



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS**

**PODRIDÃO ABACAXI DA CANA-DE-AÇÚCAR: REAÇÃO DE VARIEDADES,  
CONTROLE QUÍMICO E DIVERSIDADE PATOGÊNICA**

**JULIANA UZAN**

**Araras**  
**2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS**

**PODRIDÃO ABACAXI DA CANA-DE-AÇÚCAR: REAÇÃO DE VARIEDADES,  
CONTROLE QUÍMICO E DIVERSIDADE PATOGÊNICA**

**JULIANA UZAN**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ALFREDO SEITI URASHIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS

**Araras  
2019**

Uzan, Juliana

Podridão abacaxi da cana-de-açúcar: reação de variedades, controle químico e diversidade patogênica / Juliana Uzan. -- 2019.  
70 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador: Alfredo Seiti Urashima

Banca examinadora: Roberto Giacomini Chapola; Luís Otávio Saggion

Beriam

Bibliografia

1. Ceratocystis paradoxa. 2. Saccharum spp.. 3. Resistência Genética. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083



---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Juliana Uzan, realizada em 22/05/2019:

---

Prof. Dr. Alfredo Seiti Urashima  
UFSCar

---

Prof. Dr. Roberto Giacomini Chapola  
FAI

---

Prof. Dr. Luis Otávio Saggion Beriam  
IBC-SP

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Joceli Cantelli e José Braz Uzan, para os quais devo todas as minhas conquistas, por todo o amor, incentivo e apoio que sempre me deram em todas as etapas da minha vida. Ao meu irmão, Rafael Uzan, também Eng. Agrônomo, que juntos dividimos a paixão pela agricultura. O meu amor e eterna gratidão.

*“Ainda pior que a convicção do não e a incerteza do talvez, é a  
desilusão de um quase... Desconfie do destino e acredite em  
você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que  
planejando, vivendo que esperando porque, embora quem  
quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu.”*

**Sarah Westphal**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda proteção e força e, por me guiar pelos melhores caminhos, não os que eu queria, mas os caminhos que sempre foram melhores para mim;

Aos meus pais, Joceli Cantelli e José Braz Uzan, que nunca mediram esforços para me ajudar em tudo o que eu escolhesse fazer, mesmo sacrificando um pouco de suas vidas em prol da minha educação. Ao meu irmão, Rafael Uzan, também Eng. Agrônomo, por dividir comigo a paixão pela agricultura, como também muitos conhecimentos, amor e incentivo. Vocês são tudo para mim;

A toda minha família, em especial minha avó Luci Ap. Rocha Cantelli e ao meu tio Antonio Cantelli Júnior, também Eng. Agrônomo, por todo carinho, incentivo e investimento, sem vocês muitas conquistas obtidas neste mestrado não seriam possíveis e, à minha prima Bruna Zanini Uzan, também Eng. Agrônoma, que divide comigo a vida desde o colégio agrícola e a faculdade, sempre ao meu lado com seu ombro amigo;

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados da UFSCar, que abriu as portas para mim e, a partir disso, pude ter grandes oportunidades;

Ao Prof. Dr. Alfredo Seiiti Urashima, não só pela orientação no mestrado e ensinamentos, mas também pelas demais oportunidades que concedeu a mim nestes dois anos, inclusive de conhecer outros países através de Congressos Internacionais;

Às estagiárias e técnicas do Laboratório de Genética Molecular da UFSCar, com as quais troquei experiências profissionais e pessoais, que muito ajudaram no meu crescimento nestes dois anos, agradeço a amizade que criamos;

Aos funcionários de campo do Programa de Melhoramento Genético da Cana-

de-açúcar, Aparecido, bem como o Eng. Agrônomo Fernando, por estarem sempre dispostos a ajudar;

Às Coordenadoras do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados, que se tornaram um exemplo para mim, de mulheres e profissionais no setor agrícola, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Regina Ceccato Antonini e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monalisa Sampaio Carneiro, por todos os ensinamentos e apoio na finalização desta dissertação;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Priscilla de Paula Loiola, não só pela contribuição nas análises estatísticas, mas pela amizade que criamos;

E a todos que auxiliaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho;

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

	Página
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	04
2.1 Geral.....	04
2.2 Específicos.....	04
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	05
3.1 Aspectos gerais da cana-de-açúcar.....	05
3.2 Tipos de plantio de cana-de-açúcar.....	09
3.3 Podridão abacaxi da cana-de-açúcar.....	11
3.3.1 História do patógeno.....	11
3.3.2 Gama de hospedeiros.....	12
3.3.3 Danos causados por <i>Thielaviopsis paradoxa</i> .....	12
3.3.4 Sintomas e Sinais.....	14
3.3.5 Ciclo da relação patógeno-hospedeiro.....	15
3.3.6 Controle da podridão abacaxi em cana-de-açúcar.....	19
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	25
4.1 Caracterização do local de instalação dos ensaios.....	25
4.2 Ensaios.....	26
4.3 Hospedeiros.....	29
4.4 Inóculo.....	30
4.5 Preparo do inóculo.....	30
4.6 Substrato utilizado nos ensaios 1, 2 e 3.....	30
4.7 Obtenção e manutenção da umidade do substrato.....	31
4.8 Plantio.....	31
4.9 Confirmação da doença.....	32
4.10 Delineamento e Análise estatística.....	32
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	51
<b>7 LITERATURA CITADA</b> .....	52

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1.</b> Isolado, variedade de cana-de-açúcar, local e ano de coleta dos isolados de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> utilizados no presente trabalho.....	25
<b>Tabela 2.</b> Porcentagem de brotação final de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> , analisado aos 28 dias.....	34
<b>Tabela 3.</b> Porcentagem de brotação final de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> , analisado aos 40 dias.....	38
<b>Tabela 4.</b> Efetividade de tratamento fungicida em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> , analisado aos 28 dias.....	42
<b>Tabela 5.</b> Diversidade patogênica de isolados de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> obtidos de diferentes localidades.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Rebolos de cana-de-açúcar com podridão abacaxi.....	14
<b>Figura 2.</b> Falha na brotação em campo de cana-de-açúcar causado por <i>Thielaviopsis paradoxa</i> .....	15

## PODRIDÃO ABACAXI DA CANA-DE-AÇÚCAR: REAÇÃO DE VARIEDADES, CONTROLE QUÍMICO E DIVERSIDADE PATOGENICA

**Autora: JULIANA UZAN**

**Orientador: PROF. DR. ALFREDO SEITI URASHIMA**

### RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, e os seus principais produtos são: o açúcar, o etanol e a biomassa. Com a alta demanda por seus produtos, houve a necessidade de plantá-la o ano todo. Assim, a doença podridão abacaxi se tornou um problema, nos plantios de inverno. O patógeno de solo *Thielaviopsis paradoxa* infecta os rebolos recém-plantados, causando grandes falhas no campo. A resistência genética de cultivares se apresenta como o método ideal de controle, porém, não há relatos da resistência das quatro variedades estudadas neste trabalho. Já o controle químico se apresenta como uma alternativa para variedades suscetíveis. Objetivando então, analisar a reação à *T. paradoxa*, de quatro variedades de cana-de-açúcar, o seu controle com fungicida, e a diversidade patogênica de isolados do fungo, foram instalados quatro ensaios: 1º ensaio (analisado aos 28 dias) e 2º ensaio (analisado aos 40 dias) para estes, foram utilizadas bandejas contendo substrato inoculado com *T. paradoxa* ( $10^5$ ,  $10^4$ ,  $10^3$ ,  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup> e Controle) e gemas individualizadas, das variedades RB867515, RB966928, RB855156 e RB92579; para o 3º ensaio, foram selecionadas as variedades menos (RB867515) e mais (RB92579) suscetíveis ao patógeno, novas gemas foram plantadas em bandejas, utilizando substrato inoculado com  $10^4$  e  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup> e Controle, com a aplicação de Estrobilurina + Triazol. Para o 4º ensaio, foram utilizados rebolos, contendo cinco gemas, das quatro variedades e, foi inoculado, nas duas extremidades dos rebolos, suspensões de  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> de cinco isolados de *T. paradoxa*. O substrato dos ensaios 1, 2 e 3 foi mantido com umidade de 25% e, todos os ensaios foram mantidos em ambiente controlado com temperatura de 20°C e fotoperíodo de 12h. Nos ensaios 1, 2 e 3 analisou-se a velocidade de brotação e a brotação final, aos 28 dias (ensaios 1 e 3) e aos 40 dias (ensaio 2), já no ensaio 4 foi medida a área necrosada no interior dos rebolos. Os dados foram transformados em porcentagem e submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que a variedade RB867515 foi a menos suscetível, a RB92579 mais suscetível e; as variedades RB966928 e RB855156 intermediárias; o fungicida com a combinação dos princípios ativos Estrobilurina + Triazol apresentou potencial para o controle de *T. paradoxa*; há diversidade patogênica entre isolados de *T. paradoxa* obtidos de diferentes lesões e mesmo campo em áreas produtoras de cana-de-açúcar do Brasil.

**Palavras-chave:** *Ceratocystis paradoxa*; *Saccharum* spp.; resistência genética.

## SUGARCANE PINEAPPLE DISEASE: CULTIVARS REACTION, CHEMICAL CONTROL AND PATHOGENIC DIVERSITY

**Authora:** JULIANA UZAN

**Adviser:** PROF. DR. ALFREDO SEITI URASHIMA

### ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of sugarcane, and its main products are sugar, ethanol and biomass. With the high demand for its products, there was a need to plant it all year round. Thus sugarcane pineapple disease, became a problem in winter plantings. The soil pathogen *Thielaviopsis paradoxa* infects newly planted grinding seedpieces, causing major failures in the field. The genetic resistance of cultivars presents as the ideal method of control, however, there are no reports of the resistance of the four cultivars studied in this work. Chemical control is an alternative to susceptible cultivars. Aiming to analyze the reaction to *T. paradoxa* of four sugarcane cultivars, its control with fungicide, and the pathogenic diversity of fungus isolates, four trials were installed: 1st experiment (analyzed at 28 days) and the trays containing substrate inoculated with *T. paradoxa* ( $10^5$ ,  $10^4$ ,  $10^3$ ,  $10^2$  spores.mL<sup>-1</sup> and Control) and individualized buds of the cultivars RB867515, RB966928, RB855156 and RB92579 were used in the 2nd experiment (analyzed at 40 days) ; less (RB867515) and more (RB92579) susceptible to the pathogen, new buds were planted in trays, using substrate inoculated with  $10^4$  and  $10^7$  spores.mL<sup>-1</sup> and Control, with the application of Strobilurin + Triazole. For the fourth experiment, five buds of the four cultivars were used, and suspensions of  $10^5$  spores.mL<sup>-1</sup> of five *T. paradoxa* isolates were inoculated at both ends of the grinding seedpieces. The substrate of experiments 1, 2 and 3 was maintained at 25% humidity and all experiments were maintained in a controlled environment with a temperature of 20°C and photoperiod of 12h. In experiments 1, 2 and 3 the sprouting rate and final sprouting were analyzed at 28 days (experiments 1 and 3) and at 40 days (experiment 2), in experiment 4 the necrotic area inside the grinding seedpieces was measured. The data were transformed into percent and submitted to analysis of variance by the Tukey test at 5% probability. The results showed that the cultivar RB867515 was the least susceptible and the most susceptible RB92579; the intermediate cultivars RB966928 and RB855156; the fungicide with the combination of the active principles Strobilurin + Triazol presented potential for the control of *T. paradoxa*; there is pathogenic diversity among isolates of *T. paradoxa* obtained from different lesions and even field in sugarcane producing areas of Brazil.

**Keywords:** *Ceratocystis paradoxa*; *Saccharum* spp.; genetic resistance.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar está presente na história do Brasil desde a época colonial, em que era utilizada somente para a produção de aguardente e açúcar. Porém, a partir do século XX, a cultura começou a ser utilizada para a produção de álcool combustível, substituindo derivados de petróleo, marcando a sua participação na matriz energética brasileira (FERREIRA et al., 2008).

Atualmente, a cana-de-açúcar ocupa posição de destaque na economia brasileira, por ser o açúcar uma das principais *commodities* do agronegócio, que vem sendo responsável pelo saldo positivo na balança comercial nos últimos anos (MDIC, 2019). Além desse produto, a cana-de-açúcar é matéria prima para a produção de etanol, um biocombustível que substitui com vantagens a gasolina, que é um combustível não renovável (WEINER e CLINGAN, 2012), com produção estimada para a safra 2018/19 em 32,31 bilhões de litros de etanol, apresentando incremento de 18,6% em relação à safra passada (CONAB, 2018). Uma terceira matéria-prima da cana-de-açúcar, que também tem papel fundamental para uma agricultura mais sustentável, é a bioenergia, produzida através do bagaço da cana, que é um subproduto resultante da extração do caldo para a produção de açúcar ou etanol (UNICA, 2016).

Dessa forma, com a alta demanda por cana-de-açúcar, os produtores tiveram que plantá-la o ano todo, ou seja, também no período de inverno, abrangendo os meses de junho até a primeira quinzena de setembro, visando ter cana-de-açúcar o ano todo, como também, aproveitando o parque de máquinas e a mão-de-obra.

Porém, como a época de inverno não apresenta clima favorável à brotação da cana-de-açúcar, gerando assim, condições favoráveis à doença denominada podridão abacaxi, causada pelo fungo *Thielaviopsis paradoxa* (ALFONSI et al., 1987; CASAGRANDE, 1991; GHELLER, 1995).

Essa doença é conhecida em muitos países produtores e, é considerada como a principal causa da inibição e retardamento da brotação das gemas. Em locais onde a doença é detectada, estes apresentam muitas falhas, ficando com aspecto irregular, exigindo então, replantio (TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2012), fazendo com que aumente o custo inicial com mão-de-obra e insumos. Por exemplo, no mais recente dado divulgado pelo Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (Pecege), o produtor do Centro-Sul, desembolsou na safra 2017/2018, a média de R\$ 7.282,04 por hectare para renovação do canavial (NOVACANA, 2018b), sendo assim, se houver uma grande queda na brotação, o produtor precisará replantar todo o canavial novamente. Além disso, quando os toletes conseguem brotar, estes originam plantas fracas, afetando também a produtividade do canavial, causando menor desenvolvimento das plantas, podendo reduzir a produtividade em até 35% e, a brotação em até 47% (RAHMAN e MONDAL, 2019).

Portanto, pesquisas são importantes visando o controle dessa doença, que só infecta os rebolos a partir de ferimentos, principalmente a partir de corte dos rebolos por ocasião do plantio (TOKESHI, 2005; RAID, 2012), e com relação ao tipo de plantio, em comparação ao plantio manual, o sistema mecanizado proporciona maiores danos aos rebolos (SERAFIM et al., 2013).

O controle químico se apresenta como uma alternativa de controle para essa doença (CHAPOLA et al., 2016), atualmente, alguns fungicidas são registrados para a podridão abacaxi em cana-de-açúcar, no Brasil, como o Piori Xtra (AGROFIT, 2019).

O método mais adequado de controle seria a resistência genética, sendo mais eficaz, devido à redução dos custos com insumos e a mão-de-obra e, além disso, menor impacto ambiental. Já que a resistência genética de plantas a doenças pode ser entendida como a habilidade que o hospedeiro tem em impedir o crescimento e desenvolvimento de um determinado patógeno (PARLEVLIET, 1997). Porém, ainda não se tem relatos da resistência à *T. paradoxa* das quatro variedades estudadas neste trabalho, que atualmente se apresentam como as mais plantadas em reforma

de canavial no Centro-sul do Brasil.

Para a identificação de fontes de resistência, se faz necessário o conhecimento prévio sobre diferentes isolados, encontrados em diferentes localidades e lesões (DIAS et al., 2014). O conhecimento sobre a variabilidade genética entre isolados de *T. paradoxa* ainda é pouco conhecida (SEGATO et al., 2006) então, pesquisas iniciais estudando a patogenicidade de diferentes isolados, obtidos de diferentes lesões pode ser um começo, podendo inferir uma possível variabilidade genética entre os mesmos.

Então, obtendo-se informações sobre a reação das variedades de cana-de-açúcar mais plantadas no Centro-sul do Brasil, bem como também, sobre a patogenicidade de *T. paradoxa*, estas podem ser úteis para futuros trabalhos de melhoramento em cana-de-açúcar, quanto à resistência genética que se apresenta como o melhor manejo para esta doença.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Analisar a reação à *Thielaviopsis paradoxa*, de quatro variedades de cana-de-açúcar, o seu controle com fungicida, e a diversidade patogênica de isolados do fungo.

### 2.2 Específicos

- Avaliar fenotipicamente se as quatro variedades de cana-de-açúcar mais plantadas no Centro-Sul do Brasil possuem resistência ao fungo *T. paradoxa*, analisando diferentes concentrações do patógeno;
- Determinar se há o controle da podridão abacaxi através do uso de fungicida com a combinação dos princípios ativos Estrobilurina + Triazol e duas concentrações do patógeno;
- Examinar a diversidade patogênica de 5 isolados de *T. paradoxa*, obtidos de três diferentes localidades, nas quatro variedades de cana-de-açúcar mais plantadas no Centro-Sul do Brasil.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Aspectos gerais da cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tendo grande importância para o agronegócio brasileiro. O aumento da demanda mundial por etanol, oriundo de fontes renováveis, aliado às grandes áreas cultivadas e condições edafoclimáticas favoráveis à cana-de-açúcar, tornam o Brasil um país promissor para a exportação dessa *commodity* (CONAB, 2018). Mas nem sempre foi assim, tivemos uma longa história a percorrer.

