ser um gênero de fungos fitopatogênicos com ampla ocorrência nessas áreas, tornou-se um dos patógenos mais importantes. Em 2012, pesquisas o elegeram em quarto e quinto lugar na posição de grupos de patógenos mais importantes para a agricultura, por meio do *F. graminearum* e *F. oxysporum*, respectivamente. (CHANG *et al.*, 2020; MUNKVOLD *et al.*, 2021).

Dentre as principais doenças causadas pelo *Fusarium* está a Síndrome da Morte Súbita (SMS), cujos agentes causais até o momento registrados são o *F. virguliforme*, *F. tucumaniae*, *F.*

*brasiliense* e *F. crassistipitatum*, que pertencem ao complexo do *F. solani* (AOKI *et al.*, 2005). A infecção dessa doença tem início pelo sistema radicular da planta se espalhando para as demais áreas à medida que a doença se agrava, isto devido a capacidade que os fungos desse gênero têm de liberar micotoxinas como fumonisinas, tricotecenos e mais de 200 compostos produzidos que são derivadas do metabolismo secundário do fungo e causam efeitos diversos sobre as culturas afetadas (SCHIWEK *et al.*, 2020; HARTMAN *et al.*, 2019). A infecção pode ocorrer nos vasos condutores e ser translocada até as folhas causando clorose foliar internerval e necrose. A raiz apresenta manchas com tons avermelhados, comumente mais visíveis na raiz principal e geralmente localizadas a 1 ou 2 cm no subsolo, sendo observada uma evolução da infecção que circunda as raízes, tornando-se visível uma coloração castanho-avermelhada escura, e com a evolução da infecção, permite a observação de uma massa azulada formada por conídios do patógeno (FREITAS *et al.*, 2004; HARTMAN *et al.*, 2015; NAVI; YANG, 2016).

O uso de fungicidas químicos para controlar o *Fusarium* é comum mas pode ter efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente. Com isso, sabe-se que na rizosfera é possível encontrar uma comunidade microbiana que em muitos casos estão fortemente associadas às raízes das plantas de forma complexa com grande variedade de interações biológicas entre elas planta-patógeno, planta-micorriza, associação entre plantas com fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico, ou na atuação como rizobactérias na promoção de crescimento vegetal (YIN *et al.*, 2021; MARIN *et al.*, 2021). Associada a estas interações, as comunidades de microrganismos podem também ser afetadas pelo ciclo vegetativo e por propriedades físico-químicas do solo. Nestas comunidades além de organismos patogênicos, encontram-se também fungos, bactérias e actinobactérias que possuem a ampla atividade contra fitopatógenos, por meio da produção de metabólitos antimicrobianos secundários (antibiose), parasitismos, competição, enzimas líticas, e outros (MILANESI, 2013). Além disso, a implantação de sistemas produtivos mais sustentáveis vem sendo uma alternativa viável para produtores que buscam reduzir custos produtivos sem causar tantos danos ambientais e, ao mesmo tempo, manter altos níveis de produtividade. Nesse sentido, o controle biológico por meio de microrganismos surge como uma alternativa para produtores que desejam reduzir o uso de agrotóxicos e os custos associados, uma vez que o manejo biológico é considerado uma tecnologia atraente a ser adicionada ao manejo integrado de pragas e doenças. Além de reduzir impactos ambientais, essa prática promove benefícios como promoção de crescimento, indução de resistência, ganhos foliares e supressão de muitas doenças. (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Considerando o controle biológico nas áreas, alguns organismos bacterianos têm se mostrado promissores na restrição do uso de agrotóxicos, devido ao seu amplo mecanismo de ação

antagonista, que inclui o parasitismo direto ou predação, a antibiose, a competição por nutrientes e espaço, bem como a indução de resistência do hospedeiro. A produção de antibióticos é um dos mecanismos de ação mais relevantes para esse tipo de controle. (OLIVEIRA, 2015). Bactérias do gênero *Bacillus* induzem o sistema de defesa da planta, tornando-a menos susceptível ao ataque de patógenos, promovendo o crescimento por meio da produção de fitormônios. Somado a este fato bactérias deste gênero melhoram a assimilação dos nutrientes pelas plantas, participam dos processos de fixação de nitrogênio (N), solubilizam o fósforo (P) e reduzem os estresses abióticos (KHEDHER *et al.*, 2021; VALLEJO *et al.*, 2020; DUKARE; PAUL, 2021). Além disso, a produção de enzimas como lipases e quitinases é um mecanismo de ação efetivo no controle de fungos fitopatogênicos, pois essas enzimas são capazes de degradar a parede celular dos fungos, que é composta principalmente de quitina e lipídeos. Com isso, esse controle biológico por meio da ação de metabólitos produzidos pela bactéria permite o controle de muitos patógenos causadores de doenças (MORANDI; BETTIOL, 2009; OLIVEIRA, 2015), o que torna a bioprospecção de microrganismos uma alternativa viável para o controle do *Fusarium* nos últimos anos.

A bioprospecção refere-se à busca de novos microrganismos com potencial para aplicações biotecnológicas, e envolve o isolamento e triagem em vários ambientes incluindo sementes, frutos, solos, partes vegetativas de plantas, água e sedimentos marinhos (ZHAO *et al.*, 2018; PRASTIYANTO, 2022). Considerada uma ferramenta essencial na descoberta de novos produtos e compostos biologicamente ativos para controle biológico na agricultura, a microbiologia destaca-se por ser uma importante fonte de compostos bioativos com diversas estruturas químicas e atividades biológicas. Além disso, a microbiologia é crucial para a descoberta de novas enzimas utilizadas em processos industriais e de biorremediação (OYELEKE; AINA, 2020). Destaca-se ainda que a bioprospecção representa uma abordagem promissora para a busca por novas cepas com potencial probiótico para a agricultura (MANZANO; ESTEVE-ZARZOSO, 2019).

