

**MINSTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**LARISSA LORRAYNE RODRIGUES GOMIDES**

**ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE  
PLANTAS (RPCP) EM CANA-DE-AÇÚCAR**

LARISSA LORRAYNE RODRIGUES GOMIDES

**ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE  
PLANTAS (RPCP) EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de projeto apresentado ao curso Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciatura em Ciências Biológicas, sob orientação da Professora Dra. Priscila Jane Romano Gonçalves Selari.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Ri Rodrigues Gomides, Larissa Lorryne  
ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO  
CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPCP) EM CANA-DE-AÇÚCAR /  
Larissa Lorryne Rodrigues Gomides; orientadora  
Dra. Priscila Jane Romano Gonçalves Selari.. --  
Ceres, 2022.  
35 p.

TCC (Graduação em Licenciatura em Ciências  
Biológicas) -- Instituto Federal Goiano, Campus  
Ceres, 2022.

1. Rizobactérias. 2. Rizosfera. 3. Cana-de-  
açúcar. 4. Crescimento vegetal. I. Romano Gonçalves  
Selari., Dra. Priscila Jane , orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

### TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

#### Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC- Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Larissa Lorryne Rodrigues Gomides Matrícula:  
2016103220510303

Título do Trabalho: ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPCP) EM CANA-  
DE-AÇÚCAR.

#### Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

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

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

#### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

Cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia Goiano

Ceres, 14 de junho de 2022.

*(Assinado Eletronicamente)*

Priscila Jane Romano Goncalves Selari

1410439

(Assinatura do Docente, Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais)

Documento assinado eletronicamente por:

- Larissa Lorryne Rodrigues Gomides, 2016103220510303 - Discente, em 14/06/2022 18:02:35.
- Priscila Jane Romano Goncalves Selari, PROFESSOR ENS **BASICO** TECN TECNOLOGICO, em 14/06/2022 10:28:17.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/06/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forne a os dados abaixo:

Código Verificador: 398821

Código de autenticação: 58c0853647



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Cam

pus Ceres Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, None, CERES /  
GO, CEP 76300-000

(62)  
3307-  
7100



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

#### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos quatorze dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e dois, realizou-se a defesa do Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Larissa Lorryne Rodrigues Gómes, do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, matrícula 2016103220510303, cujo título é "ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPCP) EM CANA-DE-AÇÚCAR". A defesa iniciou-se às 10 horas e 10 minutos, finalizando-se às 10 horas e 33 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho **APROVADO** com média **7,1** no trabalho escrito, média **6,5** no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final **6,8** de pontos, estando o(a) estudante **APTÁ** para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

  
(Assinado Eletronicamente)

Priscila Jane Romano Gonçalves Selari

  
(Assinado Eletronicamente)

Thiago Fernandes Qualhato

  
(Assinado Eletronicamente)

Mônica Lou da Silva

Dedico este trabalho a Deus, família, meu amor e minha orientadora Dra. Priscila Jane e todos que contribuíram na minha caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por garantir que meus objetivos sejam alcançados ao longo dos meus anos de estudo, me dando saúde e determinação para não desanimar no processo de realização do trabalho. Agradeço aos meus pais e irmãos, que me incentivaram nos momentos difíceis, entenderam minha ausência e colocaram meu coração e alma neste trabalho. Agradeço ao meu namorado que nunca negou meu apoio, carinho e incentivo. Obrigado amor, por suportar tanto estresse e ansiedade. Este trabalho não seria possível sem você ao meu lado. Minha orientadora que trabalha com paciência e dedicação e está sempre pronta para compartilhar todo o seu vasto conhecimento.



## **Resumo**

As plantas são agredidas por patógenos fúngicos que provocam doenças, então o controle biológico é uma alternativa sustentável ao tradicional uso de agroquímicos. O objetivo deste trabalho é selecionar bactérias com potencial antagônico contra fungos fitopatogênicos obtidos de rizosfera de cana-de-açúcar. As rizobactérias são bactérias do solo que proporciona benefícios na qualidade do solo, habitam a região da rizosfera das raízes de plantas e podem promover o crescimento vegetal através de mecanismos diretos, como a produção de fitormônios, e mecanismos indiretos como o biocontrole de fitopatógenos. São micro-organismos que apresentam funções essenciais para a conservação da fertilidade no solo e para crescimento de plantas saudáveis. O objetivo deste projeto foi isolar rizobactérias das raízes de cana-de-açúcar com traços funcionais para a promoção do crescimento de plantas. Os micro-organismos foram coletados a partir do solo agregado às raízes de cana-de-açúcar na CRV Industrial. Foram encontradas rizobactérias promotoras do crescimento vegetal com grande potencial biotecnológico, que além de reduzir os custos da produção, também podem contribuir para a sustentabilidade das lavouras.

**Palavras-chave:** Rizobactérias; Rizosfera; Cana-de-açúcar; Crescimento vegetal.

## **Abstract**

Plants are attacked by fungal pathogens that cause disease, so biological control is a sustainable alternative to the traditional use of agrochemicals. The objective of this work is to select bacteria with antagonistic potential against phytopathogenic fungi obtained from sugarcane rhizosphere. Rhizobacteria are soil bacteria that provide benefits in soil quality, inhabit the rhizosphere region of plant roots and can promote plant growth through direct mechanisms, such as the production of phytohormones, and indirect mechanisms such as the biocontrol of phytopathogens. These micro-organisms have essential functions for the conservation of fertility in the soil and for the growth of healthy plants. The objective of this project was to isolate rhizobacteria from sugarcane roots with functional traits to promote plant growth. The microorganisms were collected from the soil aggregated to sugarcane roots at CRV Industrial. It were found plant growth-promoting rhizobacteria with great biotechnological potential, which, in addition to reducing production costs, also might contribute to the sustainability of crops.

**Keywords:** Rhizobacteria; Rhizosphere; Sugar cane; Plant growth.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	14
<b>3. OBJETIVO</b> .....	15
3.1. Objetivo Geral .....	15
3.2. Objetivos específicos .....	15
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	15
4.1 Cana-de-açúcar .....	15
4.2 Fungos fitopatogênicos .....	16
4.2.1. <i>Fusarium oxysporum</i> .....	17
4.2.2. <i>Ceratocystis paradoxa</i> .....	17
4.3 O uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura .....	18
4.4 Rizosfera .....	19
4.5 Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas .....	20
4.5.1 Fitormônios .....	22
4.6 Biocontrole .....	23
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
5.1. Coleta e transporte das amostras .....	24
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	26
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	31

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um recipiente que conduz diversas formas de vida, o qual é importante para a manutenção e desenvolvimento dos ecossistemas terrestres. Os microrganismos que contêm nele apresentam-se em diversidade de níveis taxonômicos, com diferentes características genéticas e fenotípicas, além de existirem diversos também eficaz, ou seja, os microrganismos mostram diferenças na fisiologia e na ecologia, tornando o solo um ecossistema complexo (FERNÁNDEZ et al., 2008).

Rizosfera é a zona de maior concentração de microrganismos, local ao redor das raízes ou área de contato entre microrganismos correntes no solo e as raízes das plantas, onde há isenção de compostos químicos (exsudados) que influenciam no crescimento da microbiota do solo (HILTNER, 1904, p. 65-68). Podendo influenciar os micro-organismos devido à liberação de princípios ativos que inibem ou favorecem o crescimento microbiano. Assim, a planta secreta exsudatos radiculares ricos em nutrientes que recrutam determinados grupos de micro-organismos do solo. Por sua vez, a região da rizosfera normalmente tem pH baixo, tendo menos oxigênio e maior concentrações de dióxido de carbono. Enfatizando ainda que o processo de exsudatos é capaz de tornar o solo da rizosfera mais ácido ou alcalino, conforme os nutrientes das raízes crescentes no solo (BRINK, 2016).