No Brasil, a introdução da cana-de-açúcar foi feita logo após o descobrimento do País, quebrando o monopólio francês que havia no momento, pelo suprimento mundial de açúcar, originalmente das colônias caribenhas. A partir da metade do século XVI é que a cultura ganhou importância econômica mais expressiva, quando os engenhos do nordeste brasileiro passaram a operar em Alagoas, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Sergipe. Para os estados do Pará e Amazonas, a produção de cana-de-açúcar expandiu-se no século XVII, visando à produção de cachaça, em seguida, chegando ao Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (CANABRAVA, 2005).

Em 1933, foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) com a finalidade de regular a produção interna e desenvolver pesquisas auxiliando a produção e manejo da cultura. Em 1973 ocorreu a primeira crise brasileira do petróleo, iniciando assim com o Programa Nacional do Alcool (ProAlcool), visando inserir o etanol na matriz energética do Brasil e, já em 1985, 96% dos veículos fabricados no País eram movidos

a etanol (NITSCH, 1991).

Desde então, o Brasil tem se destacado pelo grande potencial para a agricultura de energia a partir do uso de biocombustíveis, com 367 usinas operando no ano de 2017, com estimativa de que, até 2030, o país terá entre 378 a 401 usinas sucroenergéticas (NOVACANA, 2018a).

Assim sendo, o Brasil vêm ocupando o lugar de potência mundial na produção de cana-de-açúcar e seus derivados. Na safra 2018/19, a área de cana-de-açúcar a ser colhida no Brasil está estimada em 8.661,4 mil hectares, com produção estimada de 635,51 milhões de toneladas. A produção de açúcar deverá atingir 34,25 milhões de toneladas e, a de etanol 30,41 bilhões de litros, apresentando incremento de 11,6% em relação à safra passada (CONAB, 2018).

As regiões Sudeste e Centro-Oeste, que compreendem os maiores Estados produtores de cana-de-açúcar, apresentam juntos, uma estimativa de produção de 550,74 milhões de toneladas para a safra 2018/19 (CONAB, 2018).

De forma geral, nos dias atuais, há uma maior conscientização em relação ao meio ambiente, principalmente sobre os efeitos indesejáveis da utilização de combustíveis fósseis no balanço de carbono na atmosfera e seus efeitos no aquecimento global. A agroindústria sucroalcooleira se mostra muito favorável devido ao esgotamento das jazidas de petróleo e ao elevado preço deste produto. Além disso, o álcool é um combustível ecologicamente correto, não afetando a camada de ozônio, pois este é obtido de fonte renovável, então sua queima emite menos gases poluentes na atmosfera, por ser derivado da cana-de-açúcar e não de petróleo. Sendo assim, a cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol e aos respectivos subprodutos. Além da produção de etanol e açúcar, as unidades de produção têm buscado operar com maior eficiência, com a geração de energia elétrica também, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2018).

Dessa forma, com a alta demanda por cana-de-açúcar e seus derivados, os produtores tiveram que plantá-la o ano todo, abrangendo um período que antes não era comum o plantio da cana-de-açúcar, que é o caso do inverno, que abrange os meses de junho até início de setembro, dessa forma, fazendo com que o plantio seja realizado então, em todas as épocas do ano e, aproveitando também o parque de máquinas e a mão-de-obra o ano todo. Porém, como a época de inverno não

apresenta clima favorável à brotação da cana-de-açúcar, devido esse período ser caracterizado como frio e seco e, apresentar temperaturas médias em torno de 19 a 25°C, então a brotação da cana-de-açúcar é desfavorecida, se tornando mais lenta, gerando condições favoráveis à doença denominada podridão abacaxi (ALFONSI et al., 1987; CASAGRANDE, 1991).

Neste caminho, o sistema de mudas pré-brotadas (MPB), introduzido no setor sucroalcooleiro em 2012, pelo IAC, se mostra como uma alternativa de controle para essa doença, pois, se as mudas já vão para o campo, desenvolvidas, estas não são acometidas pelo patógeno da podridão abacaxi, pois já produzem seus próprios fotoassimilados, não necessitando mais das reservas dos rebolos. Porém, apesar desse sistema apresentar diversas vantagens, em contrapartida este método ainda apresenta alguns entraves, necessitando de muito trabalho para dinamizar a produção de mudas em biofábricas visando garantir qualidade genética com baixo custo. Além disso, se fazem necessários alguns ajustes na questão de fertilização, controle de pragas, plantas daninhas e mesmo na janela de plantio (XAVIER et al., 2014). Enfim, muito ainda precisa ser feito para viabilizar este novo sistema de plantio em escala comercial sem o uso de irrigação. Mesmo depois de quatro anos, esses entraves ainda se mantêm, como a necessidade de alta umidade no solo quando as mudas são transplantadas para o campo, o investimento no aprendizado para a produção dessas mudas em escala com alta qualidade e baixo custo, além da necessidade de adaptar equipamentos e máquinas para o plantio nas áreas comerciais, e nas propriedades que ainda não possuem viveiros, há a necessidade de um investimento inicial na construção dos mesmos, sendo assim, muitos produtores ainda estão com receio ou sem capital para investir, portanto não aderindo a este sistema (CHERUBIN, 2018).

Além dos entraves de mão-de-obra e custos de construção de viveiros se faz necessária a apuração dos custos de produção para uma análise aprofundada da viabilidade do sistema produtivo. A adoção de novas tecnologias também deve passar pela avaliação financeira, no sentido de verificar sua adequação ao sistema de produção já existente, com as MPBs não seria diferente.

No caso desse sistema, as mudas podem ser adquiridas de terceiros ou produzidas pelo próprio usuário e, optando pela segunda opção, há redução de custos e viabilidade econômica do processo de plantio de cana-de-açúcar.

No levantamento mais atual divulgado sobre o custo das MPBs, o valor médio para a produção de uma MPB é de R\$ 0,52, variando entre R\$ 0,32 à R\$ 0,70, sendo

este intervalo bastante influenciado pela menor ou maior viabilidade das gemas de brotações. Levando em consideração o preço médio por muda de R\$ 0,52 e a utilização de 8.890 MPBs.ha<sup>-1</sup> tem-se um custo aproximado de R\$4.623,00 com as MPBs por hectare (AFERRI et al., 2016).

Segundo pesquisas, o produtor de cana-de-açúcar, utilizando o plantio tradicional, desembolsou na safra 2017/2018 um valor médio de R\$ 1.630,14 com o custo dos materiais de propagação para renova de canavial. Já com todos os insumos necessários, totalizando um valor de R\$ 4.776,99 por hectare, incluindo material propagativo, maquinário, mão-de-obra, fertilizantes, nematicidas, inseticidas, fungicidas e outros. Ou seja, analisando o custo por hectare somente da produção das MPBs resultam em um custo relativamente igual ao produtor do que se ele fosse plantar/renovar um hectare com o plantio tradicional, com todos os insumos necessários já inclusos (KOSTER, 2018).

Então, fazer o plantio ou replantio de um canavial todo com MPBs ainda se torna uma operação inviável ao produtor de cana-de-açúcar, dessa forma, os usos principais das MPBs ainda se concentram em quatro principais: (i) formação de viveiros, (ii) replantio da cana-de-açúcar nas falhas do plantio comercial, que com menor esforço, o produtor pode manter o estande do canavial, (iii) uso no sistema “meiosi” que constitui o plantio de duas linhas de cana-de-açúcar com MPBs (espaçadas a 1,5 metros), um espaço maior (próximo a 15 metros), o plantio de outras duas linhas com MPB e assim, sucessivamente. Nos espaços de 15 metros entre linhas duplas de cana-de-açúcar, cultiva-se outra cultura, como amendoim, girassol ou soja. Após sua colheita (MPBs), os colmos da cana-de-açúcar já desenvolvida são utilizados para plantar os espaços de 15 metros desocupados e no sistema “cantosi” que constitui no plantio das mudas nos cantos da propriedade e posteriormente, as mudas provenientes vão se desdobrando no plantio para o restante da área e, (iv) revitalização das soqueiras, que consiste do plantio das MPBs nas falhas das soqueiras, que são comuns pelo arranquio das colhedoras, auxiliando usinas a manter a produtividade do canavial por mais tempo, aumentando a longevidade da soqueira (AZANIA et al., 2014).

Com relação às MPBs ainda se faz necessário muito estudo e pesquisas para que essa tecnologia se torne comercial e substitua de uma vez o método convencional de plantio. Ainda não se tem números que sedimentam o plantio de MPBs, mostrando que este sistema ainda está sendo implementado, ainda não se tem um levantamento

de volume de produção de muda e plantio, estando ainda em fase de testes e adaptações (ORTOLAN, 2015). Para Perina (2015) o sistema de MPB deve ser uma tecnologia complementar ao sistema convencional de plantio, pois este sistema pode ser uma saída para corrigir erros, garantindo principalmente a sanidade do material a ser plantado, porém muitos produtores estão produzindo suas próprias MPBs sem os cuidados necessários, visando baratear os custos, resultando em mudas de má qualidade. No plantio comercial o uso de MPBs ainda está distante, sendo que o plantio convencional ainda deverá ser o utilizado por um bom tempo.

Ainda há o entrave para os produtores de cana-de-açúcar, que enfrentam o gargalo econômico com o custo atual da produção das MPBs que se torna impossível a competição com o custo do plantio convencional, seja ele manual ou mecanizado (TAVARES, 2015) há a necessidade de equilíbrio entre baixo custo das mudas e sua produção em larga escala, como também a mecanização da operação de plantio das MPBs (RODRIGUES, 2015). Analistas do mercado de cana-de-açúcar não acreditam no sistema de MPB como substituto integral do plantio mecanizado convencional. Sendo assim, o plantio convencional utilizando os rebolos para o plantio ainda será o mais utilizado (PINTO e CARRARA, 2015), mostrando que a podridão abacaxi ainda será um problema aos produtores de cana-de-açúcar por um bom tempo.

### **3.2 Tipos de plantio de cana-de-açúcar**

O tipo de plantio impacta diretamente na ocorrência da podridão abacaxi. A cana-de-açúcar pode ser plantada de duas formas, manual ou mecanicamente (EMBRAPA, 2019).

Os sistemas de plantio em utilização atualmente no Brasil são: o semimecanizado, o mecanizado e o manual. No primeiro sistema a operação de sulcação é feita mecanicamente, já a deposição das mudas é manual e os demais processos, como cobertura das mudas com solo e adubação são realizadas mecanicamente. No sistema mecanizado, todas as operações são realizadas com máquinas. Já o terceiro sistema, a maior ocorrência de uso é feito em regiões com relevos acima de 50%, principalmente no Nordeste do Brasil, e suas operações se caracterizam por serem todas manuais (RIPOLI, 2004) sendo assim, causam menos danos aos rebolos quando comparados ao sistema mecanizado (SERAFIM et al.,

2013), pois os danos se apresentam como uma porta de entrada para a infecção do patógeno da podridão abacaxi. Porém, atualmente, o uso do sistema manual em áreas comerciais, não é utilizado em grandes proporções. A mecanização é uma tendência no plantio e cultivo de cana-de-açúcar, devido as grandes extensões de área plantadas, além da economia em mão-de-obra (EMBRAPA, 2019).

#### - Plantio Semimecanizado

O plantio semimecanizado pode ser considerado e é popularmente conhecido como sendo “manual”, devido ocorrer que nesse sistema de plantio somente a sulcação é feita mecanicamente, já a distribuição e a despalha dos rebolos (mudas) é feita manualmente, com o objetivo de evitar danos as gemas. Posteriormente, esses rebolos são transportados até o local do plantio dentro um caminhão ou trator acoplado de uma carreta (PESSAN e SCARTOZZONI, 2012).

Os rebolos são distribuídos, manualmente, nos sulcos de plantio e em seguida são cortados em tamanhos menores por homens munidos de facões desinfetados. Após esse processo, os rebolos são cobertos por solo (PESSAN e SCARTOZZONI, 2012). Esse processo de corte das mudas favorece a infecção de *T. paradoxa*, já que este patógeno é um fungo de solo e pode infectar os rebolos de cana-de-açúcar logo após o plantio, a partir de ferimentos causados pelo corte dos mesmos para o plantio, pois esse patógeno não consegue penetrar em tecidos íntegros ou aberturas naturais da planta (TOKESHI, 2005; RAID, 2012).

#### - Plantio Mecanizado

No sistema de plantio mecanizado, todos os processos são feitos mecanicamente, ou seja, não é feito o corte manual dos rebolos que são utilizados como mudas e todos os processos são realizados de uma só vez, sendo a sulcação, a adubação, distribuição dos rebolos e cobrimento, reduzindo assim os custos com mão-de-obra e o tempo despendido na realização dos processos (PINTO e MORAES, 1997).

Segundo Embrapa (2019), em um sistema de plantio mecanizado, as mudas que alimentam a plantadora já devem estar picadas e esse processo já é feito mecanicamente pela colhedora.

O sistema de plantio mecanizado causa maiores danos aos rebolos, pois nesse sistema, os rebolos são transportados no conjunto trator-transbordo e no interior do mesmo, ocorre o atrito dessas mudas com partes do interior do maquinário, ocorrendo elevada danificação das gemas apicais, então o sistema mecanizado afeta negativamente a brotação e posterior perfilhamento, além disso, favorecendo ferimentos em todo o rebolo, sendo também uma porta de entrada para a infecção do patógeno (BONONI e ROSA, 2007).

### 3.3 Podridão abacaxi da cana-de-açúcar

#### 3.3.1 História do patógeno

O agente causal da podridão abacaxi foi inicialmente estudado por de Seynes, em 1886, na França, e foi encontrado causando doença (queima) em frutos de abacaxi, sendo descrito então como *Sporohisma paradoxum* (WISMER, 1961). Posteriormente, em 1892, o patógeno foi reanalisado por Saccardo, sendo classificado novamente como *Chalara paradoxa* (De Seynes) Sacc. Logo, em 1893, em Java, Went encontrou um fungo que causava podridão em cana-de-açúcar e o classificou como *Thielaviopsis ethacetica* Went. A denominação “podridão abacaxi” foi utilizada pelo pesquisador devido ao odor que a cana-de-açúcar libera nos primeiros estádios da doença, que se assemelha muito ao odor de abacaxi (WISMER, 1961).

Em 1904, Von Hohnel, trabalhando com uma doença em coqueiros, suspeitou que o fungo *T. ethacetica*, se tratava de um muito parecido ao *Sporochisma paradoxum*, originando nova denominação do patógeno como *Thielaviopsis paradoxa* (de Seynes) Höhn (WISMER, 1961).

Então, em 1928, Dade descreveu a fase sexual deste patógeno como sendo *Ceratostomella paradoxa* (de Seynes) Dade. Alguns anos depois, em 1934, Melin e Nannfeldt nomearam para *Ophiostoma paradoxum*, e em 1935 originando *Ceratostomella paradoxa*. No ano de 1952, a denominação *Ceratostomella paradoxa* foi transferida para o gênero *Ceratocystis*, por Moreau.

Desde então, depois de muitos anos, *T. paradoxa* continua causando danos em diversas culturas, apresentando uma ampla gama de hospedeiros (WISMER, 1961;

TOKESHI, 1980).

### 3.3.2 Gama de hospedeiros

A podridão abacaxi é economicamente importante devido ao fato do seu patógeno causador ser polífago, ou seja, este ocorre praticamente em todas as regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada, além de infectar outras culturas como palmeiras, bananeiras, coqueiros, abacaxi, entre outros (WISMER, 1961; TOKESHI, 1980).

Mais detalhadamente, segundo a Associação Nacional de Defesa Vegetal (2019) a gama de hospedeiros de *T. paradoxa*, está em mais de vinte culturas já registradas, sendo elas: *Saccharum officinarum* (Cana-de-açúcar), *Ananas comosus* (Ananás ou Abacaxi), *Ipomoea batatas* (Batata-doce), *Theobroma cacao* (Cacau), *Daucus carota* (Cenoura selvagem), *Cocos nucifera* (Coqueiro), *Annona squamosa* (Fruta-do-conde, no Brasil), *Mangifera indica* (Manga), *Zea mays* (Milho), *Vitis vinifera* (Videira), *Elaeis guineenses* (Dendzeiro), *Sorghum bicolor* (Sorgo), *Coffea sp.* (Cafeeiro), *Areca catechu* (Palmeira), *Musa x paradisiaca* (Bananeira), *Eucalyptus sp.* (Eucalipto), *Solanum muricatum* (Melão-dos-Andes), *Howea forsteriana* (Palmeira-de-kentia), *Phoenix canariensis* (Palmeira-das-canárias), *Borassus flabellifer* (Palmeira macha brava), *Butia capitata* (Palmeira butia-capitata-maior), *Musa sapientum* (Bananeira), *Cupressus macrocarpa* (Cipreste-da-Califórnia), *Eleocharis dulcis* (Castanha-d'água), *Eleocharis tuberosa* (Castanha-d'água chinesa), *Phoenix africanus* (Fenix), *Pueraria javanica* (Puerio - Planta forrageira), *Sandoricum indicum* (Santol).

### 3.3.3 Sintomas e Sinais

Os sintomas da podridão abacaxi podem surgir entre a segunda e terceira semana após o plantio (AGNIHOTRI, 1996). Os rebolos de cana-de-açúcar infectados apodrecem antes que gemas novas brotem e, quando ocorre brotamento, o mesmo morre logo após a emergência. Quando ocorre brotação mesmo com a presença do patógeno, o crescimento desses brotos é retardado (SINGH et al., 1999).