Um estudo realizado por Zhao *et al.* (2018) teve como objetivo investigar a diversidade antifúngica de bactérias endofíticas em plantas de soja. Foram avaliadas 82 bactérias, das quais 37 apresentaram atividade antifúngica contra o *Fusarium* spp. *in vitro*. Os autores identificaram que as bactérias com maior atividade antifúngica pertenciam aos gêneros *Bacillus*, *Paenibacillus* e *Streptomyces*. Além disso, os resultados recentes sugerem que microrganismos probióticos podem ajudar no controle de fungos fitopatogênicos.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo geral

Objetivou-se avaliar o potencial antagônico *in vitro* de dois bioprospectos no controle biológico de *Fusarium* spp.

#### 3.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar o crescimento micelial do fitopatógeno *Fusarium* spp.;
- b) Determinar o índice de velocidade de crescimento micelial do *Fusarium* spp. quando cultivado em confronto com os biosprospectos e *Bacillus subtilis*; Avaliar a taxa de redução de crescimento micelial do *Fusarium* spp. quando confrontados com os bioprospectos e *Bacillus subtilis*;
- c) Estimar a porcentagem de inibição dos bioprospectos e *Bacillus subtilis* ao crescimento micelial do *Fusarium* spp.;
- d) Observar e definir a formação do halo de inibição entre os bioprospectos e *Bacillus subtilis* quando confrontado com o *Fusarium* spp.

### 4. Metodologia

#### 4.1. Local de realização do experimento e origem dos microrganismos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Sementes e Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Sergipe, campus São Cristóvão, e teve como apoio da empresa BIOMULTI® que forneceu as cepas dos microrganismos de sua coleção e do Grupo de Pesquisa GENAPLANT, no desenvolvimento do trabalho. Os microrganismos trabalhados foram prospectados pela empresa em área de vegetação nativa em região de Restinga e Cerrado.

#### 4.2. Teste de confronto

O ensaio de confronto foi feito em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos com 10 repetições (Tabela 1).

**Tabela 1.** Teste de confronto entre os microrganismos.

Confronto de antagonismo	Microrganismos	Tratamentos <i>Fusarium</i> (F)
1	<i>Fusarium</i> (F)	F X F
2	Bioprospecto da Restinga (BR)	BR X F
3	Bioprospecto do Cerrado (BC)	BC X F
4	<i>Bacillus subtilis</i> (BS)	BS X F

As combinações de antagonismo foram testadas em placas de Petri com 90 mm de diâmetro, esterilizadas em autoclave a 120°C, na pressão de 0,12 mPa por 15 minutos, nas quais, após o resfriamento foi vertido o meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar). Onde, nas placas contendo os confrontos entre BR X F, BC X F e BS X F foram inoculados por meio de estrias de espalhamento até o centro, e adicionado o disco de 5mm contendo o micélio do *Fusarium* spp. que também foi inoculado no centro da placa. Para o tratamento controle apenas o disco do micélio do fungo fitopatogênico foi inoculado no centro da placa.

Em seguida as placas foram incubadas em estufa B.O.D (*Biological Oxygen Demand*) com temperatura controlada de 27° C ± 2, sem fotoperíodo por 7 dias e as avaliações realizadas a cada 24 horas utilizando o paquímetro digital (Figura 1), fazendo-se a leitura em duas direções.

**FIGURA 1** - Medição do crescimento micelial do *Fusarium* spp. com o paquímetro digital.

Com esses dados foram determinados o índice de velocidade de crescimento micelial (Equação 1), a taxa de crescimento micelial (Equação 2), inibição de crescimento micelial (%) (Equação 3) e halo de inibição (mm).

Para a determinação do índice da velocidade de crescimento micelial foi utilizado a fórmula (IVANOVA, 2019):

$$V = [(a - b) / t] \quad (1)$$

Onde:

V é a velocidade de crescimento (mm/dia)

a é o raio final do micélio

b é o raio inicial

t é duração em número de dias de avaliação.

Para a taxa de crescimento foi utilizado a fórmula (NASCIMENTO *et al.*, 2013):

$$Tx = [(df / ndi) \times 100] \quad (2)$$

Onde:

df é o diâmetro final (mm)

ndi é o número de dias de incubação.

Para a determinação do percentual de inibição de crescimento (PIC) micelial de *Fusarium* spp. Foi utilizado a fórmula (TAHEUR *et al.*, 2019):

$$PIC = [(mAc - mAt) / mAc] \times 100 \quad (3)$$

Onde:

PIC foi a porcentagem de inibição do crescimento;

mAc média do diâmetro do crescimento micelial nas placas controle;

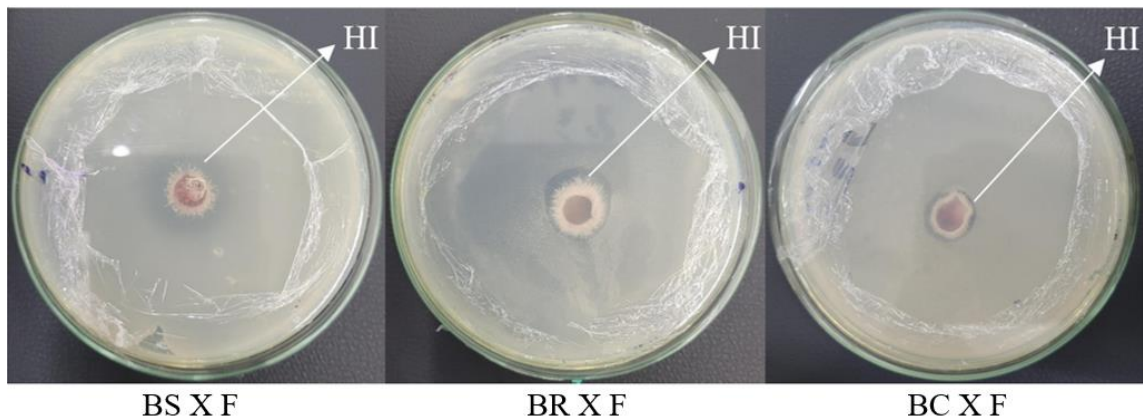
mAt média do diâmetro do crescimento micelial nas placas tratadas, no último dia de avaliação.