Logo, a rizosfera pode ser definida por Lynch (1982) como a região entre a raiz da planta e o solo adjacente que compreende a endorrizosfera, rizoplano e ectorrizosfera, onde ocorre a presença de raízes, que contém características do solo, e é o local que ocorre maiores interações entre micro-organismos e plantas.

A rizosfera pode influenciar os micro-organismos devido à liberação de princípios ativos que inibem ou favorecem o crescimento microbiano. Assim, a planta secreta exsudatos radiculares ricos em nutrientes que recrutam determinados grupos de micro-organismos do solo. Por sua vez, a região da rizosfera normalmente tem pH baixo, tendo menos oxigênio e maior concentrações de dióxido de carbono. Enfatizando ainda que o processo de exsudatos é capaz de tornar o solo da rizosfera mais ácido ou alcalino, conforme os nutrientes das raízes crescentes no solo (BRINK, 2016).

Durante o crescimento das plantas, vários compostos orgânicos são produzidos e liberados por exsudação, secreção e deposição. Isso torna a rizosfera rica em nutrientes como aminoácidos, vitaminas, proteínas, carboidratos e mucilagem em comparação com outras partes do solo. Um grande número de organismos está ocupado neste espaço, incluindo

fungos, bactérias e nematoides. Esses organismos formam uma cadeia alimentar complexa, utilizando nutrientes liberados pelas plantas na forma de secreções. Como resultado, os altos níveis de umidade e nutrientes encontrados nele atraem mais micróbios do que o resto do solo. Através de alguns compostos secretados, promovem o equilíbrio e a reprodução das populações microbianas.

O estresse hídrico é a grande causa de prejuízos agrícolas e compreende como as plantas respondem a essa modificação ambiental é importante para traçar estratégias e impedir prejuízos. A inexistência de água causa uma série de mudanças morfo-fisiológicas como: diminuição da área foliar, do turgor celular, do material relativo de água (CRA), do potencial hídrico foliar, a absorção de nutrientes é alterada, além de grandes transformações no metabolismo do nitrogênio e do carbono (FAROOQ et al., 2009).

Pode-se dizer que o Brasil possui excelentes condições de desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar tem destaque em culturas de importância econômica nacional e internacional, é uma importante fonte de mão de obra nas áreas rurais desses países. O Brasil tem sido o maior produtor mundial com uma safra 2020/2021 projetada de 630,7 milhões de toneladas, 1,9% menor que as safras anteriores devido à pandemia de COVID-19 (CONAB, 2020). É cultivada em mais de 100 países em diferentes continentes (Américas, África, Ásia e Oceania). Apesar da multiplicidade de países produtores, apenas 10 países concentram 80% da produção mundial. (FAO, 2019)

A produção brasileira de cana teve grande aumento, essa expansão da cultura ocorreu em regiões de fronteiras, como nos estados do Centro-Oeste do Brasil, no qual os solos têm fertilidade inferior e o clima é mais adverso, tem clima tradicional para produção (DEMATTE, 2009).

Por conseguinte, a cana-de-açúcar é responsável pela utilização de 14% do fertilizante usado no Brasil. Que são responsáveis por 22% da energia fóssil consumida e por 11% da emissão de gases de efeito estufa na produção (MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008). A principal função consiste em suplementar a liberação de nutrientes naturais do solo com o propósito de satisfazer à demanda de culturas que tem alto potencial de produtividade.

Dessa forma, a produção de fertilizante recebe uma atenção especial, eles podem ser de origem mineral ou orgânica, assim vem sendo desenvolvidas novas tecnologias que visem a redução ou aumento da eficiência no uso. No entanto, como qualquer cultura, a cana-de-

açúcar está sujeita a uma série de pragas desde o plantio até a colheita. Para diminuir as perdas, o uso do controle biológico é uma técnica de combate eficiente por ser sustentável.

Podemos dissertar que na rizosfera encontrasse grande incidência de micro-organismos, apresentando desta forma uma grande diversidade, especificamente em rizobactérias. A partir de tal perspectiva, surgiu o interesse em observar como ocorre à relação entre planta-bactéria e quais são os benefícios para a produção agrícola de cana-de-açúcar. Com inúmeras rizobactérias existente, ressalta as RPCP (Rizobactérias Promotoras de Crescimento das Plantas), que, em associação com as plantas hospedeiras, estimulam o crescimento, explicitando ainda que são preteridas por vários trabalhos acadêmicos como beneficiadores de espécies de vegetais.

De acordo com Zago (2000), as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas são os micro-organismos antagônicos, com potencialidade para serem utilizados na agricultura. Pode ser argumentado ainda, que o controle biológico consiste na utilização de um organismo vivo (bactéria, fungo, vírus) para a ajustagem populacional de outro organismo vivo que esteja causando desvantagem numa cultura de interesse econômico, sendo de fundamental importância para agricultura. Os micro-organismos como vírus, bactérias e fungos são importantes agentes de controle biológico.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Este projeto apresenta grande relevância para a descoberta de micro-organismos intimamente relacionados com a cana-de-açúcar, que conferem múltiplos benefícios à planta, promovendo o crescimento vegetal. Muitas RPCP são conhecidas por sua capacidade de solubilizar nutrientes, produzir fitormônios e compostos bioativos com aplicação na agricultura. Os micro-organismos adaptados às condições climáticas intensas do Cerrado podem apresentar características de interesse para aplicações biotecnológicas, conferindo vantagens às plantas, e, por isso, precisam ser devidamente estudados.

Considerando a representatividade mundial do Brasil na produção de cana-de-açúcar, o uso de RPCP poderia levar a grandes ganhos econômicos substituindo total ou parcialmente o uso de agrotóxicos e pesticidas químicos nas lavouras, contribuindo para uma agricultura sustentável.

### 3. OBJETIVO

#### 3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar o isolamento de RPCP da rizosfera de cana-de-açúcar com potencial biotecnológico para a promoção do crescimento vegetal.

#### 3.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos se dão em (i) isolar RPCP de raízes de cana em meio de cultura rico micro-organismos, além de (ii) testar a capacidade de biocontrole dos isolados contra os fungos fitopatogênicos *Ceratocystis paradoxa* e *Fusarium oxysporum*.

### 4. REVISÃO DA LITERATURA

#### 4.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar foi introduzida pelos portugueses, em meados do século XVI, e já se torna uma das principais fontes de geração de recursos financeiros para Brasil, por ter grande valor açúcar no mercado internacional (GÂNDAVO, 2006). A mesma apresenta uma grande importância econômica, observado ainda sua capacidade de armazenar concentrações de sacarose, pois é fonte de energia renovável e agroindústria, açúcar e álcool. O Brasil é o principal país do mundo a implantar, em grande escala, um combustível renovável alternativo ao petróleo (DIEESE, 2007).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas predominantes para a economia do Brasil, fazendo-se açúcar, álcool e diversos outros produtos. O cultivo possui vantagens ambientais, mas com a aceleração da vasta produção, consegue fazer a degradação do meio ambiente. Atualmente há uma preocupação, para que haja novas fontes de energia menos poluentes, assim surgiu a necessidade de métodos agrícolas que não abalem o meio ambiente, daí o uso de micro-organismos. Os micro-organismos auxiliam o crescimento das plantas de várias maneiras, sem haja a necessidade elevada de insumos químicos (GÂNDAVO, 2006).