As características principais dessa doença são inicialmente detectadas pelo

encharcamento nas extremidades aonde o patógeno inicia sua infecção e vai se aprofundando rapidamente para as outras regiões do rebolo, aonde a planta, para se defender, produz substâncias que formam um tecido avermelhado (Figura 2), além do aroma de abacaxi (acetato de etila). É importante salientar que os nós dos rebolos atuam como uma barreira física impedindo o avanço do patógeno, mas não impedem totalmente o seu avanço em casos de alta colonização, como acontece em variedades altamente suscetíveis. Conforme a podridão vai avançando, a coloração dos tecidos vai se modificando, primeiramente fica cinza, pardo-escura e, por fim, negra, devido aos clamidósporos maduros. Na última fase em que os tecidos ficam negros, somente a casca das mudas permanece intacta, pois os feixes fibrovasculares internos ficam soltos e recobertos por uma massa negra de esporos, e o desenvolvimento do sistema radicular é inibido, devido ao fato da produção de etileno. Algumas mudas infectadas ainda conseguem brotar, desenvolvendo a parte aérea e sistema radicular, porém estas têm seu crescimento retardado e inibido, podendo morrer antes de conseguirem emergir na superfície do solo ou se conseguem, se desenvolvem vagarosamente, produzindo então, plantas fracas, que morrem na competição com plantas vizinhas ou espontâneas. Esta doença também possui um sinal que é facilmente detectável, se trata da fermentação (produção de acetato de etila) que ocorre no interior das mudas e este processo de fermentação exala um odor característico de essência de abacaxi, por isso a denominação, podridão abacaxi. Esta fermentação ocorre nos estágios iniciais, onde ainda as mudas possuem reserva de açúcar (WISMER, 1961; MATSUOKA et al., 1981; TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2012).

**Figura 1.** Rebolos de cana-de-açúcar com podridão abacaxi.



Fonte: URASHIMA, A.S.

### 3.3.4 Danos causados por *Thielaviopsis paradoxa*

A doença denominada podridão abacaxi da cana-de-açúcar é causada pelo fungo *Thielaviopsis paradoxa*, fase assexuada de *Ceratocystis paradoxa*. Esta doença resulta em falhas nas áreas recém-plantadas de cana-de-açúcar. Uma vez que ocorre a infecção da muda, a brotação das gemas é dificultada, seguindo de morte rápida da planta (JAMES, 2004). No Estado da Flórida, a podridão abacaxi tem causado grandes impactos, porém até agora não se tem esse prejuízo mensurado (RAID, 2012). Sabe-se que a doença pode reduzir a brotação da cana-de-açúcar em até 47%, refletindo na produtividade final, podendo sofrer uma redução de 31 a 35% (RAHMAN e MONDAL, 2019).

No Brasil, já ocorreu que mais de 50 hectares de canavial tiveram que ser replantados devido às falhas causadas pelo ataque de *T. paradoxa* após três plantios sucessivos, dessa forma houve a necessidade do aumento do número de mudas por hectare, que passou de dez toneladas no primeiro ano, para 20 a 30 toneladas nos anos seguintes (TOKESHI, 1980).

Uma vez que a podridão abacaxi afeta a brotação das gemas e, conseqüentemente o desenvolvimento e vigor dos brotos, os canaviais afetados com esse patógeno apresentam muitas falhas (Figura 1), podendo atingir grandes extensões (WISMER, 1961; MATSUOKA et al., 1981; TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2012).

**Figura 2.** Falha na brotação em campo de cana-de-açúcar causado por *Thielaviopsis paradoxa*.



Fonte: URASHIMA, A.S.

Além de falhas na brotação, *T. paradoxa* pode também afetar o desenvolvimento das plantas negativamente. Quando um rebolo consegue brotar, mesmo com a presença do patógeno, esta planta se desenvolve, porém perde em produtividade (SORDI, 1983).

### 3.3.5 Ciclo da relação patógeno-hospedeiro

#### - Sobrevivência do patógeno

Para a sobrevivência de *T. paradoxa* por longos períodos, são importantes estruturas denominadas clamidósporos (SINGH et al., 1999). Já para a sobrevivência de *T. paradoxa* em condições não favoráveis do ambiente, as estruturas responsáveis são os esporos denominados macroconídios (CHAPOLA, 2010).

Entre outros fatores, pesquisas mostraram que o pH do solo interfere diretamente na sobrevivência do patógeno, quando o mesmo esteve acima de 7,9 não foi encontrado *T. paradoxa*, já entre 4,2 e 7,9 o patógeno foi encontrado e, sua maior incidência foi detectada nos intervalos de pH entre 5 e 6. Com relação ao tipo de solo, alguns também favorecem ou não a presença do fungo (ARLIDGE e WONG YOU CHEONG, 1975). O melhor pH encontrado para a esporulação e crescimento de *T.*

*paradoxa*, foi entre 6,5 e 7,0 (YADAHALLI et al., 2007b), porém a viabilidade dos esporos do patógeno também devem ser levados em consideração.

Avaliando a influência da temperatura em isolados de *T. paradoxa*, em coqueiro, observou-se que houve inibição do crescimento e esporulação em temperaturas acima de 40°C. Porém, visando analisar melhor a sobrevivência do patógeno, ainda são necessários mais testes em condições de campo (COSTA e CARVALHO et al., 2011).

#### - Disseminação do patógeno

Diferentes tipos de esporos são produzidos por *T. paradoxa* (ALEXOPOULOS et al., 1996). No interior das mudas atacadas são produzidos milhões de esporos e, com o apodrecimento das mesmas, esses esporos são liberados no solo, servindo então, como fonte de inóculo para o próximo plantio (RAID, 2012).

Devido *T. paradoxa* ser um patógeno de solo, o mesmo é transmitido para os rebolos de cana-de-açúcar por conídios e clamidósporos presentes no solo (SINGH et al., 1999). O inóculo também pode ser disseminado pelo ar e água de irrigação ou escoamento (AGNIHOTRI, 1996).

No Brasil, o agente causal da podridão abacaxi em cana-de-açúcar é encontrado principalmente em sua forma assexuada, que é denominado *T. paradoxa*. Este produz dois tipos de esporos: macroconídios e microconídios. Os macroconídios formados em conidióforos são curtos e perpendiculares à hifa principal, sendo normalmente produzidos em cadeias, na quantidade de três a dez conídios para cada conidióforo e, sua coloração varia de hialina a verde-oliva, passando para pardo-escuro. Os microconídios são hialinos inicialmente, tornando-se pardo-escuros e, suas paredes são finas. Estes são produzidos em seu interior e liberados em cadeias nos conidióforos. Os responsáveis pela rápida disseminação da doença são os microconídios que germinam rapidamente, já os macroconídios têm a capacidade de permanecer viáveis quando em condições climáticas adversas (WISMER, 1961; TOKESHI, 1980).

O principal meio de disseminação dessa doença ocorre pelos esporos presentes na camada superior do solo, nos 25 cm de profundidade e, eventualmente por mudas infectadas (WISMER, 1961; RAID, 2012) e, pode sobreviver no solo por mais de 15 meses (MIRANES VIRELLES e HERRERA ISLA 1994 apud ROTT et al., 2000).

A dispersão de *T. paradoxa* pode ocorrer também por vetores, geralmente insetos. Já foi relatado o transporte direto de *T. paradoxa* por besouros. Outras pesquisas encontraram *T. paradoxa* no trato intestinal de *Rhynchophorus palmarum*, um Coleoptera (Insecta) que se hospeda em plantas Arecaceae, como o coqueiro. Levando em consideração que os coqueiros são suscetíveis à infecção por *T. paradoxa*, isto induz possível ligação entre *R. palmarum* como vetor para a disseminação de *T. paradoxa* (PARRA et al., 2003).

#### - Infecção

Logo após o plantio dos rebolos no solo é que ocorre a infecção por *T. paradoxa*. Essa infecção ocorre através de ferimentos na planta, que podem ser decorrentes do ataque por brocas ou máquinas agrícolas no campo (AGNIHOTRI, 1996). Neste momento é que há a entrada dos esporos que dão início à invasão, os microconídios (CHAPOLA, 2010).

Muitos estudos ainda precisam ser feitos em relação à interação entre *T. paradoxa* e *Saccharum spp.*, pois poucas informações ainda se tem sobre detalhes da infecção, e por esta razão, não são aqui detalhadas.

A partir de um estudo realizado por Yadahalli et al. (2007c), testando técnicas de inóculo de culturas puras de *T. paradoxa* em cana-de-açúcar, é que foi possível compreender melhor esta doença. Neste trabalho, foi utilizada, para os testes, a variedade de cana-de-açúcar Co-7804, classificada como suscetível à podridão abacaxi. Os testes analisados foram os seguintes: gemas inoculadas com (1) mergulho em suspensão de conídios por 30 minutos, (2) inóculo no solo e utilização do mesmo para plantar as gemas e (3) gemas mergulhadas em conídios germinados (potato dextrose broth) por um dia, a 28°C; essas gemas foram mergulhadas nessa suspensão de conídios germinados e foram plantadas em solo esterilizado (o mesmo que ocorreu em 1). A concentração utilizada nos testes foi de 10<sup>6</sup> esporos.mL<sup>-1</sup> aumentando a concentração utilizada em cada ensaio. Analisou-se também a quantidade de gemas com um ou mais brotos e brotos feridos.

Observou-se então que houve relação em que à medida que a concentração de inóculo de *T. paradoxa* aumentou, a quantidade de gemas que brotaram diminuiu, aumentando também a incidência de podridão abacaxi. No caso do uso do solo não estéril, este efeito diminuiu, pois quando se comparou as gemas com um ou mais

brotos e brotos feridos, notou-se menor brotação nas plantas com menos brotos, e menor porcentagem ainda nas que possuíam brotos feridos. Quando houve menor brotação, houve maior incidência da doença (podridão abacaxi) nos testes com inóculo (YADAHALLI et al., 2007c). Podendo inferir que a menor brotação em plantas feridas, possa estar relacionada com a importância dos insetos ou maquinários agrícolas em campo, já que estes causam ferimentos nas plantas, sendo uma porta de entrada para a infecção do patógeno.

#### - Colonização

Nas mudas recém-invasidas por *T. paradoxa*, pode ser observado um encharcamento, iniciando na região da extremidade para o interior das mudas, processo que ocorre com rapidez. Posteriormente, os esporos de *T. paradoxa* se espalham pelo tecido parenquimático, dando a característica da cor avermelhada ao tecido, em seguida passa para a cor cinza, pardo-escura e, por fim negra; o patossistema libera o odor de abacaxi, que origina o nome da doença (CHAPOLA, 2010).

Quando o tecido já está recoberto por uma massa negra de esporos, somente a casca das mudas permanece intacta e, os feixes fibrovasculares do interior das mudas ficam soltos (CHAPOLA, 2010).

O odor que confere o nome à doença está associado ao composto acetato de etila, volátil tóxico que está envolvido na colonização, devido estudos que detectaram sua presença após inóculo de *T. paradoxa* em cana-de-açúcar, verificou-se a presença deste composto nas gemas inoculadas e, posteriormente foram avaliadas concentrações crescentes do mesmo, "in vitro" e, nas concentrações de 0.10, 0.15 e 0.25 mL.L<sup>-1</sup> não houve brotamentos, além disso o desenvolvimento do sistema radicular foi menor que no controle. Já nas concentrações abaixo destas, houve menor inibição da brotação, porém diminuição do tamanho quando comparadas ao controle (YADAHALLI et al., 2007a).

O acetato de etila, além de atuar negativamente na brotação das gemas, também atua reduzindo o enraizamento. Ocorreu que, mesmo quando a infecção iniciou-se pelas extremidades, as gemas centrais tiveram o seu enraizamento reduzido ou até, inibido. No caso de mudas submetidas à aplicação de acetato de etila, percebeu-se correlação com o aumento na concentração de etileno, que atua como inibidor de

enraizamento, mostrando que, provavelmente os tecidos da cana-de-açúcar são estimulados a produzir etileno em resposta à infecção por *T. paradoxa* ou pela produção dos seus voláteis (BYTHER e STEINER, 1970; BYTHER e MOORE, 1974).

Estudos mostram que *T. paradoxa* produz mais acetato de etila quando a temperatura está entre 20°C e não em 28°C que é caracterizada como a temperatura ótima para crescimento e esporulação do patógeno (KUO et al., 1969). Podendo explicar então, a maior importância da podridão abacaxi nos plantios de inverno. A inibição do enraizamento também foi notada em outros estudos, quando plantas foram submetidas ao acetato de etila do meio externo, sugerindo que uma planta infectada por *T. paradoxa* possa ser estimulada a produzir o etileno (CHAPOLA, 2010).

#### - Reprodução

No Brasil, o patógeno da podridão abacaxi da cana-de-açúcar é comumente encontrado na sua forma assexuada, *T. paradoxa*, que produz micro e macroconídios. Os microconídios são responsáveis pela germinação e rápida colonização na planta. Estes apresentam paredes finas e inicialmente são hialinos, se tornando pardo-escuros. Após a produção do mesmo no interior da planta, cadeias de conidióforos são liberadas no ambiente. Os macroconídios são compostos de conidióforos curtos, alinhados às hifas principais e são produzidos em cadeias com três a dez conídios em cada conidióforo. São hialinos a verde-oliva, chegando a pardo-escuros (CHAPOLA, 2010).

Os estudos relacionando *T. paradoxa* e a sua reprodução ainda não são claros na literatura, porém, ascomicetos em geral, como *Neurospora crassa* e *Podospora anserina* (ascomicetos filamentosos), podem auxiliar para o melhor entendimento desse assunto, principalmente relacionando os “mating-types” com células diversas + e -, respectivamente representadas por microconídios e ascogônios (CASSELTON, 2002). Podendo ser modelos para pesquisas em reprodução de *T. paradoxa*.

### 3.3.6 Controle da podridão abacaxi em cana-de-açúcar

Como a podridão abacaxi afeta, principalmente, a brotação da cana-de-açúcar, medidas que auxiliem estimulando a rápida brotação das gemas são interessantes,

como também, qualquer proteção aos ferimentos, que são a porta de entrada para o patógeno (TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2012).

Para entender melhor sobre as peculiaridades no controle dessa doença, se faz necessário compreender que o patógeno causador da podridão abacaxi exerce influência, principalmente, em gemas que demoram mais que 16 dias para brotar. Quando em condições normais de umidade e temperatura, a cana-de-açúcar precisa de 15 dias para a sua brotação (BOYD e GALLI, 1966 apud GHELLER, 1995). A brotação inicial da cana-de-açúcar é considerada uma corrida contra o tempo entre o crescimento da gema e o patógeno (BOYD e ALLISON, 1968). E nessa corrida contra o tempo, vários fatores podem agir desfavorecendo a brotação da cana-de-açúcar e favorecendo a podridão abacaxi, através de baixas temperaturas, utilização de gemas velhas no plantio, plantio das mudas em profundidade inadequada e plantios feitos em solos encharcados ou secos (MATSUOKA et al., 1981; CROFT et al., 2000; TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2012).

Uma importante observação sobre a brotação da cana-de-açúcar, é que quando ela é retardada, os esporos presentes no solo, que são estimulados por exsudados da própria planta, germinam e penetram na muda, facilitados pelos ferimentos nela existentes. Porém, quando as condições no solo estão ótimas para a brotação, mesmo que haja a presença do patógeno naquele solo, os seus danos não irão ocorrer, pois depois que a gema consegue emergir e iniciar os seus processos fotossintéticos, ela se torna imune aos danos de *T. paradoxa* (TOKESHI, 1980).

Dessa forma, o método mais recomendado para controle dessa doença é o uso de variedades resistentes ou variedades que possuam rápida brotação, já que depois que a gema consegue brotar, o impacto desta doença não ocorre. Em trabalho desenvolvido por Begum et al. (2008), em Bangladesh, observando o efeito da doença, em parcelas inoculadas com suspensão de  $1 \times 10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> e não inoculadas, em seis variedades de cana-de-açúcar notou-se diferença significativa entre as variáveis analisadas: brotação e produtividade final. As variedades Isd32 e Isd20 foram consideradas as variedades mais suscetíveis ao patógeno, apresentando queda de brotação de 30% e 42%, respectivamente, quando na presença do patógeno. A variedade considerada mais resistente foi a Isd35, apresentando queda de 11% na produtividade em parcelas inoculadas, e apenas 6% na brotação.

Devido à brotação rápida ser um fator preponderante para melhor controle da podridão abacaxi, a idade das gemas que são utilizadas como mudas interferem

diretamente nessa questão, sendo que quanto mais jovem uma gema, mais rapidamente ela deverá brotar e, quanto mais velha, o oposto acontece. As gemas de cana-de-açúcar, ao longo do colmo, indicam diferentes idades, ou seja, as gemas do ápice do colmo são mais jovens, e as da base do colmo, mais velhas (CASAGRANDE, 1991).

Outra forma de minimizar a ocorrência da podridão abacaxi em cana-de-açúcar é evitar ferimentos nos colmos, que normalmente são causados pelo homem através de cortes manuais ou implementos. Algumas mudas são encontradas com esta doença somente nas extremidades, sem que a doença evolua além dos primeiros nós, sendo assim, quando isso acontece, as mudas não são totalmente destruídas, havendo brotação de, pelo menos, uma gema. Sendo assim, observa-se que a existência de nós nos colmos da cana-de-açúcar auxilia, positivamente, retardando a evolução da doença, assim, os cortes em pequenos colmos, por ocasião do plantio, auxiliam negativamente, aumentando a intensidade da doença (MARTIN, 1944).