### **4.3. Análise Estatística**

Os dados foram avaliados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade. Quando ajustados a distribuição normal foi realizado a análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas foi utilizado o pacote EXpDes (FERREIRA *et al.*, 2014) do software R versão 4.2.2. (R-CORE-TEAM, 2016). Os gráficos foram elaborados a partir das médias no software Systat SigmaPlot Versão 14 (SYSTAT SOFTWARE).

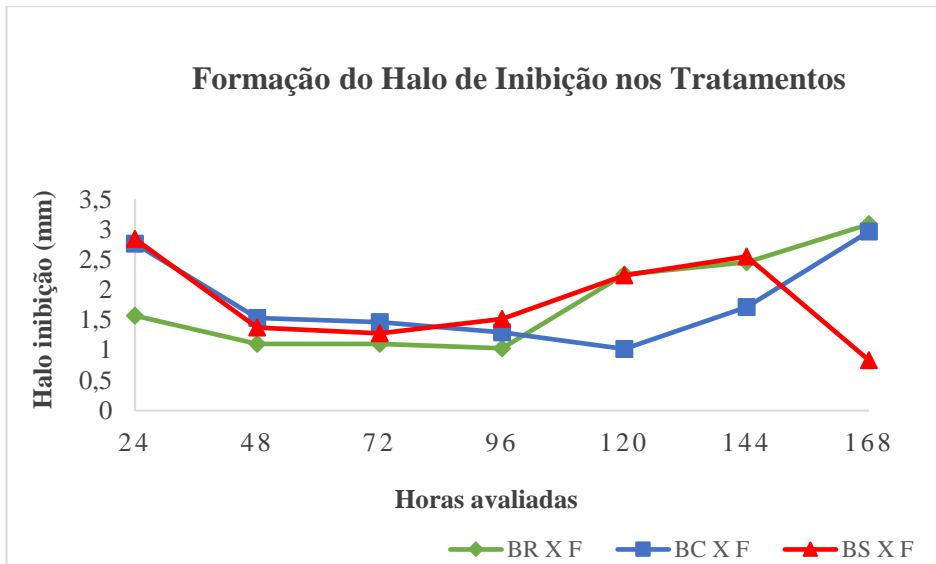
## 5. Resultados e discussão

Observou-se a formação de halo de inibição (Figura 2), de modo que o BR apresentou uma redução do halo inicial no período entre 24 a 96 h de após a inoculação (Figura 3), seguido de aumento até 168 h. O BC apresentou resultado semelhante, onde teve um declínio entre os períodos de 24 h com 120 h. A partir deste período ocorreu um crescimento de 1,02 mm para 2,96 mm até a última avaliação. O BS diferenciou-se dos demais pois apresentou uma maior variação de modo que até o terceiro dia ocorreu o decréscimo no crescimento, seguido de um aumento entre 72 h e 144 h com posterior queda de 2,56 para 0,83 mm na avaliação de 168 h.



**FIGURA 2** - Halo de inibição ao 6<sup>o</sup> dia de avaliação.

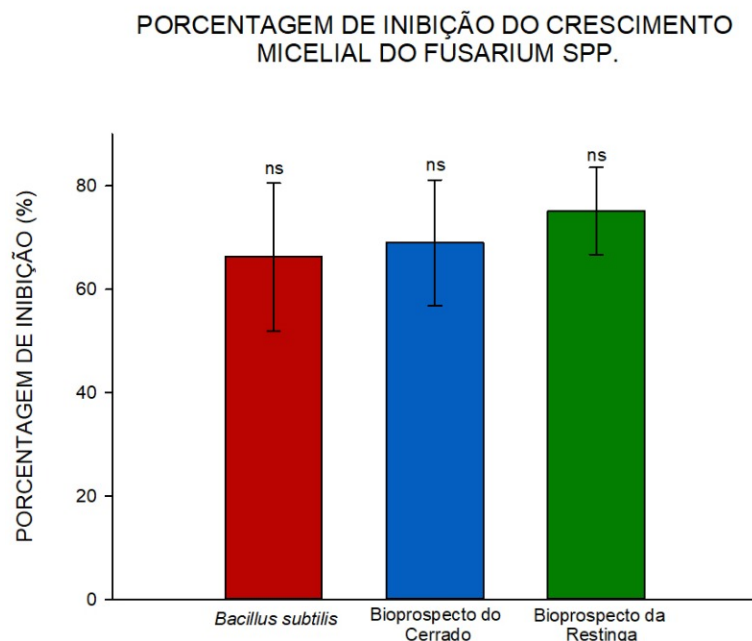
Tratamentos: BS X F = *Bacillus subtilis* vs *Fusarium* spp., BR X F = Bioprospecto restinga vs *Fusarium* spp., BC X F = Bioprospecto cerrado vs *Fusarium* spp.; HI = Halo de inibição.



**FIGURA 3** – Formação do halo de inibição nos tratamentos.

Tratamentos: BR X F = Bioprospecto restinga e *Fusarium* spp.; BC X F = Bioprospecto cerrado e *Fusarium* spp. e BS X F = *Bacillus subtilis* e *Fusarium* spp.

Essa presença do halo de inibição entre os microrganismos em muitos casos é gerada a partir de metabólitos secundários liberados como surfactina, fengicina e iturina produzidos por bactérias como o *Bacillus subtilis*, as quais possuem a capacidade de influenciar no crescimento de microrganismos. Alguns destes compostos são lipopeptídeos capazes de biocontrolar doenças de plantas (TINAJERO *et al.*, 2022). Com isso, a ação destes metabólitos além de influenciar na inibição também podem influenciar no percentual de inibição do crescimento micelial do *Fusarium* spp.