Staut (2006) afirma que estado de Goiás tem solo é crucial para o cultivo da cana-de-açúcar porque as camadas profundas do solo têm sistemas radiculares diferentes das camadas profundas do solo quando relacionadas aos sistemas radiculares de outras culturas. As raízes

crecem em profundidades e começam a se correlacionar fortemente com pH, saturação alcalina, porcentagem de alumínio e teor de cálcio na cobertura do solo mais profunda (STAUT, 2006).

A cana-de-açúcar é um vegetal que pertence à espécie *Saccharum* spp. É uma gramínea de clima tropical, cultivada em regiões de clima quente com solos férteis e com boa drenagem. Ela é cultivada especialmente como matéria prima para a produção de açúcar, álcool e inúmeros outros derivados. É uma planta da família Poaceae, caracterizadas pelo sorgo, milho, arroz e outras gramíneas (CESNIK & MIOCQUE, 2004). Em Goiás, já é observada a importância do tratamento da sua cultura, apresentando fatores que favorecem o desenvolvimento da produção, como o fato de localizar-se em clima tropical com fotoperíodo propício à cultura.

O local de produção da cana-de-açúcar é determinado em função das condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas dos solos sob controle adequado da camada arável em relação a preparação (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). A cana-de-açúcar necessita da extração de nutrientes, como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg, S, e os micronutrientes Fe, Mn, zinco Zn, Cu e B, os nutrientes extraídos do solo pela planta variam de acordo com os métodos de cultivos (FIGUEIREDO, 2006). Para produção de a cultura ser de boa qualidade, é necessário ter uma condição básica de sistema adequado de solo-rizosfera.

#### 4.2 Fungos fitopatogênicos

O solo é um meio primordial para o desenvolvimento das plantas e atua como um reservatório de diversidade de proporções de vidas com diferenças nas funções desempenhadas, no habitat e na fisiologia que o torna heterogêneo (FERNÁNDEZ et al., 2008). É um sistema biológico extremamente complexo, estes são a base para o desenvolvimento das plantas. O solo é o principal reservatório de diversidade biológica do planeta, com grande densidade microbiana e concentração de nutrientes. Neste local, podem ser encontrados fungos fitopatogênicos, que podem causar sérios danos nos cultivos. As doenças causadas por fungos estão entre as principais causas de redução na produtividade de culturas da área alimentar.

Entre os diversos microrganismos que estão no solo, os fungos e as bactérias são os mais abundantes, contribuindo ativamente de diversas transformações que incluem a disponibilidade de nutrientes para as plantas e regulam a deterioração de matéria orgânica presente no solo. Os fungos micorrizos e as bactérias diazotróficas, genericamente conhecidas



como rizóbios, recebem destaque por atuarem no aumento da disponibilidade de nutrientes conceituado essenciais para o desenvolvimento dos vegetais, respectivamente, fósforo (P) e nitrogênio (N), e sua ausência consegue ser fator de limitação do crescimento, ocasionando redução na produtividade (SANTOS et al., 2008; CARDOSO et al., 2010).

#### 4.2.1. *Fusarium oxysporum*

O gênero *Fusarium*, pertence ao Reino Fungi, Divisão Ascomycota, Subdivisão Pezizomycotina, Classe Sordariomycetes, Subclasse Hypocreomycetidae, Ordem Hypocreales e Família Nectriaceae (INDEX FUNGORUM, 2012).

*Fusarium oxysporum* pertence a um grupo de espécies representado por fungos encontrados em solos cultivados e não cultivadas em todo o mundo sob vários climas. Esta espécie é um fungo patogênico de plantas notórias e apresenta ampla variedade de hospedeiros, exibindo alta diversidade funcional e genética (BURGESS, 1981; JOFFE & PALTI, 1977; KOMMEDAHL et al., 1988; MANDEEL et al., 1995). O fitopatógeno *Fusarium oxysporum* pode afetar plantas perenes e anuais, incluindo principalmente as terrestres, mas também as aquáticas (como o lótus). Do ponto de vista prático, a cepa patogênica de *Fusarium oxysporum* tem sido relacionada a doenças em diversas espécies de plantas importantes nas safras econômicas (cana-de-açúcar, banana, algodão, soja), muitos jardins (melão, cebola e tomate) e culturas ornamentais (ciclâmen, gérbera e orquídeas), e até mesmo ervas daninhas ou plantas parasitas (grama-vassoura e hamamélis). No entanto, as cepas individuais têm patogenicidade seletiva para plantas hospedeiras mais ou menos estreitas. O princípio das infecções radiculares de *Fusarium oxysporum* foi reformulado recentemente (GORDON, 2017).

O *Fusarium oxysporum* causa a murcha vascular penetrando nas raízes do hospedeiro para alcançar os vasos do xilema da planta, e fazendo com que as plantas gradualmente amarelem e murchem. Todas as cepas são saprofíticas, capazes de crescer e sobreviver por longos períodos na matéria orgânica que está no solo e na rizosfera (MICHEREFF et al., 2005).

#### 4.2.2. *Ceratocystis paradoxa*

O complexo *Ceratocystis paradoxa* contém um grupo de patógenos fúngicos que infectam especificamente as principais monocotiledôneas. A podridão do abacaxi, causada pelo fungo, ocorre praticamente em todas as regiões onde é cultivada a cana-de-açúcar, levando à inibição ou retardamento na brotação das gemas variando de acordo com as condições do solo, temperatura e velocidade da germinação dos toletes. As áreas onde a doença ocorre apresentam uma grande quantidade de falhas no plantio. No entanto, seus prejuízos não se resumem só em falhas, mas também ao menor desenvolvimento das plantas. A podridão abacaxi pode reduzir o número de brotação em até 47%, e a produtividade em até 35% (RAHMAN; MOLDAL, 2010).

Durante a reprodução assexuada do *Ceratocystis paradoxa*, os conídios castanho-claros crescem livremente a partir das hifas e, além de numerosos clamidósporos lisos ovais e marrons, pode-se observar a formação de numerosas hifas resultantes da fragmentação das hifas (WISMER, 1961; TOKESHI, 1980).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do fungo é 28°C e o pH ótimo está entre 5 e 7. Nessas condições, os fungos crescem rapidamente e a produção de conídios é abundante em pH 9. Os patógenos não possuem mecanismos próprios de infiltração e usam aberturas ou feridas naturais para entrar e colonizar as plantas. Se a cana-de-açúcar for plantada em solo contaminado, o fungo pode penetrar nos cortes existentes no caule do plantio. A alta umidade favorece a sobrevivência dos fungos, e a doença geralmente ocorre em solos argilosos, encharcados e de difícil drenagem. Além disso, as baixas temperaturas também são muito propícias ao crescimento de fungos, por isso o outono nas regiões centro e sul é o período mais comum para a doença (CARVALHO et al., 2009).

#### 4.3 O uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura

Os agrotóxicos são produtos químicos que alteram a composição da flora e da fauna com o objetivo de evitar que doenças, insetos ou plantas daninhas prejudiquem as plantações. Estão provocando grandes consequências na saúde, conforme Moraes & Monteiro (2006)), as três vias fundamentais responsáveis pela infecção humana com agrotóxicos são: ocupacional - ocorre durante a manipulação do agrotóxico, sua aplicação, colheita e entrada em áreas onde o produto foi recentemente aplicado; Ambiental - pela dispersão das partículas de agrotóxicos, de águas, ar e do solo; e também a Alimentar - relacionada à contaminação de alimentos por agrotóxicos.