Os plantios realizados em densidades maiores também podem ser considerados uma medida para reduzir o impacto da podridão abacaxi, principalmente com mudas oriundas de colheita mecanizada, por serem menores e com mais ferimentos, quando comparado às colhidas manualmente. Dessa forma, o plantio utilizando maior número de gemas por metro de sulco seria uma forma de compensar possíveis falhas que possam ser causadas oriundas dos ataques de *T. paradoxa* (TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2005).

Existem outras medidas capazes de minimizar o impacto da podridão abacaxi, como o manejo da cultura no plantio. O preparo do solo bem feito, favorece a descompactação, eliminando torrões, facilitando assim a emergência das brotações das gemas. Outra medida é a profundidade do plantio das gemas, pois o plantio muito profundo desfavorece a emergência das brotações até a superfície do solo, favorecendo a ação do patógeno, então se deve optar por plantios mais rasos principalmente quando a época do ano, e suas condições forem propícias à doença. Sendo assim, mesmo que o solo esteja infestado com o patógeno, essas medidas podem auxiliar a reduzir os impactos causados por *T. paradoxa* (TOKESHI, 1980; TOKESHI e RAGO, 2005; RAID, 2005).

Algumas formas de controle do patógeno da podridão abacaxi foram estudadas, apresentando resultados promissores. O uso de alguns agentes como o fungo *Trichoderma harzanium*, foram estudados *in vitro* e *in vivo*. Analisando o ensaio *in*

*vitro*, este fungo inibiu o crescimento de *T. paradoxa*, já no ensaio *in vivo*, as mudas de cana-de-açúcar que foram tratadas com *Trichoderma harzanium*, apresentaram brotação e produtividade significativamente superiores às mudas não tratadas (TALUKDER et al., 2007). Com este propósito, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas. Avaliando-se a atividade microbiana de *Stephania dielsiana*, planta medicinal chinesa, contra vários patógenos vegetais e animais, incluindo *T. paradoxa* em seu crescimento e esporulação. Observou-se que embora a atividade antifúngica dos compostos analisados não se apresentasse superior aos fungicidas utilizados atualmente, foram encontradas respostas podendo inferir futuro potencial em seu uso (DENG et al., 2011).

Outros trabalhos também foram realizados utilizando extratos vegetais e apresentaram efeito positivo, ou seja, inibição no crescimento de *T. paradoxa*. Em estudo realizado testando os efeitos de doze extratos vegetais sobre *T. paradoxa in vitro*, observou-se que o extrato de alho (*Allium sativum*), na concentração de 10%, foi eficaz na inibição do fungo, apresentando resultado significativamente superior aos demais extratos analisados, reduzindo mais de 50% o crescimento de *T. paradoxa*, seguido pelo extrato de Nim (*Azadirachta indica*) e de Durantha (*Duranta repens*) (VIJAYA et al., 2007).

Porém, todos os métodos utilizando agentes antagônicos se mostram, ainda, de difícil manejo e abrangência, ou seja, a produção desses agentes deve ser muito grande para que se tenham quantidades adequadas para um resultado satisfatório, além de agir em canaviais extensos que ocupam grandes áreas.

Várias são as medidas que podem ser adotadas visando diminuir os efeitos da podridão abacaxi em cana-de-açúcar, porém a medida mais simples é a escolha da época de plantio adequada. Pois, para uma brotação e desenvolvimento ideal da cana-de-açúcar, é necessário que haja umidade do solo adequada e altas temperaturas, pois nessas condições, o patógeno dificilmente causará danos, que é o que acontece nos períodos de setembro até abril, aonde o plantio da cana é feito no Centro-Sul do Brasil, principalmente no estado de São Paulo. Nesse período os danos causados por podridão abacaxi são menos significativos, pois a época não é propícia à doença (TOKESHI e RAGO, 2005).

Atualmente, com a alta demanda pelos produtos da cana-de-açúcar, a escolha da época de plantio, na maioria dos canaviais comerciais não é possível, como também, em áreas onde há infestação do patógeno, fazendo com que seja necessário

o uso de alternativas de controle viáveis.

Porém, em áreas com alta infestação do patógeno, o uso do controle químico (fungicidas) se torna indispensável. Analisando então, a eficácia de três fungicidas para o controle de podridão abacaxi, no campo, sendo eles dois fungicidas mercuriais (Agrosan e Ceresan) e um não mercurial (Thiosan) aplicados nas extremidades das mudas, observou-se que todos os produtos analisados apresentaram melhora na brotação e redução no impacto da doença, embora o Thiosan tendo apresentado resultado inferior aos demais produtos analisados (MARTIN, 1944).

Desde então, alguns trabalhos foram realizados utilizando fungicidas não mercuriais, sendo o Benomyl, o principal deles, encontrando resultados satisfatórios, juntamente com o tratamento térmico das mudas (HILTON et al., 1971). Posteriormente, foi estudada a aplicação deste mesmo fungicida no tratamento pré-plantio de mudas de cana-de-açúcar, apresentando bom controle contra a podridão abacaxi (MITCHELL-INNES e THOMPSON, 1973). Depois dessa época, muitas pesquisas foram realizadas visando saber os efeitos de 18 fungicidas na substituição dos fungicidas mercuriais. Dentre os fungicidas estudados, três apresentaram destaque, sendo o Benomyl, Captan e Cycosin (INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL – IAA/PLANALSUCAR, 1972; 1974). Nos anos seguintes, mais pesquisas foram realizadas, e também obtiveram eficiência com a utilização de Benomyl, na variedade NA56-79 (SORDI e MASUDA, 1983), estudando esta mesma variedade e também a IAC64-257, foi encontrado aumento na brotação das mudas tratadas com Benomyl na variedade NA56-79, porém na variedade IAC64-257 não ocorreu o mesmo, mostrando que o genótipo pode responder diferentemente, mesmo com tratamentos iguais. Observou-se também que o fungicida apresentou melhor efeito nas gemas da extremidade, onde normalmente ocorre a infecção por *T. paradoxa*, já as gemas provenientes do meio do colmo, devido à barreira física que os nós exercem, sofreram menor ação do patógeno (ROSSETO et al., 1986).

A partir dos anos de 1980, vários trabalhos obtiveram resultados satisfatórios utilizando o fungicida Propiconazol no controle da podridão abacaxi da cana-de-açúcar. Pesquisadores relataram que este mesmo fungicida proporcionou maior inibição do crescimento de *T. paradoxa* em ensaios *in vitro*, quando comparado com Benomyl e Tiofanato metílico na brotação de gemas (COMSTOCK et al., 1984). Em outros trabalhos que avaliaram o Propiconazol em comparação com outros fungicidas, o resultado deste fungicida se sobressaiu em relação aos outros produtos químicos

analisados (RAID et al., 1991; CROFT, 1997; HOY et al., 2004). Desde então, trabalhos foram realizados visando encontrar novos produtos que apresentassem maior eficiência quando comparados ao Propiconazol. Sendo assim, Vijaya et al. (2007) compararam dez fungicidas, entre eles, sistêmicos e não sistêmicos, visando a inibição do crescimento radial de colônias de *T. paradoxa*. Os fungicidas sistêmicos que inibiram completamente o patógeno, mesmo na menor concentração, foram o Propiconazol e o Carbendazim, já entre os fungicidas não sistêmicos, o Tiram e o Captan apresentaram melhores resultados, mas ambos não inibiram completamente o fungo. Sendo assim, em relação aos fungicidas não sistêmicos, os fungicidas sistêmicos apresentam maior potencial em controlar *T. paradoxa*.

Em ensaio realizado na região de Pradópolis (SP) os pesquisadores notaram que o produto Fluazinam apresentou efeito positivo quando aplicado em mudas de cana-de-açúcar, para combater a podridão abacaxi. As doses utilizadas variaram entre 0,50 L.ha<sup>-1</sup> e 3,00 L.ha<sup>-1</sup> do produto comercial e, observou-se aumento no perfilhamento, o que pode ter sido resultante do controle da doença. Apresentando aumento de até 15% na produtividade da cana-de-açúcar, na dose de 3,00 L.ha<sup>-1</sup> (FERREIRA et al., 2008).

Foi verificada eficiência quando testada Azoxistrobina juntamente com Ciproconazol ou Fluodioxil e Metalaxil-M. Os princípios-ativos Propiconazol e Piraclostrobina sozinha ou com Epoxiconazol, também apresentaram eficiência. Ciproconazol juntamente com Azoxistrobina apresentaram destaque por resultarem em eficiência quando as condições favoreciam a ocorrência da doença (podridão abacaxi) (CHAPOLA, 2010).

O uso de fungicidas para controle da podridão abacaxi é uma prática recorrente em muitos países, principalmente na época de maior ocorrência da doença (CHAPOLA, 2010). No Brasil, atualmente existem onze fungicidas registrados no Ministério da Agricultura para o controle da podridão abacaxi, dentre eles, a maioria possui como grupo químico a composição da Azoxistrobina + Ciproconazol, um exemplo é o Priori Xtra, para uso via industrial e pulverização nas mudas no sulco de plantio (AGROFIT, 2019).

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Na Tabela 1, estão as especificações dos isolados de *T. paradoxa*, mantidos pelo Laboratório de Genética Molecular, do Centro de Ciências Agrárias, da UFSCar (campus Araras), que foram utilizados nos ensaios realizados neste trabalho.

**Tabela 1.** Isolados, variedades de cana-de-açúcar, local e ano de coleta dos isolados de *Thielaviopsis paradoxa* utilizados no presente trabalho.

<b>Isolado</b>	<b>Variedade</b>	<b>Município / Estado</b>	<b>Ano coleta</b>
ScPa 01-01	RB855156	Araras / SP	2007
ScPa 06-01	RB925211	Araras / SP	2010
ScPa 06-05	RB925211	Araraquara / SP	2010
ScPa 06-06	RB925211	Araraquara / SP	2010
ScPa 07-01	RB72454	Araras / SP	2010

##### 4.1 Caracterização do local de instalação dos ensaios

Todos os ensaios foram conduzidos em sala de inoculação, dentro do Laboratório de Genética Molecular (LAGEM), no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São Carlos – campus Araras. As condições fixadas foram as seguintes: temperatura em 20°C, fotoperíodo de 12 horas e umidade do substrato em 25%.

## 4.2 Ensaio

- Ensaio 1: Reação de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *T. paradoxa*, avaliado aos 28 dias.

Ensaio realizado com 4 repetições e, feito uma duplicata deste ensaio, analisado em épocas diferentes, porém sob as mesmas condições ambientais, totalizando então, 8 repetições que foram analisadas juntamente. Este ensaio objetivou analisar a reação a *T. paradoxa* das quatro variedades mais plantadas no Centro-sul do Brasil, analisado aos 28 dias. Para isso, foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1 – Controle

T2 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>

T3 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup>

T4 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>

T5 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>

- Parâmetros avaliados no ensaio 1

Velocidade de brotação: avaliado a partir do 6º dia após o plantio e, assim sucessivamente, até a contagem do 20º dia após o plantio das gemas.

Brotação das gemas: avaliando-se através da contagem das gemas brotadas acima da superfície do solo.

- Ensaio 2: Reação de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *T. paradoxa*, avaliado aos 40 dias.

Ensaio realizado com 4 repetições e, feito uma duplicata deste ensaio, analisado

em épocas diferentes, porém sob as mesmas condições ambientais, totalizando então, 8 repetições que foram analisadas juntamente. Este ensaio objetivou analisar a reação a *T. paradoxa* das quatro variedades mais plantadas no Centro-Sul do Brasil, analisado aos 40 dias. Para isso, foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1 – Controle

T2 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>

T3 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup>

T4 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>

T5 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>

- Parâmetros avaliados no ensaio 2

Velocidade de brotação: avaliado a partir do 6° dia após o plantio e, assim sucessivamente, até a contagem do 23° dia após o plantio das gemas.

Brotação das gemas: avaliando-se através da contagem das gemas brotadas acima da superfície do solo.

- Ensaio 3: Efetividade de tratamento fungicida, em duas variedades de cana-de-açúcar, submetidas a diferentes concentrações de *T. paradoxa*.

Ensaio realizado com 5 repetições e, feito uma duplicata deste ensaio, analisado em épocas diferentes, porém sob as mesmas condições ambientais, totalizando então, 10 repetições que foram analisadas juntamente. Este próximo ensaio realizado, foi elaborado a partir dos primeiros ensaios desenvolvidos (ensaios 1 e 2) e visou estudar a efetividade de um fungicida, já registrado para a cultura e para a doença no MAPA, a base de Estrobilurina + Triazol, nas duas variedades que se apresentaram mais e menos suscetível ao patógeno, nos resultados dos ensaios 1 e 2. Ou seja, selecionou-se então, a variedade RB867515 que apresentou maior porcentagem de

brotação final e a variedade RB92579 que apresentou menor porcentagem de brotação final nos ensaios anteriores. Sendo assim, foram analisadas duas concentrações de esporos do patógeno, que foram escolhidas também de acordo com os resultados dos ensaios 1 e 2, então, a menor concentração foi escolhida por ser a concentração onde as variedades começaram a apresentar maior diferença, ou seja, início de diferentes respostas ao patógeno, e a maior concentração foi escolhida, visando reproduzir o que ocorre no campo quando a infestação do patógeno já está alta. Os tratamentos neste ensaio 3, foram os seguintes:

T1 – Controle

T2 - Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem aplicação de fungicida.

T3 - Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com aplicação de fungicida.

T4 - Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem aplicação de fungicida.

T5 - Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com aplicação de fungicida.

- Parâmetros avaliados no Ensaio 3

Velocidade de brotação: avaliado a partir do 6° dia após o plantio e, assim sucessivamente, até a contagem do 20° dia após o plantio das gemas.

Brotação das gemas: avaliando-se através da contagem das gemas brotadas acima da superfície do solo.

- Ensaio 4: Diversidade patogênica de isolados de *T. paradoxa* obtidos de diferentes localidades.

Ensaio realizado com 5 repetições e, feito uma duplicata deste ensaio, analisado em épocas diferentes, porém sob as mesmas condições ambientais, totalizando então, 10 repetições que foram analisadas juntamente. Neste último ensaio, também realizado em duplicata, foram utilizados 5 isolados de *T. paradoxa*, de 3 diferentes

localidades, mantidos pelo LAGEM (Tabela 1). Dessa forma, rebolos das quatro variedades foram cortados contendo 5 gemas, a partir disso, nas duas extremidades dos mesmos, foram inoculados, utilizando seringa, uma suspensão, na concentração de  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>, de cada um dos cinco isolados estudados (Tabela 1). Todos os isolados foram inoculados nas quatro variedades estudadas (RB867515, RB855156, RB866928 e RB92579).

A avaliação foi feita ao final de 20 dias após as inoculações dos tratamentos e do controle (com água, sem patógeno) medindo, com auxílio de uma régua, a área necrosada no interior de todos os rebolos. Os tratamentos para este ensaio foram os seguintes:

T1 – Controle

T2 – Inoculação com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> com o isolado ScPa 01-01.

T3 – Inoculação com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> com o isolado ScPa 06-01.

T4 – Inoculação com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> com o isolado ScPa 06-05

T5 – Inoculação com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> com o isolado ScPa 06-06.

T6 - Inoculação com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> com o isolado ScPa 07-01.

### 4.3 Hospedeiros

As variedades de cana-de-açúcar empregadas no presente trabalho foram: RB867515, RB92579, RB966928 e RB855156. Essas foram selecionadas para o presente estudo, pois foram as variedades com maior área ocupada em reforma de canavial, em 2015 (CHAPOLA et al., 2016), mostrando que serão as mais importantes em um futuro próximo, coincidindo com a época de obtenção dos dados desse estudo.

#### 4.4 Inóculo

Nos ensaios 1, 2 e 3 foi utilizado somente o isolado do fungo de *T. paradoxa* ScPa 01-01, e para o ensaio 4 foram utilizados todos os cinco isolados, ou seja, ScPa 01-01, ScPa 06-01, ScPa 06-05, ScPa 06-06 e ScPa 07-01 (Tabela 1). Os isolados foram preservados em semente de cevada e conservados em geladeira.

Para os ensaios, foi necessário realizar a replicação dos fungos em placas de petri contendo meio BDA (batata dextrose ágar).

#### 4.5 Preparo do inóculo

Para todos os ensaios, foi necessário preparar suspensões de esporos para as inoculações. Para os diferentes ensaios, foram utilizadas diferentes suspensões, nas concentrações de  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$  e  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, que foram sendo preparadas conforme os ensaios foram sendo instalados. Para tal, isolados de *T. paradoxa* foram cultivados em placas de Petri, contendo meio BDA, por 3 a 4 dias. Posteriormente, em cada uma das placas foram adicionados 5 mL de água destilada, seguido de raspagem superficial das colônias, mediante o uso de um pincel de cerdas macias, com movimentos circulares e suaves, e então, foram colocadas para esporular, em luz direta, por aproximadamente 4 dias. Após os 4 dias, para obter a suspensão de esporos de *T. paradoxa* para pulverizar no substrato (ensaios 1, 2 e 3) e para inocular nas extremidades dos rebolos (ensaio 4), o mesmo processo foi realizado, posteriormente, esta suspensão obtida, foi colocada em um béquer e colocada sob agitação. Em seguida, foi utilizada a câmara de Neubauer para a contagem dos esporos e foi feita a calibração na concentração e quantidade de suspensão desejada. Para as concentrações abaixo de  $10^5$  e  $10^7$  foi feita a diluição seriada.