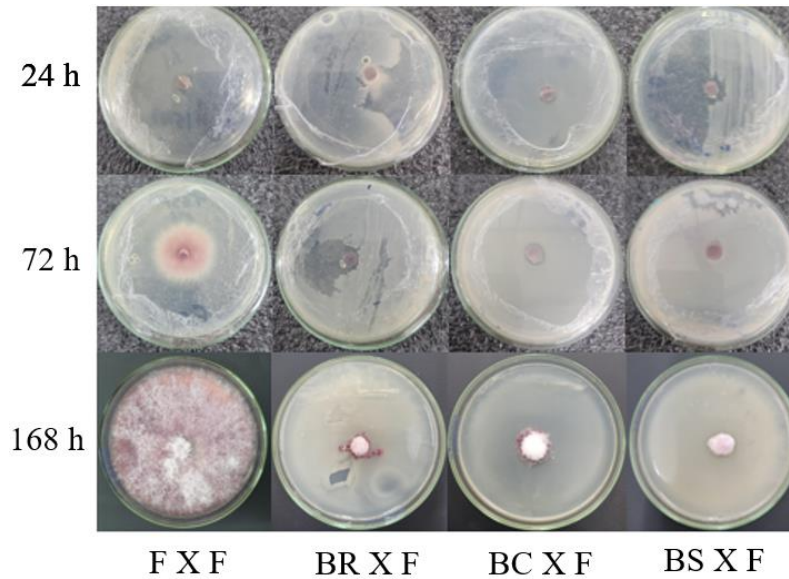
**FIGURA 4** - Inibição de crescimento micelial (%) de *Fusarium* spp. após incubação em estufa B.O.D por 7 dias empregando bioprospectos do Cerrado e da Restinga.

ns = não significativo, pelo teste F ( $p > 0,05$ ).

Os microrganismos BS, BC e BR avaliados no ensaio de confronto não apresentaram diferenças significativas em relação ao percentual de inibição do crescimento micelial do *Fusarium* spp., possuindo médias acima de 60% de inibição ao crescimento micelial do fitopatógeno. Essas médias de resultados foram superiores aos encontrados em um trabalho que avaliou o biocontrole antagonista *in vitro* do *Fusarium oxysporum* e *Dickeya chrysanthemi*, onde perceberam que isolados do *Bacillus subtilis* reduziram o raio de crescimento do *Fusarium oxysporum*, apresentando um percentual médio de inibição de quase 50% e um crescimento ao redor do fungo, atuando na competição por espaço e nutrientes, impedindo o desenvolvimento do fungo (TINAJERO *et al.*, 2021).

Os valores encontrados no percentual de inibição indicam que os microrganismos prospectados BR e BC apresentam o potencial de inibir o crescimento do *Fusarium* spp. semelhante ao *Bacillus subtilis*, bactéria que já é reconhecida por ser capaz de se adaptar ao ambiente e desenvolver um mecanismo de ação diverso capaz de competir por nutrientes e espaço reduzindo a ação de microrganismos patogênicos (CESA-LUNA *et al.*, 2020, QUIÃO *et al.*, 2023).

Ao comparar os três tratamentos é possível observar que no primeiro dia de avaliação com 24 h após incubação o BC já havia colonizado toda a placa (Figura 5), seguido pelo BR, e o BS havia iniciado o crescimento. Porém, é notório o início de formação do halo de inibição, que começa a ser reduzido a partir de 72 h, finalizando a avaliação de 168 h sem presença de halo de inibição. No bioprospecto da Restinga houve crescimento no 72 h e na avaliação de 168 h apresenta um pequeno halo próximo do micélio fúngico. O bioprospecto do Cerrado, continuou desenvolvendo suas colônias ao longo das avaliações formando um pequeno halo de inibição em 72 h, mas que reduz seu tamanho na avaliação de 168 h.

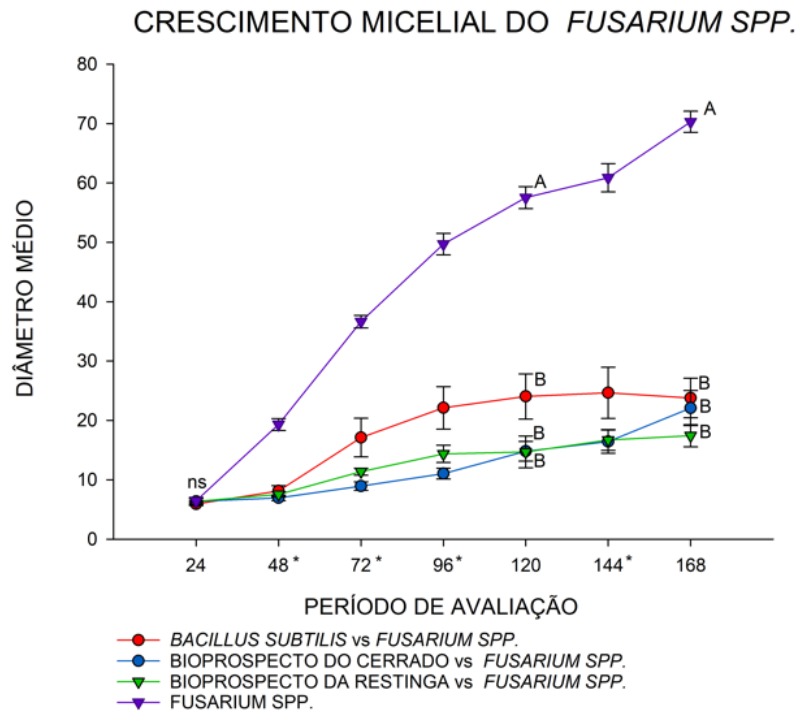


**FIGURA 5** - Comparação entre os tratamentos e a testemunha após 24 horas, 72 horas e 168 horas de incubação.

Tratamentos: F X F = *Fusarium spp.* isolado; BR X F = Bioprospecto Restinga X *Fusarium spp.*; BC X F = Bioprospecto Cerrado vs *Fusarium spp.*; BS X F = *Bacillus subtilis* vs *Fusarium spp.*

Ainda é possível identificar que mesmo apresentando semelhança na formação do halo de inibição para a avaliação de 168h, a *Bacillus subtilis* reduz a formação do halo de inibição para menos de 1mm de diâmetro, enquanto que foi observado em trabalho avaliando cepas de *Bacillus* isoladas de amostras de tomate, uma zona de inibição em torno de 19,43 mm quando confrontadas com o *F. oxysporum* IB3q, e 21,47 mm quando utilizou o fungicida químico carbendazim (ADEDIRE *et al.*, 2023).