Estes agrotóxicos são exibidos no mercado sob a forma de pesticidas (eliminam insetos), fungicidas (eliminam fungos), herbicidas (eliminam plantas daninhas, invasoras ou indesejadas), nematicidas (eliminam nematóides), acaricidas (eliminam ácaros), rodenticidas (eliminam ratos e roedores), moluscicidas (eliminam moluscos), formicidas (eliminam formigas), reguladores e inibidores de crescimento (PELAEZ et al., 2010)

O uso descontrolado de agrotóxicos tem se difundido de maneira exponencial na agricultura. O Brasil se tornou um dos maiores consumidores de produtos xenobióticos, ficando atrás somente do Japão e dos Estados Unidos (DAMS, 2006). Os pesticidas ajudam a controlar muitas das pragas, podendo aumentar a produtividade (DOMINGUES et al., 2004). No entanto, o uso impróprio e abusivo pode trazer danos aos humanos e ao meio ambiente. Além de selecionar populações de insetos resistentes e eliminar os inimigos naturais (SILVA; NOVATOSILVA; PINHEIRO, 2005; DOMINGUES, 2010).

Uso indiscriminado de agrotóxicos na cana-de-açúcar, bem como em qualquer cultura traz uma série de efeitos naturais também e ao povo. O uso e abuso frequentes podem resultar poluição do solo, atmosfera, águas superficiais e subterrâneas, de alimentos, o que leva a efeitos negativos sobre os seres vivos na terra, bem como água, embriaguez pelo uso de água e alimentos poluição e intoxicação no local de trabalho de trabalhadores e produtores rurais. (SPADOTTO, 2006, p. 03).

#### 4.4 Rizosfera

A rizosfera tem sido o foco de intensa pesquisa pela sua importância na nutrição e patogênese das plantas. Uma região da parte do solo com maior contato com a raiz, por possuir grande concentração de micro-organismos, encarregados pelos processos de decomposição, mineralização, fixação de nitrogênio, desnitrificação, armazenamento e mobilização de nutrientes (KHAN, ZAIDI e WANI, 2007).

Prashar (2014) comenta que as rizosferas são fundamentais para processos de nutrição da planta, trocas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, mineralização, amofinação, nitrificação e simbose, é uma fonte de bactérias produtoras de metabólitos secundários, tal como auxina, antibióticos, ácidos, enzimas extracelulares. São determinadas pelo tipo, umidade do solo e a composição são de habitat mutável, durante ciclo vegetativo, sua estrutura e a sua composição são influenciadas. É dividida em três áreas básicas, sendo: O endorhizosphere que é o tecido da raiz que inclui a endoderme e camadas corticais. O rizoplano é superfície que fica entre raiz e solo, área que influencia na simbiose das raízes. O espermosfera é área que influencia ao redor das sementes, durante germinação, ocorrendo mobilização de reservas de carboidratos (PRASHAR; 2014).

As raízes das plantas exercem importante papel na formação de comunidades microbianas no solo por liberarem uma grande quantidade de compostos, mas a composição e a qualidade destes compostos podem variar de acordo com a espécie da planta, o tipo e o estágio de crescimento (WIELAND et al., 2001). O solo do Cerrado é pobre em nutrientes, ácido, rico em alumínio e caracterizado por condições ambientais extremas, como elevadas temperaturas e longos períodos de estiagem (ESPÍNDOLA et al., 2018; RADA, 2013).

Portanto, micro-organismos rizosféricos adaptados a tais condições podem apresentar características de interesse para aplicações biotecnológicas na agricultura (Costa et al., 2014). As bactérias que colonizam a rizosfera são denominadas rizobactérias e podem promover o crescimento vegetal através de mecanismos diretos, como a produção de fitormônios, e mecanismos indiretos como o biocontrole de fitopatógenos (Backer et al., 2018).

Assim, podemos explicitar que micro-organismos essenciais ao ecossistema das plantas estão relacionados ao fornecimento de nutrientes de crescimento, estes como o fósforo, nitrogênio, talvez ferro. Quando ocorre a liberação de exsudados pelas raízes desenvolve um espaço rizósferico rico em energia, assim terão micro-organismos presentes para mineralização dos nutrientes e das matérias orgânicas.

As rizobactérias benéficas tem sido utilizadas para melhorar a capacitação de água, nutrientes e a tolerância a estresses bióticos e abióticos (BACKER et al., 2018). A rizosfera é uma região no solo com presença de raízes, que contém características do solo, e é o local aonde ocorrem maior interações entre micro-organismos e plantas (LYNCH, 1982). Podendo influenciar os micro-organismos, devido à liberação de princípios ativos que inibem ou favorecem o crescimento microbiano.

Essas bactérias existem em uma variedade de ambientes, são fáceis de crescer, crescem rapidamente em um grande número de substratos e não são patogênicas para plantas superiores. Podem inibir fitopatógenos por meio da produção de metabólitos secundários, além de promover o crescimento das plantas (HARMAN et al., 2004; ORTÍZ-CASTRO et al., 2008; LEAELASUPHAKUL et al., 2008).

#### 4.5 Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas

Freitas & Pizzinatto (1997) comentam que as rizobactérias podem ser simbiontes ou saprófitas de vida livre, sendo os microrganismos benéficos. As espécies mais estudadas são

*Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Arthrobacter*, *Enterobacter*, *Azotobacter*, etc.

De acordo Fravel (1988) observa-se que os efeitos sobre mecanismo de ação das rizobactérias se dão pela produção de compostos antibióticos, por atuar na supressão dos patógenos da rizosfera. Assim definidos como compostos orgânicos de baixo peso molecular, que apresentam baixas concentrações, que podem destruir as atividades metabólicas de outros organismos. Desta forma, os micro-organismos entram em conflitos por nutrientes e elementos que tem no solo e na rizosfera, acontece entres as rizobactérias e um patógeno.

A Rizobactérias estimulantes da rizosfera produz metabólitos cotidianamente relacionado ao crescimento das plantas (auxinas, giberelinas e citocininas). Eles também sintetizam antibióticos, sideróforos e ácido hidrocínâmico (HCN) que diminuem a atividade do patógeno. Eles proporcionam o desenvolvimento das plantas alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ou substrato para promover um melhor desenvolvimento das raízes. (DIMKPA; WEINAND; ASCH, 2009; MAHESHWARI, 2011; CHAUHAN; BAGYARAJ; SHARMA, 2013). O efeito das rizobactérias sobre a rizosfera, e vice-versa, leva a algumas ocasiões mudanças temporais nas comunidades microbianas causando danos às plantas, mas em na maioria das vezes, para o benefício da cultura. Pesquisas mostraram que a microbiota da rizosfera pode reduzir a perturbação das plantas sob condições adversa (LAU & LENNON, 2012).

Muitos trabalhos são realizados usando agentes biológicos que promovem o crescimento de plantas e/ou interferem nos processos essenciais de fitopatógenos. Através desses agentes destacam-se microrganismos como os do gênero *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia* e o fungo *Trichoderma*, entre outros microrganismos (HASSAN et al., 2011; ALMAGHRABI et al., 2013).

Entre as RPCPs temos as bactérias do gênero *Pseudomonas* ssp. em destaque, por sua capacidade de retirar os patógenos do solo de forma natural em elevadas populações e possuírem uma facilidade de crescerem em várias condições ambientais. Essas bactérias produzem uma diversidade de antibióticos, hormônios e sideróforos para crescimento dos vegetais. Os efeitos de crescimentos podem ser induzidos de forma direta, pela produção dos hormônios de crescimento, ou indireta, pela mudança da microbiota da rizosfera (SCHIPPERS et al., 1987).