#### 4.6 Substrato utilizado nos ensaios 1, 2 e 3

Para os ensaios 1, 2 e 3, como substrato para o plantio da cana-de-açúcar, foi utilizada uma mistura de solo, areia e esterco de gado, na proporção 3:3:1. Este foi esterilizado em autoclave por 1 hora, a 120 e 127°C (1 a 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>) e colocado em estufa a 105°C, por aproximadamente uma semana, até a estabilização do seu peso, indicando retirada total da umidade. Foram necessários em torno de 35 Kg de

substrato para cada ensaio.

#### 4.7 Obtenção e manutenção da umidade do substrato

O substrato autoclavado e seco foi colocado em bandejas devidamente taradas até completar todo o volume, pesada e adicionada quantidade suficiente de água até que o peso correspondesse à proporção de 25% de umidade do substrato. Nos tratamentos que foram inoculados com *T. paradoxa*, a água foi substituída por uma suspensão de esporos, na quantidade correspondente a 25% de umidade também.

A perda diária de água desses substratos foi determinada pela variação do peso das bandejas e a reposição de água para que a umidade se mantivesse em 25%.

#### 4.8 Plantio

Nos ensaios 1 e 2, o plantio das gemas individualizadas foi feito da seguinte maneira: foram utilizadas 10 gemas individualizadas, de cada variedade, por bandeja. Já no ensaio 3, utilizou-se 20 gemas individualizadas, de cada variedade, por bandeja.

As gemas individualizadas foram cortadas com aproximadamente 1,0 cm de ambos os lados da gema e posteriormente plantadas em cada bandeja que media 26 x 17,5 x 6 cm, contendo 2.700 cm<sup>3</sup> de substrato autoclavado e, plantadas a 2 – 3 cm de profundidade, seguindo cada tratamento.

No ensaio 3, a aplicação do fungicida à base de Estrobilurina + Triazol foi feita no sulco de plantio, visando reproduzir a realidade no campo, ou seja, dentro de cada bandeja, abriram-se sulcos, onde foram depositadas as gemas individualizadas e, utilizando um pulverizador manual de compressão prévia de 1, 2 Litros PCP – 1P, Guarany, o produto foi aplicado na dosagem indicada pelo fabricante, de 300 mL do produto comercial.hectare<sup>-1</sup>.

Para aplicação, as bandejas foram colocadas em linha reta, ou seja, uma bandeja seguida da outra, com o sulco aberto e as gemas expostas, em seguida, deu-se pressão na bomba manual, em aproximadamente, 1 metro antes de chegar na primeira bandeja, para estabilizar a aplicação. Aplicou-se o produto distante em 1 metro de altura das gemas, visando reproduzir a aplicação do pulverizador no campo. Em seguida, as gemas foram cobertas por substrato e filme transparente de PVC (visando evitar a perda da umidade por evaporação) e levadas para a sala de

inoculação com ambiente controlado, por 28 dias.

#### 4.9 Confirmação da doença

Para a confirmação da presença e ausência da doença nos ensaios realizados, foram feitos isolamentos, tanto para as gemas individualizadas que foram submetidas aos tratamentos com a presença de *T. paradoxa*, como também para o controle (sem inoculação do patógeno). Sendo assim, partes dos tecidos de cana-de-açúcar foram submetidas a isolamento, com o objetivo de eliminar seus concorrentes saprófitas e separar *T. paradoxa* de outros organismos. Para isso, foi utilizado o método de isolamento indireto (CAROLLO e SANTOS FILHO, 2016) realizado da seguinte forma:

- Fragmentos de tecidos foram retirados das regiões limítrofes entre a área lesionada e a área sadia, porque é neste local que o patógeno se encontra em maior atividade. Nos controles, aonde não havia tecido lesionado, foram retirados somente tecidos internos. As áreas necróticas, no centro das lesões, foram evitadas, pois normalmente ali contêm alta população de saprófitas;
- Posteriormente, com a ajuda de uma pinça, os fragmentos foram colocados em um recipiente com álcool 70%, por 2 minutos;
- Seguidamente, estes fragmentos foram transferidos para outro recipiente contendo hipoclorito de sódio a 0,5%, por vários tempos diferentes;
- Depois disso, foi feita a lavagem dos fragmentos com água destilada estéril, por três vezes;
- O próximo passo foi transferir os fragmentos para um papel filtro e levá-los para a câmara de fluxo laminar. Com o auxílio de uma pinça colocou-se os fragmentos em placas de petri, previamente prontas com meio de cultura BDA;
- As placas foram flambadas e fechadas com filme PVC e colocadas em bancada, por aproximadamente, 5 – 7 dias;
- Após esse processo, observaram-se os resultados, confirmando a presença ou ausência de *T. paradoxa* em todos os tratamentos analisados e o controle.

#### 4.10 Delineamento e Análise estatística

- Ensaios 1 e 2:

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e 4

repetições por tratamento (em duplicata, totalizando 8 repetições), e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4 x 5 (4 variedades x 5 concentrações de *T. paradoxa*).

- Ensaio 3:

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 2 x 2 (2 variedades x 2 concentrações de *T. paradoxa* x 2 situações – com e sem fungicida).

- Ensaio 4:

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4 x 5 (4 variedades x 5 isolados de *T. paradoxa*).

Para análise dos parâmetros, os dados foram convertidos em porcentagem e os resultados obtidos, foram submetidos à análise de variância de dois fatores. Quando da existência de significância pelo teste F, os dados foram desdobrados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e quando houve necessidade, foram transformados para atingir as premissas do teste, com o auxílio do software R (versão 3.2.3).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A confirmação da presença e ausência do patógeno nos rebolos de cana-de-açúcar foi como o esperado. Nos tratamentos em que houve a inoculação com o patógeno, o mesmo foi identificado em isolamento, já no controle, o patógeno não foi encontrado.

O resultado do ensaio 1, que teve como objetivo analisar a brotação de quatro variedades de cana-de-açúcar frente a diferentes concentrações de *T. paradoxa*, está apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Porcentagem de brotação final de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *Thielaviopsis paradoxa*, analisado aos 28 dias.

Variedades	Tratamentos (esporos.mL <sup>-1</sup> )				
	0	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<b>RB867515</b>	95,00 a	87,50 a	77,50 a	62,50 a	52,50 a
<b>RB966928</b>	85,00 ab	77,50 a	65,00 b	50,00 b	37,50 b
<b>RB855156</b>	87,50 ab	77,50 a	42,50 c	22,50 c	20,00 c
<b>RB92579</b>	82,50 b	65,00 b	32,50 d	20,00 c	10,00 d

CV(%): 6,49

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando a brotação final da variedade RB867515, analisada aos 28 dias (Tabela 2), esta apresentou brotação superior em relação às outras variedades,

apresentando uma porcentagem de brotação de 52,50% no tratamento em que os rebolos foram submetidos à maior concentração do patógeno, sendo estatisticamente superior às variedades RB966928, RB855156 e RB92579, que apresentaram 37,50%, 20% e 10% de brotação, respectivamente.

Segundo informações do Catálogo Nacional de Variedades “RB” de Cana-de-açúcar/RIDESA (2010), a variedade RB867515 tem como principal característica a rusticidade, ou seja, além de tolerar solos com baixa fertilidade e arenosos, esta variedade também suporta restrição hídrica e apresenta boa capacidade de brotação mesmo em plantios sob baixas temperaturas, aspectos estes que caracterizam o inverno em nossa região. Sendo assim, os resultados deste trabalho corroboram com estas informações, pois os rebolos das variedades analisadas foram submetidos a condições de inverno e a variedade que se apresentou estatisticamente superior, onde não houve pulverização do patógeno (controle) foi a variedade RB867515, apresentando 95% de brotação ao final dos 28 dias, seguido das variedades RB966928 (85%) e RB855156 (87,5%) e da variedade RB92579 (82,5%) que se mostrou estatisticamente inferior, com a menor brotação.

Embora a variedade RB966928 apresente, como uma de suas características, a excelente brotação em cana-planta, esta necessita ser plantada em locais de condição média a alta em relação à temperatura, umidade e fertilidade para melhor resposta na brotação e desenvolvimento (Catálogo Nacional de Variedades “RB” de Cana-de-açúcar/RIDESA, 2010).

A variedade RB855156 foi uma variedade desenvolvida para início de safra, têm desenvolvimento rápido e resistência a algumas doenças como carvão e escaldadura-das-folhas e mosaico, porém pode apresentar deficiência na brotação em algumas situações ainda não muito bem esclarecidas, desta forma, pesquisadores da Ridesa recomendam que esta variedade seja plantada somente em condições boas de crescimento da cana-de-açúcar (Catálogo Nacional de Variedades “RB” de Cana-de-açúcar/RIDESA, 2010).

A variedade RB92579 foi uma variedade desenvolvida para possibilitar a produtividade da cana-de-açúcar na região nordeste do Brasil, tolerante a várias doenças como ferrugem marrom e carvão e resistência intermediária à escaldadura das folhas e podridão vermelha. Para uma boa brotação desta variedade, embora suporte um déficit hídrico, necessita de boa irrigação, e também necessita de altas temperaturas (Catálogo Nacional de Variedades “RB” de Cana-de-açúcar/RIDESA,

2010). Dessa forma, esta variedade submetida a temperatura de 20°C, estatisticamente, apresentou a menor brotação final entre as variedades analisadas.

Comparando-se os valores obtidos pelo tratamento sem a inoculação do patógeno (Controle), com o tratamento onde houve a inoculação da maior concentração de *T. paradoxa* observa-se uma queda na brotação final de 42,50%, 47,50%, 67,50% e 72,50% nas variedades RB867515, RB966928, RB855156 e RB92579, respectivamente. Estes resultados se mostraram semelhantes ao encontrado por Rahman e Mondal (2019), que relataram redução de 47% na brotação final da cana-de-açúcar, devido à podridão abacaxi. Chapola et al., (2014) encontraram queda de 62% na variedade RB72454, variedade considerada suscetível à *T. paradoxa* (GHELLER et al., 2002), quando comparado aos tratamentos inoculados e não inoculados com o patógeno. Mostrando então, que diferentes genótipos, respondem diferentemente à podridão abacaxi, porém todas as variedades já analisadas apresentaram queda na brotação na presença deste patógeno.

Em todos os ensaios realizados neste trabalho, foi mantida a temperatura de 20°C na sala de inoculação. De acordo com Clements (1940) temperaturas abaixo de 21°C promovem um atraso ou até mesmo resultam na inibição da brotação das gemas de cana-de-açúcar; além disso, segundo Kuo et al. (1969) o patógeno causador da podridão abacaxi produz maiores quantidades do gás fitotóxico acetato de etila em temperaturas mais baixas, demonstrando que esse ambiente favoreceu a manifestação desta doença. Segundo Tokeshi e Rago (2005), a época de plantio exerce grande influência na ocorrência da podridão abacaxi. De acordo com estes autores, os danos causados pela doença, em plantios efetuados em condições de alta temperatura e com umidade do solo adequada, serão bastante reduzidos.

De acordo com o último e maior levantamento já realizado no Brasil, sobre intenção de plantio de variedades de cana-de-açúcar, a intenção de plantio dessas variedades no inverno, para a região Centro-Sul do Brasil, analisando um total de 164 mil hectares, foi de 27,8% para a variedade RB867515, 22,5% para a RB966928, 6,4% para a RB92579 e a variedade RB855156 ficou dentro da classificação “outras variedades”, que totalizaram 20,2% de intenção de plantio para o inverno da safra 2017/2018 (CENSO VARIETAL IAC, 2018). Sendo assim, nota-se que essas variedades, além de ser as variedades com maior área ocupada em reforma de canavial em 2015 (CHAPOLA et al., 2016), estão nas intenções de plantio de inverno também. A variedade RB867515 estava em primeiro lugar na intenção de plantio de

inverno dos produtores do Centro-Sul, sendo uma boa opção, pois de acordo com este trabalho, esta variedade foi a menos suscetível quando comparada às demais variedades, seguido da variedade RB966928, que estava em segundo lugar na intenção de plantio. Porém, a variedade RB92579 estava em terceiro lugar na intenção de plantio de inverno dos produtores do Centro-Sul, mostrando um perigo, pois esta variedade se apresentou como mais suscetível à *T. paradoxa*, mostrando que 10.496 hectares, dos 164.000 hectares avaliados, representam a área de risco plantada com essa variedade.

De acordo com o Climatempo (2019), os últimos invernos da cidade de Araras/SP, apresentaram temperatura mínima e máxima de 14<sup>o</sup> e 24<sup>o</sup>C, respectivamente. Dessa forma, o uso da temperatura de 20<sup>o</sup>C neste trabalho, é uma temperatura que ocorre no inverno desta cidade.

Os dois métodos utilizados para analisar a reação de variedades de cana-de-açúcar a *T. paradoxa*, objetivaram reproduzir o que ocorre no campo. Porém, o primeiro método, que se tratou do plantio de gemas individualizadas, em bandejas de plástico e, dentro delas foi colocado substrato inoculado com o patógeno nas diferentes concentrações, apresentou uma facilidade para a colonização do patógeno, já que as gemas individualizadas não continham a parte nodal, parte esta que se apresenta como uma barreira física à progressão do patógeno dentro dos rebolos, porém o objetivo era analisar a reação dessas variedades a ação de *T. paradoxa*, analisando um isolado somente, e sua ação na brotação, fazendo com que a parte nodal não tivesse interferência nessa resposta. Já no segundo método utilizado, em que isolados de *T. paradoxa* foram inoculados nas extremidades de rebolos contendo cinco gemas, portanto contendo a parte nodal, representou melhor o que ocorre em campo, podendo analisar a área necrosada causada por diferentes isolados de *T. paradoxa*, e assim, saber sobre a existência ou não de diferença na agressividade e patogenicidade entre eles nas diferentes variedades.

**Tabela 3.** Porcentagem de brotação final de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *Thielaviopsis paradoxa*, analisado aos 40 dias.

Variedades	Tratamentos (esporos.mL <sup>-1</sup> )				
	0	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<b>RB867515</b>	95,00 a	90,00 a	80,00 a	67,50 a	50,00 a
<b>RB966928</b>	90,00 ab	80,00 a	67,50 b	52,50 b	32,50 b
<b>RB855156</b>	90,00 ab	80,00 a	52,50 c	30,00 c	17,50 c
<b>RB92579</b>	80,00 b	60,00 b	27,50 d	20,00 d	11,25 d

CV(%): 7,32

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

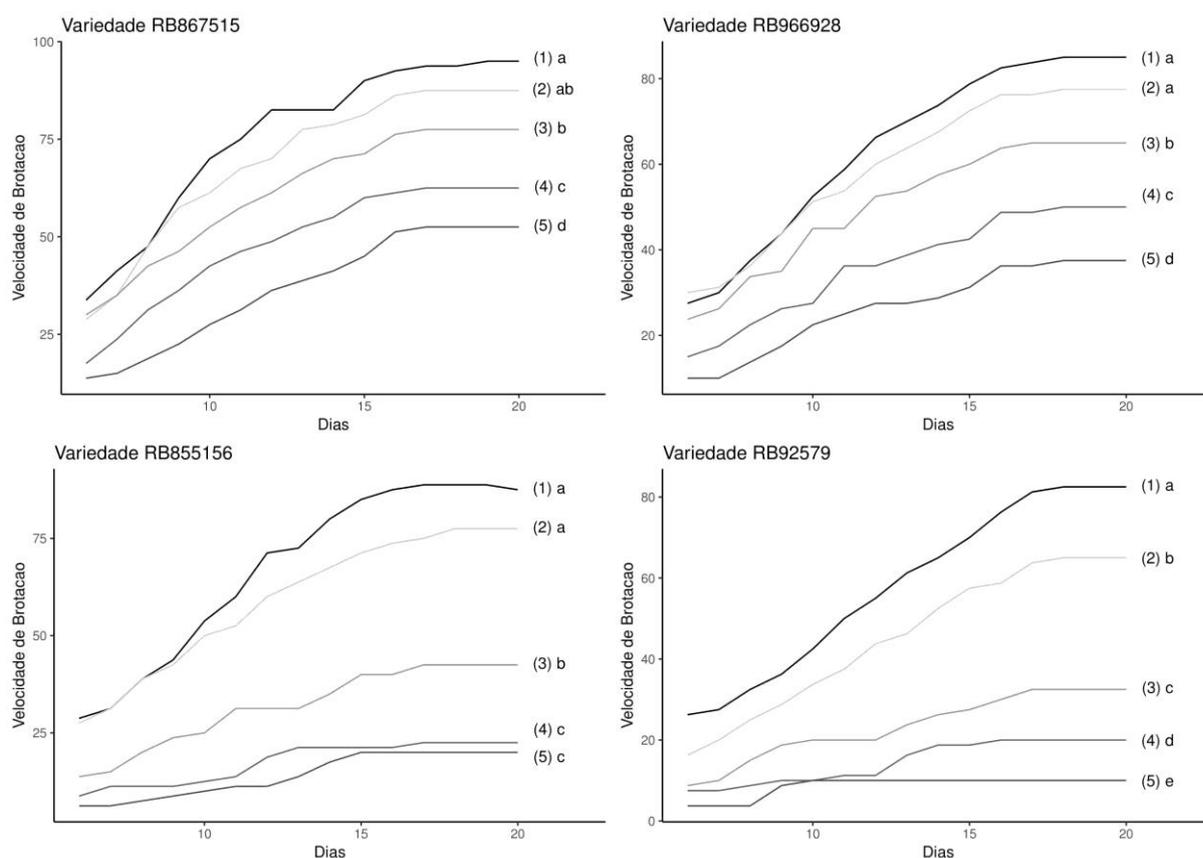
A brotação final da variedade RB867515, analisada aos 40 dias (Tabela 3), apresentou brotação superior em relação às outras variedades, com uma porcentagem de brotação de 50,00% no tratamento em que os rebolos foram submetidos à maior concentração do patógeno, sendo estatisticamente superior às variedades RB966928, RB855156 e RB92579, que apresentaram 32,50%, 17,50% e 11,25% de brotação, respectivamente. Resultados analisados juntamente, porém obtidos de dois ensaios que foram realizados e analisados em épocas diferentes.