No entanto, mesmo com a formação do halo de inibição, houve um crescimento micelial do fungo ao longo dos dias (Figura 6), onde é possível observar o diâmetro médio do micélio do *Fusarium spp.*



**Figura 6** - Crescimento micelial de *Fusarium spp.* mediante aplicação dos tratamentos ao longo das 168 h.

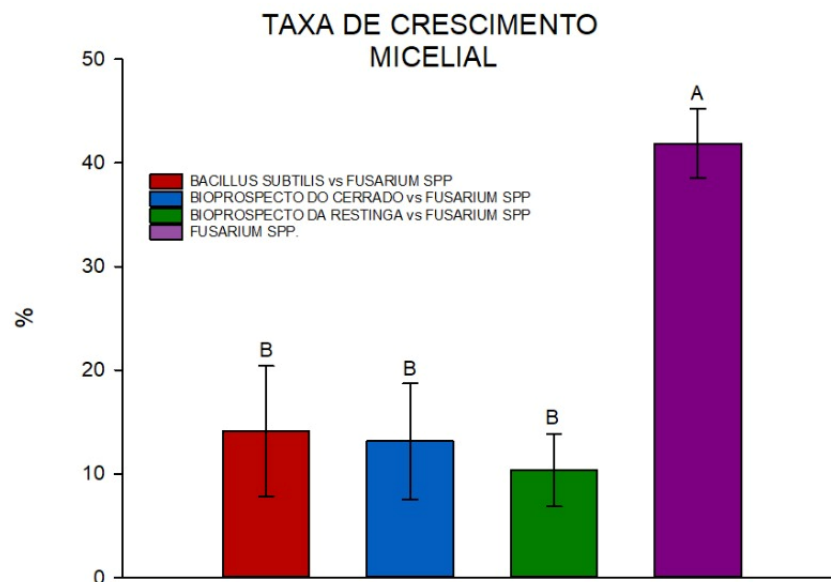
ns = não significativo, pelo teste F ( $p > 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que ao longo do período de avaliação *Fusarium* teve crescimento diferente entre os tratamentos. No entanto, pelo teste de normalidade de Shapiro-wilk apenas os valores encontrados nos períodos de avaliação de 24, 120 e 168 horas apresentaram distribuição normal. Onde nas primeiras 24 h de incubação o diâmetro dos micélios confrontados com os da testemunha apresentaram-se como não significativos, pelo teste F ( $p > 0,05$ ). No entanto, nos períodos de avaliação 120 h e 168 h os resultados diferenciaram sendo que o tratamento controle apresentou um maior crescimento micelial e os demais não diferiram entre si.

Os bioprospectos e o BS reduziram o crescimento micelial do fungo, impedindo o seu desenvolvimento de forma rápida. Se observou um crescimento de *Fusarium* em torno de 80 a 90 mm de diâmetro a 28 °C no escuro (KALMAN *et al.*, 2020). Além disso, percebe-se que a BS na última avaliação de 168 h apresentou uma redução no diâmetro médio quando comparada com a

testemunha, tendo em vista que manteve a média próxima de 20 mm, e a testemunha acima de 70 mm. Essas médias foram próximas as encontradas em trabalho analisando a eficiência de *Bacillus subtilis* na supressão do *Fusarium oxysporum*, onde a testemunha apresentou um diâmetro médio de 9 cm e 1,2 cm quando pareado junto ao *Bacillus subtilis* (JASSIM;ATI, 2022).

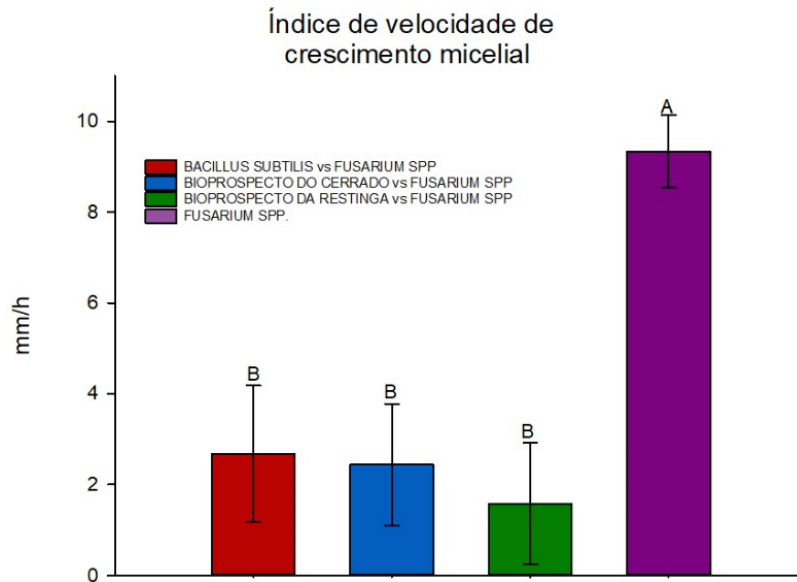
Em relação a taxa de crescimento micelial do *Fusarium spp.* também não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados, apenas a testemunha apresentou diferença quando comparada aos tratamentos, apresentando os maiores valores (Figura 7).



**Figura 7** - Taxa de crescimento micelial de *Fusarium spp.* pareados com os microrganismos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa de crescimento micelial para os tratamentos se mantiveram abaixo de 20%, em contrapartida a testemunha ficou com valores acima de 40%, o que indica que os tratamentos utilizados apresentam potencial de redução na taxa de crescimento micelial de *Fusarium spp.* Com isso, deve-se considerar que alguns microrganismos como o BS possuem a capacidade de produzir substâncias como surfactina que apresenta um efeito inibidor lento e persistente, e quando exposta por mais tempo ao fungo, atua na inibição de crescimento em torno de 52,50% (LIU *et al.*, 2023).