Rizobactérias da espécie *Pseudomonas fluorescens* contêm metabolismo versátil, utilizando diversos substratos liberados pelas raízes e moléculas xenobióticas que atingem a

rizosfera. Os sideróforos são substâncias que têm baixo peso molecular e são produzidos por alguns micro-organismos em condições limitantes de ferro. Quase todas as bactérias aeróbias e anaeróbias facultativas produzem sideróforos (KLOEPPER et al., 1996). Seu mecanismo de promoção de crescimento vegetal é indireto, pois quelata o ferro presente no ambiente, impedindo que fitopatógenos cresçam, protegendo, portanto, a planta, através da competição por nutrientes. Seu funcionamento depende da concentração de ferro na solução do solo, a qual está diretamente ligada ao pH. Em solos com pH baixos haverá mais disponibilidade de ferro, então os sideróforos passam ser menos efetivos.

Há vários relatos na literatura de RPCP que atuam no biocontrole de fitopatógenos. *Bacillus amyloliquefaciens* linhagem SN13 é eficaz contra *Rhizoctonia solani* por aumentar a resposta de defesa das plantas (SRIVASTAVA et al., 2016). Muitos antibióticos têm derivado de RPCP do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas*. Estas RPCPs produzem uma variedade de metabólitos que servem como antifúngicos, antibacterianos, antivirais, anti-helmínticos e agentes antitumorais (GOSWAMI et al., 2016).

#### 4.5.1 Fitormônios

Os fitormônios são moléculas bioquímicas que regulam diversas ações das plantas, que desempenham uma importante função na regulação do crescimento, são substâncias que atuam direta ou não diretamente sobre os tecidos e órgãos que os produzem (SPAEPEN & VARDERLEYDEN, 2014). Os fundamentais fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas são de natureza química. Hormônios responsáveis pela sinalização química levam mensagens e alteram o estado fisiológico de células, tecidos e, em alguns casos, sistemas mais complexos. Assim sendo, a mesma substância que responde de forma diferente em diferentes estágios de desenvolvimento da planta. O crescimento e o desenvolvimento das plantas são regulados por fatores endógenos e exógenos (RAVEN et al., 2001).

As RPCPs são capazes de sintetizar diferentes fitormônios como, auxinas, citocininas, giberelinas e ácido abscísico. Os fitohormônios, juntamente com fatores externos, iniciam o processo de crescimento e diferenciação e sincronizam o desenvolvimento da planta com as mudanças sazonais no ambiente. Outras funções dos hormônios vegetais são regular a densidade e direção do crescimento, atividade metabólica, transporte, armazenamento e mobilização de nutrientes (LARCHER, 2006).

Taiz & Zeiger (2004) comentam que as auxinas são os complexos que provocam o alongamento nas células dos brotos de plantas, são sintetizados e apresentam as concentrações altas nas áreas meristemáticas do broto e da raiz, locais nos quais as células se divide ligeiramente para renovar o seu crescimento. Seus efeitos são ativos em quantidades muito pequenas e, quando aplicadas em quantidades muito elevadas, podem matar o vegetal. Como são transportadas da copa para a base, as auxinas tendem a se concentrar nas raízes, onde se acumulam em excesso e retardam o crescimento. O ácido 3 indole acético (AIA) é a molécula de auxina mais abundante e ativa em sistemas biológicos, sendo produzida por diversos organismos incluindo bactérias.

As giberelinas agem ativamente na germinação das sementes por provocarem, via ação gênica, a síntese de enzimas de lise que proporcionam a quebra e a mobilização de substâncias de reserva no endosperma das sementes. Estão também no crescimento (alongamento do caule), no desenvolvimento reprodutivo, além de prejudicar a transição do estado juvenil para o maduro, bem como a indução da floração, a determinação do sexo e o estabelecimento do fruto. Esses hormônios estimulam o alongamento e a divisão celulares. (TAIZ e ZEIGER, 2009)

#### 4.6 Biocontrole

Olanrewaju et al. (2017) disserta que o biocontrole é a capacidade que alguns micro-organismos apresentam de inibir o crescimento de fitopatógenos, protegendo a planta e promovendo indiretamente seu crescimento. A inibição pode se dar através da produção de metabólitos secundários bioativos; por competição, geralmente por nutrientes, como no caso dos sideróforos, moléculas de baixo peso molecular que contém o ferro presente no solo, tornando-o indisponível para os patógenos; ou por indução do sistema de defesa da planta. A partir deste contexto, pode ser apresentado que os micro-organismos que promovem o crescimento das plantas são os micróbios benéficos. Já os micróbios comensais são os que não prejudicam ou beneficiam de modo direto para planta e o patógeno. (DESHMUKH & SHINDE, 2016).

A aplicação de rizobactérias como agentes de controle biológico de fitopatógenos e como promotoras de crescimento vem mostrando como excelente alternativa. Essas bactérias são capazes de agir em vários mecanismos, como antibiose, competição por ferro, indução de resistência, mineralização de fosfatos, fixação de nitrogênio e reguladores de crescimento,

além de serem capazes de inibir o crescimento de outros organismos no solo (ROMEIRO, 2005).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Coleta e transporte das amostras

Os isolados de rizobactérias utilizados neste trabalho foi obtido da rizosfera, situado na Unidade de Pesquisa do CRV Industrial, Carmo do Rio Verde, Goiás, perto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres. As raízes coletadas com solo rizosférico, foram de seis plantas de pontos diferentes de cana-de-açúcar. As amostras de solo rizosférico, denominadas R1, R2, R3, R4, R5 e R6, foram colocadas em sacos plásticos finos, para estimular as trocas gasosas (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), evitando que o solo seque rapidamente. Os sacos foram transportados para o Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres, em caixas de isopor.

Foi realizada a separação mecânica do solo rizosférico das raízes, e realizado o estudo a partir de um grama de raízes contendo solo rizosférico, que foi colocado em 10 mL de água destilada estéril e submetido à agitação, com o objetivo de desagregar as rizobactérias das raízes.

A suspensão foi deixada em repouso por 20 minutos para decantação do solo. Foi realizada a diluição seriada da amostra, tendo sido adicionados 100 µL do sobrenadante em 900 µL de água destilada estéril até a diluição 10<sup>-5</sup>. A seguir, 100 µL da solução foram inoculados por espalhamento em placas contendo ágar nutriente (3 g L<sup>-1</sup> de extrato de carne, 5 g L<sup>-1</sup> de peptona e 15 g L<sup>-1</sup> de ágar). As placas foram incubadas a 30 °C e o crescimento bacteriano foi observado diariamente (Figura 1), conforme o protocolo sugerido por (ZAHID et al., 2015). Logo após o crescimento, as bactérias foram repicadas puras em novas placas de ágar nutriente, com divisão de 8 partes em cada placa, sendo cada parte uma bactéria, para fazer teste antagonismo, elas foram incubadas nos tubos de ensaio contendo caldo nutriente (3g de extrato de carne, 5g de peptona), cada tubo contendo 2 ml do caldo, um tubo para cada bactéria foram incubas por 24h a 28 °C para serem inoculadas nas placas para teste.



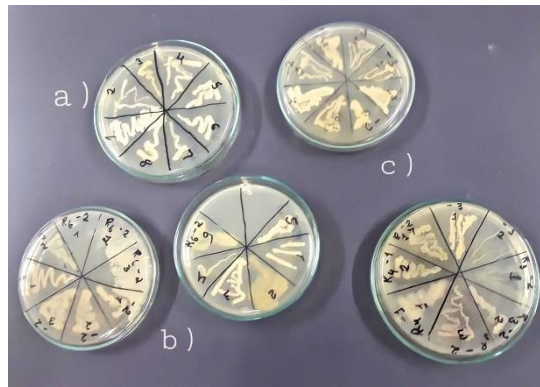


Figura 1. Replicação de rizobactérias em ágar nutriente. A) placa contém as bactérias puras e a, b) e c) são bactérias da diluição seriada.