Os rebolos das variedades analisadas foram submetidos a condições de inverno, que caracterizam baixa temperatura e umidade, dessa forma, analisando somente os fatores temperatura (20°C) e umidade (25%), sem a presença do patógeno (controle) notou-se que a variedade que apresentou superioridade, estatisticamente comprovada, foi a variedade RB867515, variedade esta, que apresenta como característica a rusticidade, suportando restrição hídrica e, mesmo nessa condição tem a capacidade de apresentar boa brotação (Catálogo Nacional de Variedades “RB” de Cana-de-açúcar/RIDESA, 2010). Esta variedade apresentou 95% de brotação ao final dos 40 dias, seguido das variedades RB966928 (90%) que tem como característica excelente brotação em cana-planta, porém necessidade de boas condições para isso e, da variedade RB855156 (90%) segundo pesquisadores da RIDESA, pode apresentar deficiência na brotação, devido algumas situações, ainda não muito bem esclarecidas. Com a menor brotação final, neste mesmo tratamento, ficou a variedade RB92579 (80%) que se mostrou estatisticamente inferior, pois embora esta variedade suporte o déficit hídrico, para a boa brotação desta variedade, se faz necessária temperatura alta, o que não foi a condição deste trabalho, fazendo

com que esta variedade apresentasse essa queda na brotação, mesmo sem a presença do patógeno, somente com a ação da temperatura e umidade baixas.

Nas condições analisadas, a variedade RB92579 foi a variedade que apresentou a menor brotação final, em todos os tratamentos analisados.

Nos ensaios 1 e 2, em que se analisou a brotação final das quatro variedades, analisando aos 28 dias (Tabela 2) e aos 40 dias (Tabela 3) não houve diferença estatística entre eles, ou seja, a brotação final analisada aos 40 dias não apresentou porcentagem de brotação maior, portanto o próximo ensaio realizado levou esta informação em consideração e foi analisado aos 28 dias.



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

**Legenda:** (1) Controle; (2) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>; (3) T3 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup>; (4) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>; (5) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>.

**Gráfico 1.** Velocidade de brotação de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *Thielaviopsis paradoxa*, analisado do 6º dia até o 20º dia após o plantio.

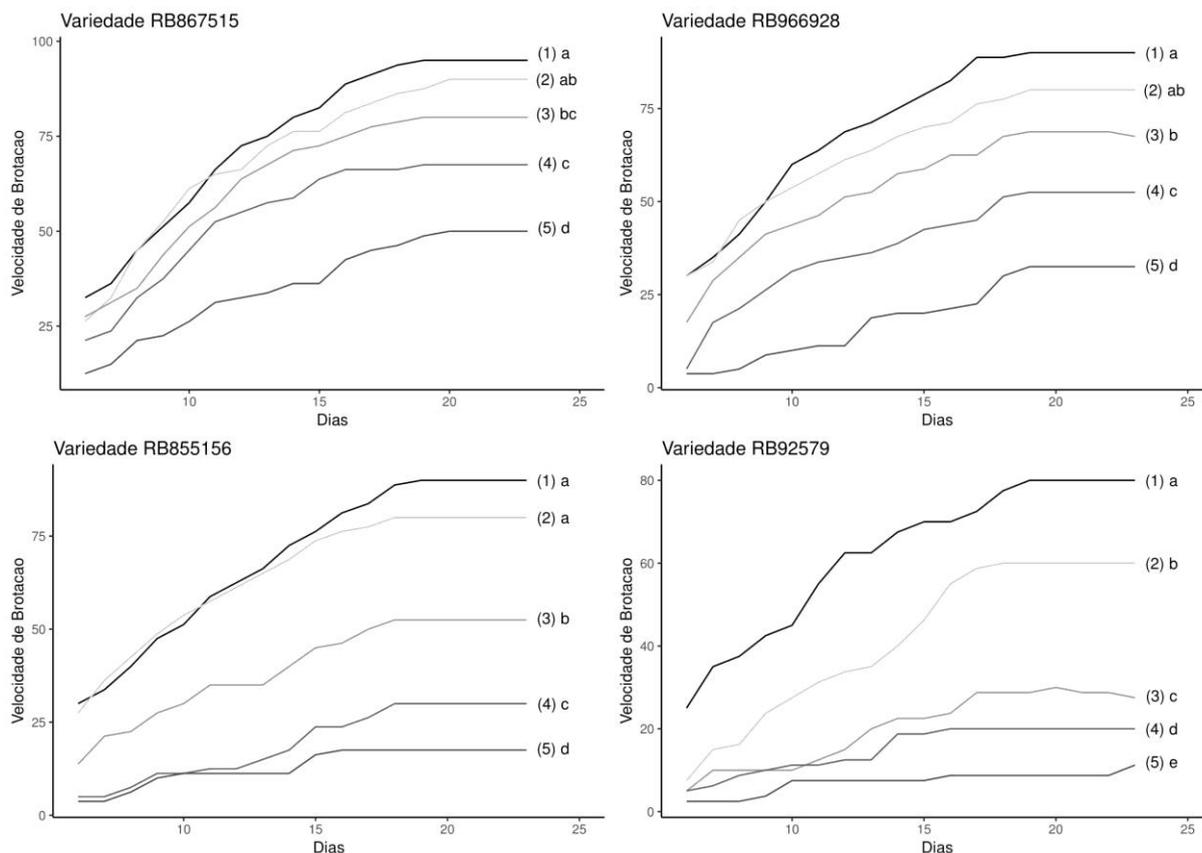
Analisando dentro de cada variedade, através da variável velocidade de brotação, a variedade RB867515 apresentou diferença estatística entre todos os

tratamentos analisados, ou seja, o tratamento com inoculação de  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup> apresentou queda na brotação, em relação ao Controle, porém não diferiu significativamente do Controle e nem do próximo tratamento em que os rebolos foram expostos a concentração de  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup>. Posteriormente, diferindo significativamente dos demais ficou o tratamento com  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup> e o tratamento que apresentou menor brotação foi com a maior concentração analisada ( $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>).

A variedade RB966928 apresentou comportamento parecido ao da variedade RB867515, em que a brotação dos rebolos na menor concentração analisada ( $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>) não diferiu significativamente do Controle. Seguidamente ficou o tratamento com  $10^3$ , seguido da concentração  $10^4$  e, com a menor brotação, o tratamento com a concentração de  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> diferindo estatisticamente de todos os demais tratamentos.

O comportamento inicial da variedade RB855156 se mostrou próximo da variedade RB966928 em que a brotação dos rebolos expostos a menor concentração do patógeno ( $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>) não diferiu estatisticamente da brotação final do controle. A brotação final do tratamento com  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente do controle e do tratamento com  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>, que estão no mesmo grupo, como também diferiu da porcentagem de brotação final dos tratamentos com as maiores concentrações  $10^4$  e  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>, apresentando as menores porcentagens de brotação entre os tratamentos.

Dentro da variedade RB92579 todos os tratamentos diferiram significativamente. A partir do tratamento com a menor concentração, já houve queda na brotação em relação ao controle e assim, sucessivamente. Os rebolos quando submetidos a maior concentração do patógeno, apresentaram a maior queda de brotação.



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

**Legenda:** (1) Controle; (2) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^2$  esporos.mL<sup>-1</sup>; (3) T3 – Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup>; (4) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>; (5) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup>.

**Gráfico 2.** Velocidade de brotação de variedades de cana-de-açúcar submetidas à diferentes concentrações de *Thielaviopsis paradoxa*, analisado do 6º dia até o 23º dia após o plantio.

No ensaio em que a brotação final foi analisada aos 40 dias, a resposta das variedades analisadas não diferiu estatisticamente do ensaio em que foi analisada a brotação final aos 28 dias, mostrando que, no próximo ensaio realizado não houve a necessidade de analisar a brotação final com 40 dias e sim, com 28 dias.

De acordo com os resultados encontrados, devido a brotação da cana-de-açúcar, nas variedades e condições analisadas, ocorrer até o 20º dia após o plantio das gemas (gráficos 1 e 2), não se fez necessário esperar para analisar, como foi o caso do ensaio analisado aos 40 dias. Segundo Boyd e Galli (1966), citados por Gheller (1995), a cana-de-açúcar necessita de, em média, 15 dias após o plantio das gemas, em condições normais de temperatura e umidade para a sua brotação inicial. Os resultados deste trabalho não corroboram com estes dados, ou seja, mesmo que

as gemas tenham sido expostas a condições adversas, com umidade e temperatura desfavoráveis, caracterizando o inverno em nossa região e, a brotação das gemas, nas variedades analisadas, apresentou equilíbrio entre o 17º e o 20º dia após o plantio dos rebolos. Dessa forma, para o próximo ensaio realizado, levou-se em consideração os resultados dos ensaios 1 e 2. O ensaio 3 visou analisar a efetividade de tratamento fungicida nas duas variedades de cana-de-açúcar que se apresentaram menos suscetível (RB867515) e mais suscetível ao patógeno (RB92579) submetidas a diferentes concentrações de *T. paradoxa* (Tabela 4).

**Tabela 4.** Efetividade de tratamento fungicida em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *Thielaviopsis paradoxa*, analisado aos 28 dias.

Variedades	Tratamentos				
	Controle	10 <sup>4</sup> esporos.mL <sup>-1</sup>		10 <sup>7</sup> esporos.mL <sup>-1</sup>	
		Com fungicida	Sem fungicida	Com fungicida	Sem fungicida
<b>RB867515</b>	95,00 a	90,00 a	65,00 a	80,00 a	30,00 a
<b>RB92579</b>	85,00 a	75,00 b	25,00 b	60,00 b	10,00 b

CV(%): 8,49

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4, estão os resultados da análise da efetividade de tratamento fungicida, em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *T. paradoxa*, analisado a partir da brotação final, aos 28 dias. As duas variedades analisadas, neste ensaio 3, foram selecionadas a partir dos resultados dos ensaios 1 e 2, estas duas variedades, RB867515 e RB92579 apresentaram maior e menor brotação final, respectivamente, demonstrando menor e maior suscetibilidade ao patógeno.

As duas variedades foram expostas a duas concentrações de *T. paradoxa* e a pulverização de fungicida a base de Estrobilurina + Triazol. Em todos os tratamentos analisados, a variedade RB867515 se mostrou estatisticamente superior à variedade RB92579. Quando os rebolos das variedades foram expostos a menor concentração do patógeno (10<sup>4</sup> esporos.mL<sup>-1</sup>) com a aplicação de fungicida, a variedade RB867515 apresentou 90% de brotação final, sendo estatisticamente superior à RB92579, que apresentou 75% nesta mesma condição. Nesta mesma concentração do patógeno,

porém sem a aplicação do fungicida, as variedades apresentaram 65% e 25% de brotação final para as variedades RB867515 e RB92579, respectivamente, mostrando que a variedade RB92579 apresentou queda significativa na brotação final, uma queda de 50,00% quando não houve a aplicação do fungicida, já para a variedade RB867515 a queda na brotação final quando, comparado os tratamentos com e sem fungicida, nesta mesma concentração foi menor, de 25%.

Quando as variedades foram expostas a maior concentração do patógeno ( $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>), com a aplicação do fungicida, a variedade RB867515 apresentou brotação final de 80%, estatisticamente diferente da variedade RB92579 que resultou em 60% de brotação. No tratamento em que os rebolos foram submetidos à mesma concentração ( $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>), porém sem a aplicação de fungicida, a variedade RB867515 se mostrou estatisticamente superior à RB92579, com brotações de 30% e 10%, respectivamente. As duas variedades apresentaram queda significativa na brotação, de 50% em relação à mesma concentração, com a presença do fungicida. Mostrando que diferentes genótipos podem responder diferentemente em relação aos diferentes tratamentos (condições a que são expostos), principalmente quando a concentração do patógeno é maior, o que pode ocorrer em áreas onde já houve histórico da presença do patógeno, já que este patógeno permanece na mesma área se disseminando e reproduzindo, podendo assim, aumentar a concentração do mesmo no local, pois os esporos de *T. paradoxa* além de se disseminarem entre os primeiros 25 cm de solo (WISMER, 1961; RAID, 2005), também podem sobreviver por períodos superiores há 15 meses no mesmo local.

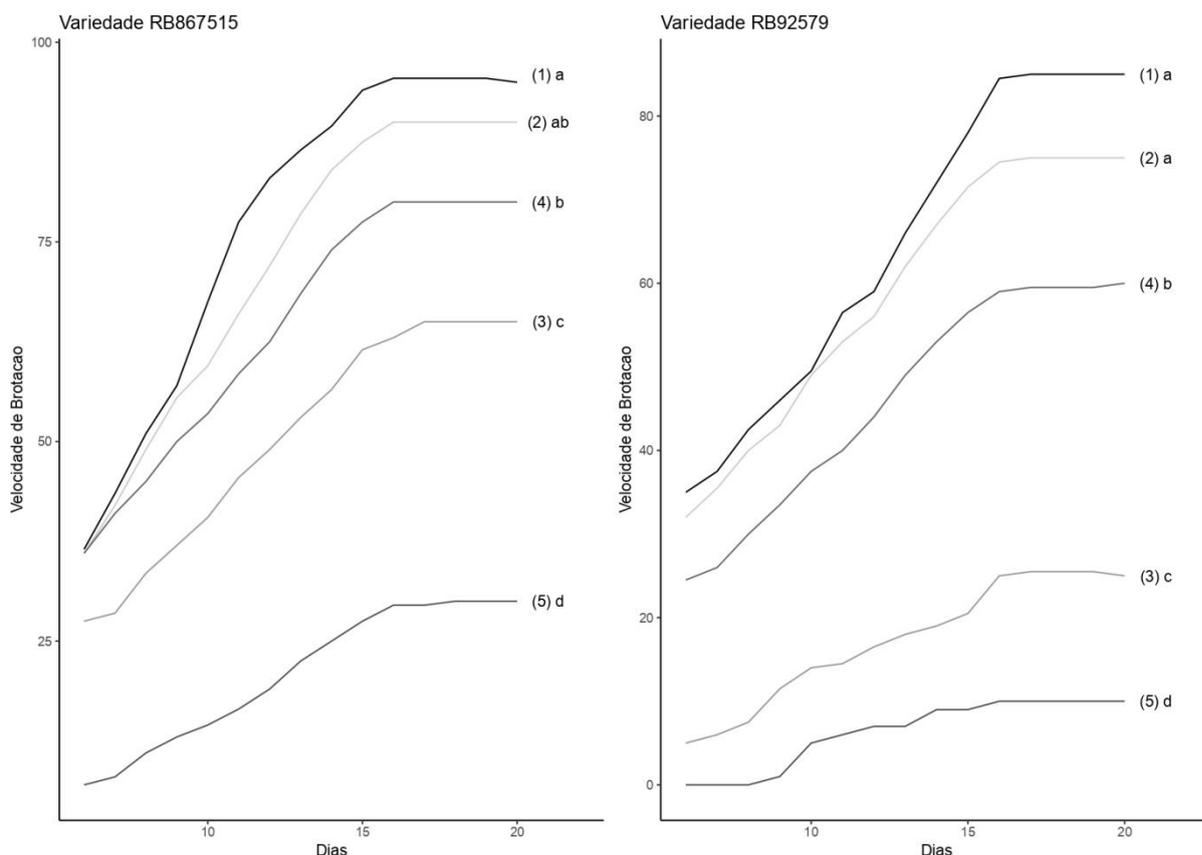
A maior eficiência dos fungicidas pode ser explicada pela maior proteção obtida nas extremidades das mudas. Neste ensaio, o plantio foi realizado com gemas individualizadas, ou seja, colmos mais curtos que o utilizado em campo, fazendo com que a barreira natural não exista nesta condição, ou seja, as gemas do meio do colmo sofrem menos com a ação do patógeno, fato atribuído à barreira física imposta pelos nós, impedindo o avanço do fungo (ROSSETO et al., 1986), porém o modo de aplicação propiciou com que as extremidades ficassem mais expostas à deposição do fungicida, auxiliando na proteção das mesmas. Segundo Wismer (1961), Kile (1999) e Tokeshi (1980), as extremidades das mudas são as principais vias de penetração de *T. paradoxa*, de forma que a aplicação de fungicidas deve ter estes pontos como alvos principais.

Dessa forma, segundo Boyd e Allison (1986) a brotação inicial da cana-de-

açúcar se apresenta como uma corrida contra o tempo, entre o patógeno que ataca e o seu desenvolvimento. Por isso, nas condições analisadas, quanto maior a concentração de *T. paradoxa* no local, maior a chance do patógeno conseguir se sobrepôr nessa competição.