Similarmente o índice de velocidade de crescimento foi superior no tratamento controle quando comparado aos demais, sendo que estes não diferiram entre si (Figura 8).



**Figura 8** - Índice de velocidade de crescimento micelial de *Fusarium* spp. ao sétimo dia nos diferentes tratamentos.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De forma geral, as bactérias do gênero *Bacillus* apresentam atividade fungicida e ou fungistática, devido a liberação dos lipopeptídeos, e com isso, pode atuar de forma erradicante, eliminando diretamente estruturas do fungo, bem como, reduzindo ou impedindo o desenvolvimento dos patógenos. Estes compostos atuam de certo modo na redução da taxa de crescimento e na velocidade de crescimento, tendo como exemplo de metabólitos secundários a micosubtilina que é capaz de formar poros na membrana celular do patógeno e reduzir seu desenvolvimento, assim como outros compostos secundários que são capazes de agir de forma inibitória como bacilibactina, terpenos e subtilina (NAVARRO *et al.*, 2023).

Dessarte esta pesquisa, para que seja definido o mecanismo de ação do BR e do BC é necessário que se realize testes como o PCR (Polymerase Chain Reaction ou Reação em Cadeia da Polimerase), que é utilizado para amplificar, detectar e quantificar algumas das sequências específicas de ácidos nucleicos visando a análises de genes, além de testes para avaliar a ação de metabólitos secundários e testes enzimáticos buscando se obter dados mais precisos sobre as enzimas produzidas pelos microrganismos de interesse.

## 6. Conclusão

Os microrganismos prospectados Restinga e Cerrado apresentaram redução no índice de velocidade e na taxa de crescimento do *Fusarium* spp.

Ainda demonstraram-se eficiente na inibição do crescimento do fitopatógeno com percentuais de inibição acima de 60%.

Além disso, observou-se a formação do halo de inibição de crescimento entre os bioprospectos Cerrado e Restinga quando confrontados com o *Fusarium* spp.

Portanto, os microrganismos prospectados do Cerrado e Restinga apresentam potencial de controle *in vitro* de *Fusarium* spp. semelhante ao *Bacillus subtilis*. Contudo, não foi possível afirmar se os mecanismos de ação são iguais, sendo então necessários novos experimentos e avaliações como análises enzimáticas e de metabólitos secundários, e descrição em PCR para a total descrição destes.

## 7. Referências bibliográficas

ABDELMAGID, A.; HAFEZ, M.; SOLIMAN, A.; ADAM, L. R.; DAAYF, F. First report of *Fusarium sporotrichioides* causing root rot of soybean in Canada and detection of the pathogen in host tissues by PCR. **Journal of Plant Pathology**, Canadian, v. 42, n. 2, p. 218-221, 2020. <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1841034>.

ADEDIRE, O. M.; ADURAMIGBA-MODUPE. A. O. & ODENIYI, O. A. Antifungal potential of endophytic *Bacillus* species isolated from tomato (*Solanum lycopersicum*) against *Fusarium oxysporum* collected from selected farms in Nigeria. **Journal of Crop Improvement**. 2023. <https://doi.org/10.1080/15427528.2022.2155896>.

AGÊNCIA BRASIL. Embrapa: Brasil será o maior exportador de grãos do mundo em cinco anos. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-04/embrapa-brasil-sera-o-maior-exportador-de-graos-do-mundo-em-cinco-anos>. Acesso em: 23 abr. 2023.. Acesso em: 10/04/2023. Disponível em:

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; SCANDIANI, M. M. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae* and *F. virguliforme*. **Mycoscience**, Tokyo, v. 46, n. 3, p. 162- 183, 2005.

BAQUERIZO, M. D.; GUERRA, C. A.; DÍAZ, C. C.; EGIDI, E.; WANG, T.; EISENHAUER, N.; SINGH, B. K. & MAESTRE, F. T. The proportion of soil-borne pathogens increases with warming at the global scale. **Nature Climate Change**. v. 10, p. 550–554, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0759-3>.

CESA-LUNA C.; BAEZ A.; AGUAYO-ACOSTA A.; LLANO-VILLARREAL R. C.; JUÁREZ-GONZÁLEZ V. R.; GAYTÁN P, et al. Growth inhibition of pathogenic microorganisms by *Pseudomonas protegens* EMM-1 and partial characterization of inhibitory substances. **Plos Neglected Tropical Diseases**. v. 15, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240545>.

CHANG, X.; LI, H.; NAEEM, M.; WU, X.; YOUNG, T.; SONG, C.; LIU, T.; CHEN, W.; YANG, W. Diversity of the Seedborne Fungi and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with

Intercropped Soybean. **Pathogens**, v. 9, n. 12, p. 1032, 2020.<http://dx.doi.org/10.3390/pathogens9070531>.

CROUS, P. W.; LOMBARD, L.; SANDOVAL-DENI, M.; SEIFERT, K. A.; CHAVERRI, P.; THINES, M. *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell. **Studies in Mycology**, v. 98, n. 1, p. 1-184, 2021.DOI: 10.1016/j.simyco.2021.100116.

DUKARE, A.; PAUL, S. Biological control of Fusarium wilt and growth promotion in pigeon pea (*Cajanus cajan*) by antagonistic rhizobacteria, displaying multiple modes of pathogen inhibition. **Rhizosphere**, v. 17, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100278>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. Brasília: Embrapa, 2014. Acesso em: 06/05/2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1024963/1658076/O+Futuro+de+Desenvolvimento+Tecnol%C3%B3gico+da+Agricultura+Brasileira++s%C3%ADntese.pdf/ddb0a147-234d-47f1-8965-1959ef82311d>.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 2021. Estudos socioeconômicos e ambientais. Acesso em: 10/04/2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., & NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 952-958, 2014.

FREITAS, T. M. Q.; MENEGHETTI, R. C.; BALARDIN, R. S. Dano devido à podridão vermelha da raiz na cultura da soja. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 991- 996, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000400004>.