Os fungos fitopatogênicos usados nos testes de biocontrole, *Ceratocystis paradoxa* e *Fusarium oxysporum* foram doados pelo Laboratório de Biologia Molecular e Ecologia Microbiana (LABMEM) da Universidade de São Paulo (USP). Para o teste de antagonismo, foram utilizadas placas contendo meio batata dextrose ágar (BDA). Em cada placa, inoculou-se quatro bactérias equidistantes do centro 3 cm em uma linha de 2 cm comprimento (Figura 2).



As placas com as bactérias foram incubadas a 28 °C por 48 h. Após esse período, pode ser observado crescimento de algumas bactérias, e um disco de aproximadamente 5 mm de micélio fúngico foi depositado no centro da placa de Petri. A atividade antagônica foi determinada pela mensuração do crescimento do fungo por meio do diâmetro da cultura em comparação com o controle, que consistiu apenas do fungo no centro da placa. Os dados foram expressos em porcentagem de inibição, seguindo a fórmula:  $(\%) = (C - T) / C \times 100$ , onde C é o diâmetro das culturas de fungos no controle, e T é o diâmetro do fungo na presença do isolado bacteriano, de acordo com (FELESTRINO et al., 2017).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No total, foram isoladas 277 colônias bacterianas das seis amostras coletadas.

Da planta R4 foram isoladas 46 colônias bacterianas, das quais apenas oito foram capazes de inibir o crescimento do fungo *C. paradoxa*. A Figura 3 mostra a inibição do fungo pelas bactérias comparando com o controle que continha apenas o fungo.

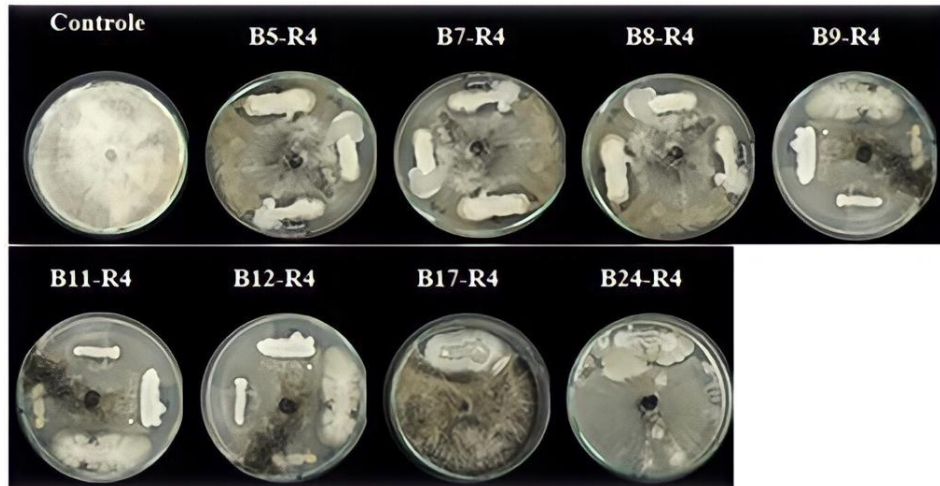


Figura 3. Inibição do fungo *C. paradoxa* por rizobactérias isoladas de cana-de-açúcar.

Para o teste de biocontrole, as bactérias foram inoculadas em placas de Petri tamanho padrão de 9 cm e após 5 dias com crescimento do fungo na placa controle, foi feita a mensuração do crescimento do fungo *C. paradoxa* por meio do diâmetro da cultura em comparação com o controle (Tabela 1).

**Tabela 1.** Teste de antagonismo de bactérias rizosféricas de cana-de-açúcar contra o fungo *C. paradoxa*.

Rizobactéria	Diametro de <i>C.paradoxa</i>	Comprimento de <i>C.paradoxa</i>	Halo inibição
<b>B5-R4</b>	5,0 cm	4,7 cm	0,03 cm
<b>B7-R4</b>	5,0 cm	4,7 cm	0,01 cm
<b>B8-R4</b>	5,0 cm	4,7 cm	0,01 cm
<b>B9-R4</b>	6,2 cm	6,5 cm	0,02 cm
<b>B11-R4</b>	6,2 cm	6,5 cm	0,02 cm
<b>B12-R4</b>	6,2 cm	6,5 cm	0,01 cm
<b>B17-R4</b>	6,3 cm	9,2 cm	0,01 cm

<b>B24-R4</b>	5,9 cm	7,5 cm	0,02 cm
---------------	--------	--------	---------

A partir desses resultados foi feito o cálculo da porcentagem de inibição do fungo *C. paradoxa* pelas bactérias (Tabela 2).

**Tabela 2.** Porcentagem de inibição do fungo *C. paradoxa* por bactérias rizosféricas de cana-de-açúcar.

<b>Rizobactéria</b>	<b>% inibição</b>
<b>B5-R4</b>	44,44%
<b>B7-R4</b>	44,44%
<b>B8-R4</b>	44,44%
<b>B9-R4</b>	31,11%
<b>B11-R4</b>	31,11%
<b>B12-R4</b>	31,11%
<b>B17-R4</b>	30%
<b>B24-R4</b>	34,44%

No teste com o fungo fitopatogênico *F. oxysporum*, nove bactérias isoladas da planta R4 apresentaram potencial de inibição do fungo. Foi feito o mesmo procedimento do teste com *C. paradoxa*, só que o tempo de incubação do *Fusarium* foi maior, uma vez que este fungo demora mais para crescer e tomar conta da placa inteira, portanto, os resultados foram obtidos em 12 dias em comparação com controle, como mostrado na Figura 4.

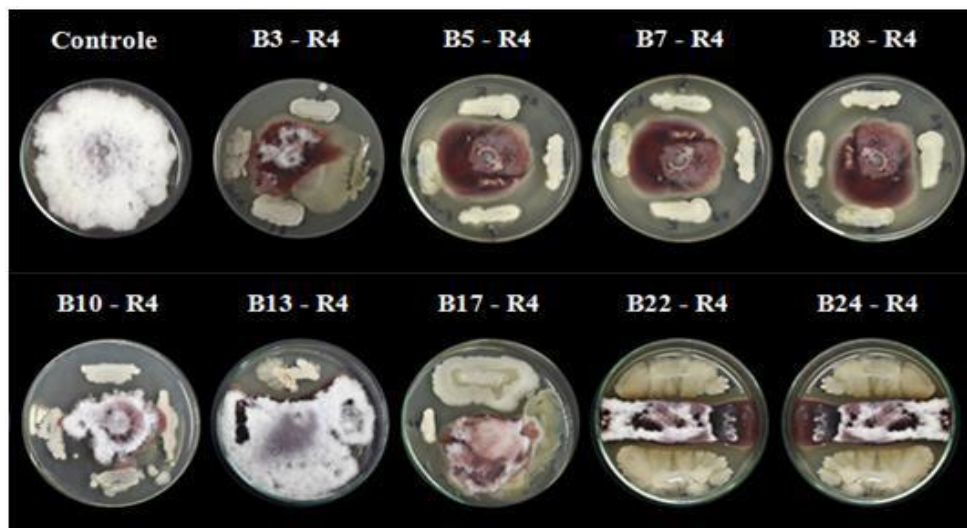


Figura 4. Inibição de *Fusarium oxysporum* por bactérias rizosféricas de cana-de-açúcar

Foram feitas as medições do crescimento do fungo por meio do diâmetro da cultura em comparação ao controle constituído apenas do fungo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teste de antagonismo com fungo *F. oxysporum*.