Hoje em dia, com a alta demanda pelos produtos da cana-de-açúcar, a escolha da época de plantio na maioria dos canaviais comerciais não é possível, como também, em áreas onde há infestação do patógeno, fazendo com que o uso de fungicidas seja necessário. De modo geral, em condições suficientes para garantir uma brotação normal, mudas sem tratamento de fungicidas brotam tão bem quanto mudas tratadas. Porém, quando não se tem essa condição, o uso do fungicida se torna indispensável. Analisando então, a eficácia de três fungicidas para o controle de podridão abacaxi, no campo, sendo eles dois fungicidas mercuriais (Agrosan e Ceresan) e um não mercurial (Thiosan) sendo aplicados nas extremidades das mudas, observou-se que todos os produtos analisados apresentaram melhora na brotação e redução no impacto da doença, embora o Thiosan tendo apresentado resultado inferior aos demais produtos analisados (MARTIN, 1944). No trabalho realizado por Chapola et al. (2014) observou-se que a pulverização de rebolos no sulco de plantio mostrou-se eficaz com os seguintes fungicidas: Piraclostrobina + Epoxiconazol; Propiconazol; e Piraclostrobina. Dessa forma, diferentes genótipos respondem diferentemente aos tratamentos em que são expostos, segundo Rosseto et al. (1986) quando avaliada a brotação da variedade NA56-79, tratada com fungicida, esta apresentou aumento na brotação, porém o mesmo não aconteceu com a variedade IAC64-257, mostrando que as variedades de cana-de-açúcar podem reagir diferentemente aos tratamentos utilizados.

O uso do fungicida à base de Estrobilurina + Triazol apresentou-se como uma boa opção para a manutenção da brotação de gemas quando na presença de *T. paradoxa*, nas variedades e condições analisadas.



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

**Legenda:** (1) Controle; (2) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com aplicação de fungicida; (3) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem aplicação de fungicida; (4) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com aplicação de fungicida; (5) Substrato inoculado com suspensão de esporos de *T. paradoxa* a  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem aplicação de fungicida.

**Gráfico 3.** Velocidade de brotação de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *Thielaviopsis paradoxa* e a efetividade de tratamento fungicida, analisado do 6º dia até o 20º dia após o plantio.

No gráfico 3, estão os resultados da velocidade de brotação de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de *T. paradoxa* e a efetividade de tratamento fungicida.

A velocidade de brotação é uma característica que influencia diretamente na manifestação da podridão abacaxi. De acordo com Boyd e Galli (1966), citados por Gheller (1995), a doença só interfere em gemas que demoram mais que 16 dias para brotar. Portanto, neste trabalho notou-se que as variedades iniciaram a brotação, nos diferentes tratamentos, antes dos 10 dias após o plantio e, estabilizaram sua brotação perto do 17º dia após o plantio das gemas.

A variedade RB867515 apresentou maior porcentagem de brotação inicial em todos os tratamentos analisados, quando comparada a brotação inicial da variedade

RB92579. Ou seja, a variedade RB867515, nos tratamentos analisados, possuiu maior rapidez para iniciar sua brotação.

Na variedade RB867515, os tratamentos que tiveram a aplicação do fungicida (2) e (4), nas duas concentrações do patógeno analisadas, apresentaram a mesma porcentagem inicial de brotação do que o controle, apresentando 36% de brotação inicial, mostrando que a ação do fungicida foi importante para que as gemas da variedade RB867515 conseguissem começar a brotação. Nos tratamentos em que não houve a aplicação do fungicida (3) e (5) as porcentagens de brotação inicial foram 27,5% e 7% para as concentrações  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup> e  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, respectivamente. As porcentagens de brotação, ao longo dos dias analisados seguiram um padrão, e no 16º dia após o plantio das gemas, essa brotação se estabilizou, em todos os tratamentos analisados. O tratamento que apresentou maior porcentagem de brotação final, logo depois do controle, foi o tratamento com  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup> com a aplicação de fungicida (2), com 95% de brotação final, seguido do tratamento com  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com aplicação de fungicida (4) com 80%, depois o tratamento  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem a aplicação de fungicida (3), com 65% e, o tratamento que apresentou a menor brotação inicial e final foi o tratamento com  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem a aplicação de fungicida (5), com 7% e 30%, respectivamente.

Na variedade RB92579, os tratamentos que apresentaram maior brotação inicial, também foram os tratamentos com a aplicação do fungicida, nas duas concentrações do patógeno analisadas, sendo o (2) e o (4). O tratamento que apresentou maior brotação final logo depois do controle, foi o tratamento com  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com a aplicação de fungicida (2), com 85% de brotação final, seguido do tratamento com  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, com aplicação de fungicida (4), com 60%, seguido do tratamento  $10^4$  esporos.mL<sup>-1</sup>, sem a aplicação de fungicida (3), com 25% e, o tratamento que apresentou a menor brotação final foi o tratamento com  $10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup> sem a aplicação de fungicida (5), com 10%, este mesmo tratamento apresentou a brotação inicial de 0% quando foi feita a primeira avaliação (ao 6º dia após o plantio das gemas), mostrando que esta variedade é sensível à presença do patógeno, principalmente em alta concentração.

Nos dois métodos utilizados, a variedade RB867515 apresentou superioridade estatisticamente comprovada, ou seja, esta variedade apresentou a maior porcentagem de brotação nos ensaios 1 e 2, como também no ensaio 3 e, no ensaio 4, em que foi utilizado o segundo método, a área necrosada pelos cinco isolados foi

menor quando comparada a área necrosada por estes mesmos isolados nas outras variedades. Mostrando que, nos dois métodos utilizados, a variedade RB867515 apresentou resistência à *T. paradoxa*, quando comparada as demais variedades analisadas.

**Tabela 5.** Diversidade patogênica de isolados de *Thielaviopsis paradoxa* obtidos de diferentes localidades.

Variedades	Tratamentos				
	Isolado 1	Isolado 2	Isolado 3	Isolado 4	Isolado 5
<b>RB867515</b>	3,38 Cb	3,55 Db	3,27 Bb	4,93 Ca	3,27 Db
<b>RB966928</b>	8,42 Aa	7,60 Bb	7,34 Abc	7,11 Bc	7,72 Ab
<b>RB855156</b>	8,42 Aa	8,45 Aa	7,35 Ab	7,50 ABb	5,54 Cc
<b>RB92579</b>	7,18 Bb	7,12 Cb	7,22 Ab	7,85 Aa	7,22 Bb

CV(%): 6,13

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 5, estão os resultados da análise da área necrosada, em centímetros, dos cinco isolados de *T. paradoxa* obtidos de diferentes localidades, nas quatro variedades de cana-de-açúcar. Após 20 dias da inoculação, todos os rebolos inoculados com os cinco isolados de *T. paradoxa* apresentaram diferentes medições de área necrosada.

Chanquinie (2015), em estudo com variabilidade patogênica de isolados de *T. paradoxa* obtidos de cinco estados brasileiros produtores de cana-de-açúcar, encontrou diferença significativa entre eles através de notas de severidade dos sintomas provocados no rebolo, separando-os em fracamente patogênico, medianamente patogênico e altamente patogênico. Neste trabalho, optou-se por medir o comprimento da lesão (área necrosada) ao invés de se atribuir notas de severidade devido à hipótese de que a resistência à colonização esteja localizada na região nodal e que esse atua como uma barreira parcial a colonização, sendo o parênquima colonizado mais facilmente.

A realização de estudos sobre patogenicidade, em conjunto com estudos de diversidade genética são importantes para auxiliar no “screening” de variedades resistentes, pois quanto maior a variabilidade dentro de uma população de fitopatógenos, maiores as dificuldades em programas de melhoramento. A variabilidade de fungos fitopatogênicos é um desafio para a manutenção da

durabilidade da resistência genética às doenças.

Para saber a diferença de agressividade entre os isolados analisados, se fez necessária a análise na coluna, ou seja, entre as variedades, dentro de cada isolado. Os resultados obtidos foram que os isolados 1 (ScPa 01-01), 3 (ScPa 06-05) e 4 (ScPa 06-06) apresentaram, aparentemente, o mesmo comportamento em todas as variedades analisadas, mostrando não haver diferença de agressividade entre eles. O isolado menos agressivo, em quase todas as variedades, foi o isolado 5 (ScPa 07-01), apresentando médias de 3,27, 5,54 e 7,22 cm de área necrosada nas variedades RB867515, RB855156 e RB92579, respectivamente. E o isolado mais agressivo, foi o isolado 3 (ScPa 06-05), que apresentou comportamento semelhante em todas as variedades analisadas, mostrando diferença significativa somente para a variedade RB867515, com menor média de área necrosada, de 3,27 cm, mostrando então, que este isolado foi menos agressivo nesta variedade.

O isolado 5 (ScPa 07-01), quando comparado ao isolado 3 (ScPa 06-05), apresentou menor área necrosada, sendo menos agressivo, em quase todas as variedades analisadas, somente na variedade RB966928 este isolado não diferiu estatisticamente do isolado 3, apresentando maior área necrosada.

Para saber a existência de patótipos diferentes entre os isolados analisados, se fez necessária a análise da resposta dos diferentes isolados, dentro de cada variedade, ou seja, analisando na linha. Quando comparando os isolados, dentro da variedade RB867515, observa-se que os isolados 1 (ScPa 01-01), 2 (ScPa 06-01), 3 (ScPa 06-05) e 5 (ScPa 07-01) não apresentaram diferença estatística entre eles, já o isolado 4 (ScPa 06-06) diferiu estatisticamente dos demais, apresentando maior área necrosada, com média de 4,93 cm, inferindo possível existência de patótipo diferente deste isolado advindo da região de Araras/SP. Os demais isolados foram advindos também de Araras/SP e de área de cana-de-açúcar, da cidade de Araraquara/SP, então podendo inferir que em uma mesma área de coleta, pode haver diferentes patótipos. Segundo Bernal et al. (2019), patógenos de uma mesma espécie, morfológicamente semelhantes, mas que apresentam virulência diferente são separados em patótipos diferentes, ou até mesmo raças fisiológicas. Essa diferença se distingue através dos diferentes sintomas provocados no hospedeiro, podendo esse, ser suscetível ou resistente.

Na variedade RB966928, o isolado 4 (ScPa 06-06) diferiu estatisticamente dos demais, com menor área necrosada, de 7,11 cm, isolado advindo de área produtora

em Araraquara/SP. Os isolados 2 (ScPa 06-01), 3 (ScPa 06-05) e 5 (ScPa 07-01) não diferiram estatisticamente entre eles, apresentando média de área necrosada de 7,55 cm. Já o isolado que apresentou maior área necrosada, nesta variedade, foi o isolado 1 (ScPa 01-01), com 8,42 cm.

Na variedade RB855156, os isolados que não apresentaram diferença estatística, com maior área necrosada, foram o 1 (ScPa 01-01) e 2 (ScPa 06-01), com 8,42 e 8,45 cm, respectivamente, seguido dos isolados 3 (ScPa 06-05) e 4 (ScPa 06-06), com áreas necrosadas de 7,35 e 7,50 cm, respectivamente. O isolado que apresentou menor área necrosada, nesta variedade, foi o 5 (ScPa 07-01), com média de 5,54 cm.

O isolado 4 (ScPa 06-06) foi o único a apresentar diferença estatística aos demais isolados analisados na variedade RB92579, apresentando média de 7,85 cm, apresentando maior área necrosada em relação aos demais, sendo assim, devido a esta resposta diferencial, pode-se inferir possível diferença deste patótipo em relação aos outros analisados. Os demais isolados, 1 (ScPa 01-01), 2 (ScPa 06-01), 3 (ScPa 06-05) e 5 (ScPa 07-01) não diferiram estatisticamente, com médias de área necrosada de 7,18 cm, 7,12 cm, 7,22 cm e 7,22 cm, respectivamente.

Na medida em que surgem novas raças ou patótipos de fitopatógenos capazes de superar a resistência obtida nas variedades comerciais, eventualmente ocorre a quebra da resistência para determinada doença, a partir daí, os programas de melhoramento, precisam ser conduzidos para buscar novos genes capazes de reestabelecer a resistência (CHANQUINIE, 2015).

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram comportamento diferencial de isolados de *T. paradoxa*, coletados de diferentes lesões e localidades, e a possível existência de patótipos diferentes entre eles. Ou seja, de acordo com os resultados encontrados, o isolado que mais apresentou resposta diferencial, foi o isolado 4 (ScPa 06-06), pois a sua área necrosada diferiu estatisticamente dos demais isolados em quase todas as variedades analisadas, ou seja, nas variedades RB867515, RB966928 e RB92579 este isolado apresentou resposta diferencial em relação aos demais isolados, dentro de cada variedade. Inferindo então a existência de raça diferente deste isolado em relação aos demais, isolado advindo de área de cana-de-açúcar do município de Araraquara/SP. Outro fator mostra que, mesmo um isolado sendo coletado de uma mesma área, cidade e ano de coleta, este pode apresentar diversidade patogênica em relação a outro. Como foi o caso dos isolados 3 (ScPa 06-

05) e 4 (ScPa 06-06), que foram coletados de mesma área produtora (Araraquara/SP), mesma variedade (RB925211) e mesmo ano de coleta (2010), porém apresentaram resposta diferencial quando inoculados em outras variedades, como as analisadas neste trabalho.

Para a interação entre *Saccharum* e *T. paradoxa* ainda não existem muitos relatos de estudos demonstrando a existência de diversidade patogênica, esta que se apresenta como uma condição que favorece a maior possibilidade de sobrevivência dos organismos em seus diferentes ambientes. Os organismos necessitam sobreviver, muitas vezes, em ambientes que não estão favoráveis aos mesmos, fazendo com que a variabilidade (diversidade) seja uma alternativa fundamental para que o mesmo possa sobreviver e coevoluir. Dessa forma, a interação que há entre a planta e o patógeno é um processo dinâmico, em que os mesmos necessitam de coevolução para a sua sobrevivência. Os patógenos saprófitas, normalmente são menos afetados pelas influências do meio em que estão apresentando então, populações genéticas mais estáveis. *T. paradoxa* sobrevive no solo através de microconídios e macroconídios, como também na forma de micélios (CHANQUINIE, 2015). Segundo Milanes Virelles e Herrera Isla (1994) apud Rott et al., (2000), *T. paradoxa* pode sobreviver no solo por, pelo menos, 15 meses. Dessa forma, a permanência de estruturas do patógeno, de uma safra para outra, pode contribuir para que haja a diversidade patogênica, pois pode ocorrer recombinação entre o patógeno em diversas regiões de cultivo.

Até o momento, a falta de estudos sobre a patogenicidade dos isolados e as respectivas regiões de origem, é indicativa da dificuldade no desenvolvimento de programas de melhoramento genético visando a resistência de variedades de cana-de-açúcar a *T. paradoxa*.

A diversidade patogênica existente entre isolados de *T. paradoxa* também pode ser explicada, devido à baixa especificidade desse fungo, ou seja, devido este patógeno ser polífago, e apresentar mais de vinte hospedeiros registrados no Brasil, sendo encontrado em praticamente todas as regiões de cultivo de cana-de-açúcar.

## 6 CONCLUSÕES

- A variedade de cana-de-açúcar que apresentou maior brotação em todas as concentrações de *T. paradoxa* foi a RB867515, sendo classificada como menos suscetível e, a variedade que apresentou maior suscetibilidade, foi a RB92579. As variedades RB966928 e RB855156 apresentaram resultados intermediários, sendo classificadas como variedades intermediárias;
- A concentração de *T. paradoxa* que começou a apresentar queda expressiva na brotação das variedades, foi a  $10^3$  esporos.mL<sup>-1</sup>, dessa forma, concentrações abaixo desta, não causarão danos nessas variedades, com exceção da variedade RB92579;
- O fungicida com a combinação dos princípios ativos Estrobilurina + Triazol apresentou potencial para o controle de *T. paradoxa*, mesmo na maior concentração do patógeno. Os diferentes genótipos, respondem diferentemente à ação deste fungicida no controle de *T. paradoxa*;
- Há diversidade patogênica entre isolados de *T. paradoxa* obtidos de diferentes lesões, dentro de um mesmo campo em áreas produtoras de cana-de-açúcar do Brasil.

## 7 LITERATURA CITADA

AFERRI, G.; XAVIER, M.A.; PEREIRA, M.A.A. **Custo de produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar – MPB**. Informações tecnológicas, APTA Regional. Pesquisa & Tecnologia, vol. 13, n. 2, Jul-Dez, 2016.

AGNIHOTRI, V.P. Current sugarcane disease scenario and management strategies, **Indian Phytopathology**, India, v.49, n.2, p.109-126, 1996

AGROFIT: **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 10/02/2019.

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. **Introductory mycology**. Ed.4, New York: John Wiley, 868p. 1996.

ALFONSI, R.R.; PEDRO Júnior, M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill. v.1, pg: 42-55, 1987.

ARLIDGE, E.; WONG YOU CHEONG, Y. Notes on the land resources and agricultural suitability map of Mauritius, 1: 50 000, **Mauritius Sugar Industry Research Institute**, Mauritius, v.138, n.4, p.29, 1975.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. “**Ceratocystis paradoxa**”. Disponível em: <http://www.defesavegetal.net/cerapa>. Acesso em: 20/02/2019.

AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; VITORINO, R.; BORGES, I.S.; SILVA, T.P. MPB no canavial. **Revista Cultivar**, n.185, p.40-41, 2014.

BEGUM, F.; TALUKDER, M.I.; HOQUE, M.Z. Effect of pineapple disease on germination and yield contributing parameters of some promising varieties of sugarcane. **Sugar Technology**, Amsterdam, v.10, n.2, p.171-173, 2008.