HARTMAN, G.L., CHANG, H.-X. and LEANDRO, L.F. Research advances and management of soybean sudden death syndrome. **ScienceDirect**. Crop Protection, v. 73, p. 60–66. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.017>.

HARTMAN, G. L.; MCCORMICK, S. P. & O'DONNELL, K. Trichothecene-producing *Fusarium* Species Isolated From Soybean Roots in Ethiopia and Ghana and Their Pathogenicity on Soybean. **Plant Disease**, v. 103, n. 8, 2019. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-18-2286-RE>.

IVANOVA, T. Effects of membranotropic microfertilizers to grow the mycelium of lentinula edodes. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. v. 9, n. 3, p. 605-609, 2019/20. DOI: 10.15414/jmbfs.2019/20.9.3.605-609.

JASSIM, N. S. AND ATI, M. A. Efficacy of *Bacillus subtilis* (Ehrenberg1835) Cohn1872, in suppressing *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen, the causal agent of root rot of date palm offshoots (*Phoenix dactylifera* L.) in Iraq. **Acta agriculturae Slovenica**, Ljubljana, v. 118, n. 3, p. 1–10, 2022. DOI:10.14720/aas.2022.118.3.2643.

KALMAN, B.; ABRAHAN, D.; GRAPH, S.; TREVES, R. P.; HAREL, Y. M. DEGANI, O. Isolation and Identification of *Fusarium* spp., the Causal Agents of Onion (*Allium cepa*) Basal Rot in Northeastern Israel. **Biology**, v. 9, n. 4, p. 69, 2020. <https://doi.org/10.3390/biology9040069>.

KEE, Y. J.; ZAKARIA, L. & MOHD, M. H. Morphology, phylogeny and pathogenicity of *Fusarium* species from *Sansevieria trifasciata* in Malaysia. **Plant Pathology**, v. 69, n. 3, p. 442-454, Jan. 2020. <https://doi.org/10.1111/ppa.13138>.

KHEDHER, S. B.; TRABELSI, B. M. & TOUNSI, S. Biological potential of *Bacillus subtilis* V26 for the control of *Fusarium* wilt and tuber dry rot on potato caused by *Fusarium* species and the promotion of plant growth. **Biological Control**, Journal Pre-proofs, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104444>.

LIU, L.; JIN, X.; LU, X.; GUO, L.; LU, P.; YU, H. & LV, B. Mechanisms of Surfactin from *Bacillus subtilis* SF1 against *Fusarium foetens*: A Novel Pathogen Inducing Potato Wilt. **Journal Fungi**, v. 9, n. 3, p. 367, 2023. <https://doi.org/10.3390/jof9030367>

LUGTENBERG, B. & KAMILOVA, F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 63, p. 541-556, 2009. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>.

MANZANO, M.; ZARZOSO, B. E. Bioprospecção bacteriana de novos probióticos. *Microbial Biotechnology*, Cham: Springer, 2019, p. 285-296.

MARIN, O.; GONZÁLEZ, B.; & POUPIN, M. J. From Microbial Dynamics to Functionality in the Rhizosphere: A Systematic Review of the Opportunities With Synthetic Microbial Communities. **Frontiers Plant Sci.**, v. 12, article 650609, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.650609>.

MILANESI, P. M.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; REINIGER, L. R. S.; ANTONIOLLI, Z. I.; JUNGES, E. & LUPATINI, M. Detecção de *Fusarium spp.* e *Trichoderma spp.* e antagonismo de *Trichoderma sp.* em soja sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, n. 34, p. 3219-3233, 2013. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Brasil. DOI 10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3219.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil. In: AMBIENTE, Embrapa Meio (ed.). Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: **Embrapa**, cap. 1, p. 8-14, 2009.

MOURA, R. D.; de CASTRO, L. A. M.; CULIK, M. P.; FERNANDES, A. A. R.; FERNANDES, P. M. B. & VENTURA, J. A. Culture medium for improved production of conidia for identification and systematic studies of *Fusarium* pathogens. **Journal of Microbiological Methods**, v. 173, 105944, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.105915>.

MUNKVOLD, G. P.; PROCTOR, R. H. & MORETTI, A. Mycotoxin Production in *Fusarium* According to Contemporary Species Concepts. **Annual Review of Phytopathology**, v. 59, p. 307-328, 2021. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-020620-102825>.

NASCIMENTO, J. M.; SERRA, A. P.; BACCHI, L. M.; GAVASSONI, W. L. & VIEIRA, M.C. Inibição do crescimento micelial de *Cercospora calendulae* Sacc. por extratos de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.15, n.4, supl.I, p.751-756, 2013.

NAVARRO, K. G.; GUTIÉRREZ, T. L.; FAJARDO, V. G.; CORNELLO, S. G.; ZARZA, E.; GARCIA, S. R. & BACAB, M. C. Broad-Spectrum Antifungal, Biosurfactants and Bioemulsifier

Activity of *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii*—A Potential Biocontrol and Bioremediation Agent in Agriculture. **Plants**, v.12, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12061374>.

NAVI, S.S. and YANG, X.B. Sudden death syndrome-a growing threat of losses in soybeans. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, v.11, n.036, p.1-8, 2016.<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201611039>.

OLIVEIRA, M. I. S.; CHAIBUBB, A. A.; SOUSA, T. P.; CORTES, M. V. C. B.; SOUZA, A. C. A.; CONCEIÇÃO, E. C. & FILIPPID, M. C. C. Formulations of *Pseudomonas fluorescens* and *Burkholderia pyrrocinia* control rice blast of upland rice cultivated under no-tillage system. **Biological Control**, v. 144, p. 104231, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104153>.

OLIVEIRA, T. A. S.; DUARTE, E. A. A.; da SILVA, R. M.; MOREIRA, Z. P. M.; do CARMO, C. O. & LUZ, E. D. M. N. Biocontrole de doenças pós-colheita de frutas. 2015. Acesso em: 18 de março 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Zayda-Moreira2/publication/283505400\\_Biocontrole\\_de\\_doencas\\_poscolheita\\_de\\_frutas/links/563bd75608ae45b5d2869f17/Biocontrole-de-doencas-pos-colheitade-frutas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Zayda-Moreira2/publication/283505400_Biocontrole_de_doencas_poscolheita_de_frutas/links/563bd75608ae45b5d2869f17/Biocontrole-de-doencas-pos-colheitade-frutas.pdf).