Rizobactéria	Diâmetro de <i>F.oxysporum</i>	Comprimento	
		de <i>F.</i> <i>oxysporum</i>	Halo inibição
<b>B3-R4</b>	5,0 cm	4,6 cm	1,1 cm
<b>B5-R4</b>	4,5 cm	5,0 cm	0,01 cm
<b>B7-R4</b>	4,5 cm	5,0 cm	0,02 cm
<b>B8-R4</b>	4,5 cm	5,0 cm	0,04 cm
<b>B10-R4</b>	4,2 cm	6,0 cm	0,5 cm
<b>B13-R4</b>	4,2 cm	4,8 cm	0,01 cm
<b>B17-R4</b>	4,5 cm	7,2 cm	0,5 cm
<b>B22R4</b>	2,5 cm	9,3 cm	3 cm
<b>B24R4</b>	2,5 cm	9,3 cm	3,5 cm

Figura 6. Inibição de *Fusarium oxysporum* por bactérias rizosféricas de cana-de- açúcar

Foram feitas as medições do crescimento do fungo por meio do diâmetro da cultura em comparação ao controle constituído apenas do fungo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teste de antagonismo com fungo *F. oxysporum*.

Rizobactéria	Diâmetro de <i>F.oxysporum</i>	Comprimento	
		de <i>F.</i> <i>oxysporum</i>	Halo inibição
<b>B3-R4</b>	5,0 cm	4,6 cm	1,1 cm
<b>B5-R4</b>	4,5 cm	5,0 cm	0,01 cm
<b>B7-R4</b>	4,5 cm	5,0 cm	0,02 cm
<b>B8-R4</b>	4,5 cm	5,0 cm	0,04 cm
<b>B10-R4</b>	4,2 cm	6,0 cm	0,5 cm

<b>B13-R4</b>	4,2 cm	4,8 cm	0,01 cm
<b>B17-R4</b>	4,5 cm	7,2 cm	0,5 cm
<b>B22R4</b>	2,5 cm	9,3 cm	3 cm
<b>B24R4</b>	2,5 cm	9,3 cm	3,5 cm

Com os resultados então foi feito cálculo para saber porcentagem de inibição das bactérias a fungo, como mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Porcentagem inibição do fungo *F. oxysporum*.

<b>Rizobactéria</b>	<b>% inibição</b>
<b>B5-R4</b>	44,44%
<b>B7-R4</b>	44,44%
<b>B8-R4</b>	44,44%
<b>B9-R4</b>	31,11%
<b>B11-R4</b>	31,11%
<b>B12-R4</b>	31,11%
<b>B17-R4</b>	30%

Foi possível perceber que a amostra R4 contém linhagens bacterianas rizosféricas que apresentaram ótimos níveis de inibição contra as duas espécies de fungos fitopatogênicos testados, mas com relação a inibição o teste com fungo *F. oxysporum* teve maior porcentagem de inibição. Cook et al. (1995) relatou que várias espécies de plantas desenvolvem estratégias de defesa contra patógenos do solo, estimulando e sustentando as populações de micro-organismos na rizosfera. O agente de biocontrole para ter competência na rizosfera, precisa efetiva colonização da raiz, com a habilidade de sobreviver durante o crescimento das raízes.

Observou-se que as bactérias R4- 5, 7, 8, 17 e 24 apresentam potencial de inibição, então demonstram que possuem mecanismos de promoção de crescimento, pois inibiram os dois fungos. As análises das amostras R1, R2, R3, R5 e R6 estão em andamento, porém, a partir dos resultados da amostra R4, pode-se concluir que os isolados apresentam potencial de inibição e controle de patógenos, podendo servir como alternativa ao uso de pesticidas e agrotóxicos na lavoura, contribuindo assim, para uma agricultura sustentável.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As rizobactérias selecionadas para estudo, podem representar um componente importante no crescimento da cana-de-açúcar. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que para o fungo *C. paradoxa*, apenas 8 linhagens bacterianas foram capazes de inibir o crescimento do fungo, enquanto que para o fungo *F. oxysporum*, 9 linhagens apresentaram potencial de inibição. Os gêneros de bactérias endofíticas frequentemente encontrados associados à cultura da cana-de-açúcar são *Herbaspirillum*, *Burkholderia*, *Gluconocetobacter*, *Azospirillum* (CAVALCANTE & DOBEREINER, 1988), porém não são os únicos, e nem exclusivos desta cultura. O isolado B24-R4 é capaz de inibir os dois fungos, prevalentemente possa ser uma dessas espécie citada, e representa uma provável solução biotecnológica para os problemas de doenças fúngicas na produção de mudas de cana-de-açúcar.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHEMAD, M., KIBRET, M., 2014. **Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective.** J. King Saud Univ. - Sci. 26, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
- ALI, A., NAZ, S., SIDDIQUI, F.A., IQBAL, J., 2008. **An efficient protocol for large scale production of sugarcane through micropropagation.** Pakistan J. Bot. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-152>
- ALMAGHRABI, O.A.; MASSOUD, S.I.; ABDELMONEIN, T.S. Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.20, p.57-61, 2013.
- BACKER, R., ROKEM, J.S., ILANGUMARAN, G., LAMONT, J., PRASLICKOVA, D., RICCI, E., SUBRAMANIAN, S., SMITH, D.L., 2018. **Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture.** Front. Plant Sci. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- BARNABAS, L., RAMADASS, A., AMALRAJ, R.S., PALANIYANDI, M., RASAPPA, V., 2015. **Sugarcane proteomics: An update on current status, challenges, and future prospects.** Proteomics 15, 1658–1670. <https://doi.org/10.1002/pmic.201400463>
- BRINK, S.C. (2016). **Desbloquear os segredos da rizosfera.** Tendências em Ciência Vegetal, 21(3), 169-170.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J.J.Y. **Melhoramento da cana-de-açúcar.** Brasília: Embrapa, 2004. 307p.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorriza arbuscular na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.). **Micorriza: 30 anos de pesquisa no Brasil.** Lavras: UFLA, 2010, p. 153 – 214.
- CARVALHO, P.A.; MORAES, W. Da S.; CARNEIRO. O.L.G.; PEREIRA, T.G.; LIMA, J.D. **Ceratocystis paradoxa ocorrendo em palmeiras frutíferas e ornamentais do Vale do Ribeira.** 2009. Disponível: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/sc005>. Acesso: 03 nov. 2021.
- COSTA, P.B. DA, GRANADA, C.E., AMBROSINI, A., MOREIRA, F., DE SOUZA, R., DOS PASSOS, J.F.M., ARRUDA, L., PASSAGLIA, L.M.P., 2014. **A Model to Explain Plant**