BESPALHOK, F.J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. “Introdução ao Melhoramento

de Plantas”. In: BESPALHOK, F.J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento para Resistência a Doenças**. Disponível em <http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%2016.pdf>. Acesso em: 21/03/2019.

BONONI, M.M; ROSA, R.F. Planejamento agrícola. In: SEGATO, S.V.; FERNANDES, C.; PINTO, A.S. (Org.) **Expansão e renovação de canavial**. Piracicaba: CP2, cap. 2, p.19-36, 2007.

BOYD, H.W.; ALLISON, C.C. Studies of the host-parasite relationship in the pineapple disease of sugarcane. **Phytopathology**, St. Paul, v.58, n.6, p.839-842, June, 1968.

BYTHER, R.S.; MOORE, P.H. Inhibition of sugarcane roting by *Ceratocystis paradoxa*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.52, n.4, p.761-766, 1974.

BYTHER, R.S.; STEINER, G.W. Root inhibition of sugarcane seedpieces by *Ceratocystis paradoxa*. **Phytopathology**, St. Paul, v.60, n.9, p. 1287, 1970.

CANABRAVA, A.P. **História econômica: Estudos e pesquisas**. São Paulo: UNESP. 320p. 2005.

CAROLLO, E.M.; SANTOS FILHO, H.P. **Manual básico de técnicas fitopatológicas**. Laboratório de fitopatologia. Embrapa Mandioca e Fruticultura. p.81-85. 2016.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, p. 157, 1991.

CASSELTON, L.A. Mate recognition in fungi. **Heredity**, London, v.88, p.142-147, 2002.

CATÁLOGO NACIONAL DE VARIEDADES “RB” DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**. Curitiba, 2010.

CENSO VARIETAL IAC (2018). “**IAC faz o maior levantamento de intenção de plantio já realizado no Brasil**”. Agronegócios Copercana. Disponível em: <https://www.agronegocioscopercana.com.br/noticias/24/01/2017/iac-faz-o-maior-levantamento-de-intencao-de-plantio-ja-realizado-no-brasil>. Acesso em: 19/03/2019.

CHANQUINIE, D.M.S. Diversidade patogênica em isolados de *Thielaviopsis paradoxa* provenientes de diferentes áreas produtoras de cana-de-açúcar. 45 p. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

CHAPOLA, R.G. Controle da podridão abacaxi da cana-de-açúcar por meio da pulverização de fungicidas em mudas no sulco de plantio. **Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba SP, 2010.

CHAPOLA, R.G.; FERNANDES, Jr. A.R.; CURSI, D.E.; HOFFMANN, H.P. **Censo de variedades de cana-de- açúcar nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul em 2015**. Stab 34:37-39, 2016.

CHAPOLA, R.G; OGASAWARA, G.A.; JANS, B.; MASSOLA JUNIOR, N.S. Controle da podridão abacaxi da cana-de-açúcar por meio da pulverização de fungicidas em rebolos no sulco de plantio. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.44, n.2, p.197-202, 2014.

CHERUBIN, N. **“Os entraves para o uso das MPBs em escala comercial”**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/ed/62-edicao2015/edicao-181/855-especial-181>. Acesso em: 15/03/2019.

CLEMENTS, H.F. Factors affecting the germination of sugarcane. **Hawaiian Planter's Record**, Honolulu, v.44, p. 117-146, 1940.

CLIMATEMPO. **“Climatologia em Araras/SP”**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/795/araras-sp>. Acesso em: 20/03/2019.

COMSTOCK, J.C.; FERREIRA, S.A.; CHING, S.A.; HILTON, H.W. Controlo f pineapple disease of sugarcane with Propiconazole. **Plant Disease**, St. Paul, v.68, n.12, p.1072-1075, 1984.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento (2018). **Acompanhamento da safra brasileira: cana- de-açúcar, safra 2018/2019 - Terceiro levantamento/Dezembro 2018**.

COSTA E CARVALHO, R.R.; WARWICK, D.R.N.; SOUZA, P.E.; CARVALHO FILHO, J.L.S. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de esporos de *Thielaviopsis paradoxa* isolado de coqueiros em Sergipe, **Scientia Plena**, Brasil, v.7, n.9, p.1-5, 2011.

CROFT, B.; MAGAREY, R.; WHITTLE, P. Disease management. In: HOGARTH, D.M.; ALLSOPP, P.G. (Ed.). **Manual of canegrowing**. Brisbane: Bureau of Sugar Experiment Stations, p.263-289, 2000.

CROFT, B.J. Improving the germination of sugarcane and the controlo f pineapple disease. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, v. 20, 1998, Ballina. **Proceedings...** Mackay: ASSCT, p.300-306, 1997.

DENG, Y.; YU, Y.; LUO, H.; ZHANG, M.; QIN, X.; LI, L. Antimicrobial activity of extract and two alkaloids from traditional Chinese medicinal plant *Stephania dielsiana*, **Food Chemistry**, v.124, p.1556-1560, 2011.

DIAS, I.M.; TALAMINI, V.; CRUZ, L.S.; SANTOS, A.S.; DINIZ, L.E.C. Formação de Coleção Biológica de *Thielaviopsis paradoxa* e determinação da patogenicidade e virulência dos isolados em Coqueiro. In: **IV Seminário de iniciação científica e pós-graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_33\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html). Acesso em: 19/03/2019.

FERREIRA, M.C.; WERNECK, C.F.; FURUHASHI, S., LEITE, G.J. Tratamento de toletes de cana-de-açúcar para o controle da podridão-abacaxi em pulverização conjugada ao plantio mecanizado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n. 2, p. 263-273, 2008.

GHELLER, A.C.A. Técnica cultural para o controle da podridão abacaxi em cana-de-açúcar e modelo para estimativa de perdas. 1995. 115 p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GHELLER, A.C.A.; MATSUOKA, S.; NASCIMENTO, R. **Características agrônomicas**: variedades RB. Araras: UFSCar, CCA, DBV, p.23, 2002.

HILTON, H.M.; WISMER, C.A.; NOMURA, N.S. Benomyl seedpiece treatment for sugarcane and its analysis. **Hawaiian Planter's Record**, Honolulu, v.58, n.12, p.159-164, 1971.

HOY, J.W.; RICHARD, C.A.; JACKSON, W.R.; WAGUESPACK, H.L. Effects of cultivars, fungicides, and fertilization at planting on yields obtained from whole stalk and billet planting in Louisiana. **Journal of the American Society Sugar Cane Technologists**, Baton Rouge, v.24, p.70-80, 2004.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar. **Relatório anual 1972**. Rio de Janeiro, p.32, 1972.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar. **Relatório anual 1974**. Rio de Janeiro, p.68, 1974.

JAMES, G. Sugarcane. 2nd ed. Oxford: **Blackwell**. 21p, 2004.

KILE, G.A. Plant Diseases caused by species of *Ceratocystis sensu stricto* and *Chalara*. In: WINGFIELD, M.J.; SEIFERT, K.A.; WEBBER, J.F. **Ceratocystis and Ophiostoma**: taxonomy, ecology and pathogenecity. St. Paul: APS Press, p.173-183, 1999.

KOSTER, G.R. **“Produtores desembolsaram quase R\$7,3 mil por hectare para renovar o canavial em 2017/18”**. 2018. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/plantio/produtores-desembolsaram-r-7-3-mil-hectare-renovar-canavial-2017-18-190418>. Acesso em: 03/04/2019.

KUO, T.T.; CHIEN, M.M.; LI, H.W. Ethyl acetate produced by *Ceratocystis paradoxa* and *C. adiposum* and its role in inhibition of germination of sugarcane buds. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.47, n.9, p.1459, 1969.

MARTIN, A.M. Pineapple disease of sugarcane cuttings and its control. In: ANNUAL CONGRESS SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS ASSOCIATION, 18,

1944, Durban. **Proceedings...** Mount Edgecombe: SASTA, p.44-46, 1944.

MATSUOKA, S.; AGUILLERA, M.M; MASUDA, Y.; ABRAMO FILHO, J. **Principais doenças da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA, Planalsucar, p.46, 1981.

MDIC, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **“Exportação de açúcar sobe 10,7% em março ante março de 2017, diz MDIC”**. 2018. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/acucar/exportacao/exportacao-acucar-sobe-10-7-marco-mdic-030418/>. Acesso em: 01/03/2019.

MITCHELL-INNES, L.E.; THOMPSON, G.M. A new fungicide for the pre-planting treatment of sugarcane setts. In: ANNUAL CONGRESS SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS, p. 47, 1973. Durban. **Proceedings...** Mount Edgecombe: SASTA, p.181-184, 1973.

NITSCH, M. O programa de biocombustíveis Proálcool no contexto da estratégia energética brasileira. **Revista de Economia Política**, v.11, p.123-138, 1991.

NOVACANA. **“Ampliações e reativações sustentarão RenovaBio; governo aposta em poucas usinas novas”**. 2018a. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/usinas/governo-reduz-estimativa-usinas-sucroenergeticas-ativas-2030-120618>. Acesso em: 15/03/2019.

NOVACANA. **“Quanto custa o plantio de cana no Brasil?”**. 2018b. Disponível em: <http://www.siamig.com.br/noticias/quanto-custa-o-plantio-de-cana-no-brasil>. Acesso em: 15/03/2019.

ORTOLAN, M. “Quais são os obstáculos para a MPB destronar o plantio convencional?”. **Revista RPA News, cana & indústria**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/ed/58-edicao2015/edicao-177/2043-quais-sao-os-obstaculos-para-a-mpb-destronar-o-plantio-convencional>. Acesso em: 15/03/2019.

PARLEVLIT, J.E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.7-15, 1997. Suplemento.

PARRA, D.; MORILLO, F.; SÁNCHEZ, P.; PINEDA, J.; GUERRA, J. Presencia de *Thielaviopsis paradoxa* De Seynes Hohn en el tubo digestivo de *Rhynchophorus palmarum* Linneo (Coleoptera: Curculionidae), **Entomotropica**, Venezuela, v.18, n.1, p.49-55, 2003.

PERINA, I. “Quais são os obstáculos para a MPB destronar o plantio convencional?”. **Revista RPA News, cana & indústria**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/ed/58-edicao2015/edicao-177/2043-quais-sao-os-obstaculos-para-a-mpb-destronar-o-plantio-convencional>. Acesso em: 15/03/2019.

PESSAN, E.B.; SCARTOZZONI, E. Plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) uma abordagem geral. **Trabalho conclusão curso (Tecnologia em mecanização em agricultura de precisão)**, Faculdade de Tecnologia “Shunji Nishimura”, FATEC, Pompéia SP, 2012

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. Equipamento distribuidor de toletes para plantio de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COOPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7, 1997. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COOPERSUCAR, 1997. p. 213-231.

PINTO, R.; CARRARA, H. “Quais são os obstáculos para a MPB destronar o plantio convencional?”. **Revista RPA News, cana & indústria**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/ed/58-edicao2015/edicao-177/2043-quais-sao-os-obstaculos-para-a-mpb-destronar-o-plantio-convencional>. Acesso em: 15/03/2019.

RAHMAN, M.; MONDAL, R.I. “**Agricultural research priority: vision – 2030 and beyond; crops: cereals other than rice, sugarcane and jute**”. Disponível em: <http://www.barc.gov.bd/documents/Final-%20Dr.%Matiur.pdf>. Acesso em: 02/02/2019.

RAID, R.N. “**Pineapple disease of sugarcane**”. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/SC2005>. Acesso em: 04/03/2019.

RAID, R.N. **Pineapple disease of sugarcane**. Flórida: University of Florida, pg:2, 2012.

RAID, R.N.; PERDOMO, R.; POWELL, G. Influence of seedpiece treatment and seeding density on stalk population and yield of a pineapple disease susceptible sugarcane cultivar. **Journal of the American Society Sugar Cane Technologists**, Baton Rouge, v. 11, p. 13-17, 1991.

RIPOLI T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Ed. dos Autores, p.309, 2004.

RODRIGUES, P. “Quais são os obstáculos para a MPB destronar o plantio convencional?”. **Revista RPA News, cana & indústria**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/ed/58-edicao2015/edicao-177/2043-quais-sao-os-obstaculos-para-a-mpb-destronar-o-plantio-convencional>. Acesso em: 15/03/2019.

ROSSETTO, C.J.; LOURENÇÃO, A.L.; ESPIRONELO, A.; IGUE, T.; RIBEIRO, I.J.A. Ocorrência do complexo *Carpophilus humeralis* (Frabricius) – *Ceratocystis paradoxa* (De Synes) Moreau em cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.171-178, 1986.

ROTT, P.; BAILEY, R.A.; COMSTOCK, J.C.; CROFT, B.J.; SAUMTALLY, A.S. (Ed.). **A guide to sugarcane diseases**. Montpellier: ISSCT, 339 p. 2000.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres. Pg: 19-36, 2006.

SERAFIM, L.G.F. **Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana-de-açúcar**. STAB 31:24-28, 2013.

SINGH, S.P.; SINGH, M.; RAO, G.P.; UPADHYAYA, P.P. Fungitoxic Efficacy of

Some Volatile Plant Products Against *Ceratocystis paradoxa* Causing Pineapple Disease of Sugarcane, **Sugarcane Pathology**, Volume 1: Fungal diseases, p.263-277, 1999.

SORDI, R.A. Efeito da podridão abacaxi (*Thielaviopsis paradoxa* De Seynes – V. HOHN) em variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 6., 1983, Araras. **Resumos...** Araras: IAA, Planalsucar, 28p., 1983.

SORDI, R.A.; MASUDA, Y. Variações no uso do Benomyl para controle da podridão abacaxi (*Thielaviopsis paradoxa* De Seynes – V. HOHN) na variedade de cana-de-açúcar NA56-79. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 6., 1983, Araras. **Resumos...** Araras: IAA, Planalsucar, p.42-43, 1983.

TALUKDER, M.I.; BEGUM, F.; AZAD, M.M.K. Management of pineapple disease of sugarcane through biological means. **Journal of Agriculture and Rural Development**, Gazipur, v.5, n.1, p. 79-83, 2007.

TAVARES, C. “Quais são os obstáculos para a MPB destronar o plantio convencional?”. **Revista RPA News, cana & indústria**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/ed/58-edicao2015/edicao-177/2043-quais-sao-os-obstaculos-para-a-mpb-destronar-o-plantio-convencional>. Acesso em: 15/03/2019.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar. In: GALLI, F. (Coord.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. v. 2, p. 141-206, 1980.

TOKESHI, H.; RAGO, A.M. Doenças da cana-de-açúcar. In: KIMATI, H.; (Coord.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, p. 185-196, 2005.

UNICA, União da Indústria da Cana-de-açúcar. “**Bioeletricidade da cana poupa o equivalente a 14% da água em reservatórios de hidrelétricas**”. 2016. Disponível em: <http://www.unica.com.br/noticia/2906366292038151244/bioeletricidade-da-cana-poupa-o-equivalente-a-14-por-cento-da-agua-em-reservatorios-de-hidreletricas/>. Acesso em: 20/09/2018.

VIJAYA, H.K.; KULKARNI, S.; HEDGE, Y.R. Evaluation of plant extracts against *Ceratocystis paradoxa* causing sett roto f sugarcane. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, Karnataka, v.20, n.1, p.168-169, 2007.

WEINER, R.; CLINGAN, G. Brazil is zooming ahead on ethanol. **The Miami Herald**. Posted 9, August, 2012.

WISMER, C.A. Pineapple disease. In: MARTIN, J.P.; ABBOTT, E.V. & HUGHES, C.G. Sugar-cane diseases of the world. New York, **Elsevier Publishing Company**. v.I,p.222-235, 1961.

XAVIER, M. A., LANDELL, M. G. A., CAMPANA, M. P., FIGUEIREDO, P., MENDONÇA, J. R., DINARDO-MIRANDA, L. L., SCARPARI, M. S., GARCIA, J. C.,

ANJOS, I. A., AZANIA, C. A. M., BRANCALIÃO, S. R., KANTHACK, R. A. D., AFERRI, G., SILVA, D. N., BIDÓIA, M. A. P., CAMPOS, M. F., PERRUCCO, D., MATSUO, R. S., NEVES, J. C. T., CASSANELI JUNIOR, J. R., PERRUCCO, L., PETRI, R. H., SILVA, T. N., SILVA, V. H. P., THOMAZINHO JUNIOR, J. R., MIGUEL, P. E. M., AND LORENZATO, C. M. (2014). **Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotção IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar – Mudanças Pré-Brotadas (MPB)**. Campinas: Instituto Agronômico. Documentos IAC,113.

YADAHALLI, K.B.; ADIVER, S.S.; KULKARNI, S. *Ceratocystis paradoxa* associated mycotoxin – deterring bud germination in sugarcane, **Indian Phytopathology**, India, v.60, n.2, p.194-197, 2007a.

YADAHALLI, K.B.; ADIVER, S.S.; KULKARNI, S. Effect of pH, temperature and relative humidity on growth and development of *Ceratocystis paradoxa* – a causal organism of pineapple disease of sugarcane. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, Karnataka, v.1, n.20, p.159-161, 2007b.

YADAHALLI, K.B.; ADIVER, S.S.; KULKARNI, S. Standardization of inoculation techniques for *Ceratocystis paradoxa* – an incitant of sugarcane sett rot. **Indian Phytopathology**, India, v.60, n.3, p.377-379, 2007c.