OLIVEIRA, W. J. das Chagas; SANTOS, P. P.; SANTOS, D. R. O.; FERRAZ, G. A. S. & BARROS, M. M. Estimativa do Custo Horário de Equipamentos e Serviços em Diferentes níveis de tecnificação em agricultura de precisão. **Revista de Ciências Agrárias**. Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 59, n. 4, p. 378-385, out./dez. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Objetivos do Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Casa ONU Brasil – Complexo Sérgio Vieira de Mello. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

ORTIZ, A.; SANSINENEA, E. The Role of Beneficial Microorganisms in Soil Quality and Plant Health. **Sustainability**, v. 14, n. 14, p. 5358, 2022.<https://doi.org/10.3390/su14095358>.

OYELEKE, S. B.; AINA, O. A. Bioprospecção bacteriana: uma visão geral dos métodos e aplicações. In: **Antibiotic Resistance – From Molecular Basics to Therapeutic Options**. **IntechOpen**, p. 139-153, 2020.

PRASTIYANTO, M. E.; KARTIKA, A. I.; DARMAWATI, S. & RADJASA, O. K. Bioprospecting of bacterial symbionts of sponge *Spongia officinalis* from Savu Sea, Indonesia for antibacterial potential against multidrugresistant bacteria. **Biodiversitas**, v. 23, n. 2, p: 1118-1124, 2022. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230256>.

PLOETZ, R.C. Fusarium Wilt of Banana. **American Phytopathological Society**, v. 105, n. 12, p. 1512- 1521, 2015. DOI: 10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW.

QUIÃO, J.; ZHANG, R.; LIU, Y.;LIU, Y. Evaluation of the Biocontrol Efficiency of *Bacillus subtilis* Wettable Powder on Pepper Root Rot Caused by *Fusarium solani*. **Pathogens** v. 12, n. 2, p. 225, 2023. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020225>.

R-CORE-TEAM. *R. A language and environment for statistical computing*. R. Foundation for Statistical Computing. 2016.

TINAJERO, S. R.; HERNÁNDEZ, E. O.; DROUAILLET, B. E. & ESPINOSA, J. H. T. S. In vitro antagonist biocontrol of *Fusarium oxysporum* and *Dickeya chrysanthemi*. **Mexican Journal of Phytopathology**, v. 39, n. 3, p. 515-528, 2021. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2104-1>.

TAHEUR, F. B.; MANSOUR, C.; KOUIDHI, B. & CHAIEB, K. Use of lactic acid bacteria for the inhibition of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus carbonarius* growth and mycotoxin production. **ScienceDirect**. v. 166, p. 15 – 23, Agos. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.05.004>.

TEIXEIRA, E. C.; CLEMENTE, F. & BRAGA, M. J. A Contribuição das Universidades para o Desenvolvimento da Agricultura no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**. Jun, 2015. DOI: 10.25070/rea.v11i1.216.

TINAJERO, S. R.; HERNÁNDEZ, E. O.; DROUAILLET, B. E.; ESPINOSA, J. H. T. S.; MARTÍNEZ, R. D.; AHUMADA, C. A. E.; VELASCO, C. R. & CASTILLO, J. A. T. In vitro biocontrol of *Fusarium oxysporum* with antagonistic microorganisms and In vivo effect on *Solanum lycopersicum* L. **Journal of environmental science and health, part B**, v. 57, n. 8, 625–635, 2022. <https://doi.org/10.1080/03601234.2022.2093590>.

TRENTIN, D.; FILHO, A. C. P. de M. & VENTURA, M. V. A. Análise das modalidades *barter*, capital próprio e financiamento de insumos no cultivo da soja no Brasil. **Brazilian Journal of**

**Science**, v. 1, n. 12, p. 83-95, 2022. ISSN:2764-3417. Instituto Federal Goiano, Rio Verde, GO, Brasil, Dez. 2022.

SCHIWEK, S.; BEULE, L.; VINAS, M.; PFORDT, A.; TIEDEMANN, A. V. & KARLOVSKY. High-Resolution Melting (HRM) Curve Assay for the Identification of Eight *Fusarium* Species Causing Ear Rot in Maize. **Pathogens**, v. 9, n. 7, p. 1-13, 2020.<https://doi.org/10.3390/pathogens9040270>.

SOFTWARE, S. Sigma plot. Acesso em: 10/04/2023. Disponível em: <https://software.com.br/c/fabricantes/systat-software>.

VALLEJO, N. B.; POZOS, D. A. C.; VILLANUEVA, J. L. M.; VÁSQUEZ, M. R.; VILLARNOVO, G. L. C.; ANALCO, J. A. G.; MARTÍNEZ, L. P. P. & REVERCHON, F. Forest tree associated bacteria for potential biological control of *Fusarium solani* and of *Fusarium kuroshium*, causal agent of *Fusarium* dieback. **Microbiological Research**, v. 235, p. 126446, 2020.<https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126440>.

YIN, C.; VARGAS, J. M. C.; SCHLATTER, D. C.; HAGERTY, C. H.; HULBERT, S. H. & PAULITZ, T. C. Rhizosphere community selection reveals bacteria associated with reduced root disease. **Microbiome**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2021.<https://doi.org/10.1186/s40168-020-00997-5>.

YOUNESI, H.; DARVISHNIA, M.; BAZGIR, E. & CHEHRI, K. Morphological, molecular and pathogenic characterization of *Fusarium* spp. associated with chickpea wilt in western Iran. **Journal of Plant Protection Research**. v. 61, n. 4: 402–413, 2021. DOI: 10.24425/jppr.2021.139250.

ZHAO, J. *et al.* Potencial de bioprospeção de bactérias do fundo do mar. **Mar Drugs**, v. 16, n. 8, p. 245, 2018.