- Growth Promotion Traits: A Multivariate Analysis of 2,211 Bacterial Isolates.** PLoS One 9, e116020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116020>.
- CAVALCANTE V A; DÖBEREINER J A new acid tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. **Plant and Soil** v.108, p. 23–31, 1988.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Follow-up of the Brazilian sugarcane harvest: 2020. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> (acesso em 08 de maio de 2021).
- CHAUHAN, H.; BAGYARAJ, D.J.; SHARMA, A. Plant growthpromoting bacterial endophytes from sugarcane and their potential in promoting growth of the host under field conditions. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 49, p. 43-52, 2013.
- DEMATTE, José Luiz Ioriatti; DEMATTE, José Alexandre Melo. **Ambientes de produção como estratégia de manejo na cultura de cana-de-açúcar.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 127, p. 10-18, 2009.
- DESHMUKH, P., & SHINDE, S. (2016). **Papel benéfico da rizosfera Mycoflora no campo da agricultura: uma visão geral.** Revista Internacional de Ciência e Pesquisa, 5(8), 529-533. [https://pt.thpanorama.com/blog/ciencia/rizosfera-caractersticas microbiologa-e-importancia](https://pt.thpanorama.com/blog/ciencia/rizosfera-caractersticas-microbiologa-e-importancia) (acesso em 15 de maio de 2019).
- DIMKPA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, Cell & Environment**, Weinheim, v. 32, p. 1682-1694, 2009.
- DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar.** Campinas: Instituto Agronômico, p. 349 – 404, 2008.
- ESPÍNDOLA, S.P., BOBULSKÁ, L., FERREIRA, A. DE S., 2018. **Impact of nitrogen additions on soil microbial respiration and temperature sensitivity in native and agricultural ecosystems in the Brazilian Cerrado.** J. Therm. Biol. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.005>
- FAO FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food Outlook: biannual report on global food markets.** Rome/ Italy, FAO, 2019.
- FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, D.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p.185-212, 2009.
- FELESTRINO, ÉRICA B., SANTIAGO, I.F., FREITAS, L. DA S., ROSA, L.H., RIBEIRO, S.P., MOREIRA, L.M., 2017. **Plant Growth Promoting Bacteria Associated with**



- Langsdorffia hypogaea-Rhizosphere-Host Biological Interface: A Neglected Model of Bacterial Prospection.** *Front. Microbiol.* 08. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00172>
- FIGUEIREDO, F.C.; FURTINI NETO, A.E.; GUIMARÃES, P.T.G.; SILVA, E. de B.; BOTREL, P.P. Eficiência da adubação com NPK na produção de cana de açúcar adensados no Brasil **Coffee Science**, v.1, p.135-142, 2006.
- FRAVEL, D. **Role of antibiotics in the biocontrol of plant diseases.** *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 26, p. 75-91, 1988.
- FREITAS, S.S. & PIZZINATTO, M.A. **Ação de rizobactérias sobre a incidência de Colletotrichum gossypii e promoção de crescimento em plântulas de algodoeiro (Gossypium hirsutum)** *Sum. Phytopathol.*, 23:36-41, 1997
- FERNÁNDEZ, M. T. H.; IZQUIERDO, C. G.; STAMFORD, N. P.; MORENO, M. D. C. Enzimas que actúan em la materia orgânica del suelo. In: FIQUEIREDO, M. do V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. De R. e S. **Microrganismos e agrobiodiversidade: O novo desafio para agricultura.** 2008, p. 351 – 375.
- GÂNDAVO, P. M. **Tratado da Terra do Brasil. Literatura Brasileira.** Textos literários em meio eletrônico. [www.cce.ufsc.br](http://www.cce.ufsc.br). Acessado em 13/06/2020
- GORDON, S.A., Weber, R.P., 1951. **COLORIMETRIC ESTIMATION OF INDOLEACETIC ACID.** *PLANT Physiol.* 26, 192–195. <https://doi.org/10.1104/pp.26.1.192>
- GOSWAMI, D., THAKKER, J.N., DHANDHUKIA, P.C., 2016. **Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review.** *Cogent Food Agric.* 2. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127500>.
- HASSAN, M.N.; AFGHAN, S.; HAFEEZ, F.Y. Biological control of red rot in sugarcane by native puoluteorin-producing *Pseudomonas putida* strain NH-50 under field conditions and its potential modes of action. **Pest Management Science**, v.67, p.1147-1154, 2011.
- HILTNER, L. Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. **Arb. Deut. Landwirtsch. Ges.**, v.98, p.59-78, 1904.
- INDEX FUNGORUM PARTNERSHIP. **INDEX FUNGORUM: Search by 372.527 records on-line.** Disponível em: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> último acesso em dezembro de 2021.

- KLOEPPER, J. W. **Host specificity in microbemicrobe interactions**. *BioScience*, v.46, n.6, p.406-409, 1996.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. p.295-338.
- LAU, J.A.; LENNON, J.T. Rapid responses of soil microorganisms improve plant fitness in novel environments. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v.109, p.14058-14062, 2012
- LYNCH, J. M. **Interaction between bacteria and plants in the root environment**. In: RHODESROBERT, M. E., SKINNER, F. A., (Ed.). **Bacteria and plants**. London: Academic, 1982. p. 1-23.
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A. ; SILVA, J. E. A. R.; **Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugar cane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020**. *Biomass and Bioenergy*, v. 32, p. 582 – 595, 2008.
- MAHESHWARI, D.K. **Bacteria in agrobiologia: crop ecosystems**. Heidelberg: Springer, 2011. 434 p.
- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; PERUCH, L. A. M.; MENEZES, M. **Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais**. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 1-18, 2005;
- MORAES, J. A; MONTEIRO, M. S. L. **Agrotóxicos e meio-ambiente: do uso aos agravos à saúde do trabalhador rural**. In: III Encontro da ANPPAS, Maio de 2006. Disponível em: . Acesso em: 03 mai. 2022
- OLANREWAJU, O.S., GLICK, B.R., BABALOLA, O.O., 2017. **Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria**. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 33, 197. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>
- PELAEZ, V.; TERRA, F. H. B.; SILVA, L. R. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, v.36, n. 1, p. 27-48, 2010.
- PRASHAR, P., Kapoor, N., & Sachdeva, S. (2014). **Rizosfera: Sua estrutura, diversidade bacteriana e significância**. *Avaliações em Ciência Ambiental e Biotecnologia*, 13(1), 63-77.
- RADA, N., 2013. **Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle**. *Food Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.11.002>

- RAVEN, P.H., EVERT, R.F., EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001, 906p.
- ROMEIRO, R. S. **Controle biológico de doenças de plantas – Fundamentos**. Viçosa - MG: UFV, 2007. 296 p
- RUZZI, M., AROCA, R., 2015. **Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture**. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>
- SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I. M. M. B.; COLAÇO, W. Fixação simbiótica do N<sub>2</sub> em leguminosas tropicais. In: FIGUEIRO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. de R. e S. (Eds). **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008, p. 17-62.
- SPADOTTO, C. A. **Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos**. In: JORNADA JURÍDICA DA FACULDADE MARECHAL RONDON, 4., 2006, São Manuel, SP. Artigos publicados... São Manuel, SP: FMR, 2006. p. 1-9. Revista do Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel, p. 1-9, maio 2006.
- SCHIPPERS, B.; BAKKER, A. W.; BAKKER, P. A. H. M. **Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices**. *Annual Review of Phytopathology*, v.25, p.339-358, 1987.
- SRIVASTAVA, S., SINGH, P.C., TRIVEDI, P.K., ASIF, M.H., CHAUHAN, P.S., NAUTIYAL, C.S., 2016. **Unraveling Aspects of Bacillus amyloliquefaciens Mediated Enhanced Production of Rice under Biotic Stress of Rhizoctonia solani**. *Front. Plant Sci.* 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00587>
- STAUT, L.A. **Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/CanaSolo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/CanaSolo/index.htm)>. Acesso em: 14/7/2020
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- ZAHID, M., KALEEM ABBASI, M., HAMEED, S., RAHIM, N., 2015. **Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (Zea mays L.)**. *Front. Microbiol.* 6, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00207>