



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE  
PERNAMBUCO**  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
FITOPATOLOGIA**

**Tese de Doutorado**

**Podridão por *Lasiodiplodia theobromae* em morango:  
epidemiologia e manejo alternativo**

**Daniela Dambros Amaral**

**Recife - PE**

**2019**

**DANIELA DAMBROS AMARAL**

**PODRIDÃO POR *LASIODIPLODIA THEOBROMAE* EM MORANGO:  
EPIDEMIOLOGIA E MANEJO ALTERNATIVO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Fitopatologia da Universidade Federal Rural  
de Pernambuco, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Doutora em Fitopatologia

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO**

Orientadora: Elineide Barbosa de Souza

Co-orientadora: Sonia Maria Alves de Oliveira

**RECIFE - PE**

**FEVEREIRO - 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A485p Amaral, Daniela Dambros  
Podridão por *Lasiodiplodia theobromae* em morango:  
epidemiologia e manejo alternativo / Daniela Dambros Amaral. – 2019.  
82 f.: il.

Orientadora: Elineide Barbosa de Souza.  
Coorientadora: Sonia Maria Alves de Oliveira.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Recife, BR-PE, 2019.  
Inclui referências.

1. Morango – Doenças e pragas - Controle 2. Pós-colheita  
3. Fungos 4. Fitopatologia I. Souza, Elineide Barbosa de, orient.  
II. Oliveira, Sonia Maria Alves de, coorient. III. Título

CDD 632

**PODRIDÃO POR *LASIODIPLODIA THEOBROMAE* EM MORANGO:  
EPIDEMIOLOGIA E MANEJO ALTERNATIVO**

**DANIELA DAMBROS AMARAL**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 27/02/2019.

**ORIENTADORA:**

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Elineide Barbosa de Souza (UFRPE)

**EXAMINADORES:**

---

Dra. Susana Alencar Freire Dantas (ADAGRO)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Alice Maria Gonçalves Santos (UFPI)

---

Prof. Dr. Marco Aurélio Siqueira Gama (UFRPE)

---

Prof. Dr. André Angelo Medeiros Gomes (UFRPE)

**RECIFE – PE**

**FEVEREIRO – 2019**

“A sabedoria é um paradoxo. O homem que mais sabe é aquele que mais reconhece a vastidão da sua ignorância”

Friedrich Nietzsche

À meus pais e meu marido por  
todo amor, confiança e  
dedicação em todos os  
momentos,

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por essa vida maravilhosa, pela minha saúde, amor e fé;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo grande exemplo de formação e ensino de qualidade e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo de doutorado;

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sonia Maria Alves de Oliveira, por toda a sua colaboração, apoio e conselhos ao longo do curso;

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elineide Barbosa de Souza, pela dedicação e estar sempre disposta a ajudar;

À todos os professores que integram o Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, pela qualidade do ensino e todo o conhecimento transferido;

À equipe do Laboratório de Patologia Pós-colheita, Adriana P. Melo, Elizabeth R. Alexandre, Roberto Xavier, Edilaine A. Melo e Bárbara M. Malta por toda auxílio e companheirismo e ao professor André M. Gomes por disponibilizar o espaço do laboratório;

Aos amigos Ana Dulce Baia, Claudeana Conceição, Emanuel Assunção, Christiane Costa, Leandro Velez, Fabio Junior Silva, Ananda Santos, Tarciana Santos, Carmem Abade, Grazielle Lima, Rezanio Carvalho, Risoneide Silva que tive a oportunidade de conhecer e levarei sempre comigo.

À minha família e meu marido André J. Amaral por todo carinho, compreensão e apoio em todos os momentos dessa trajetória;

Enfim, a todos que participaram dessa jornada e que, de alguma forma, auxiliaram para o meu crescimento pessoal.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
CAPÍTULO I.....	8
PODRIDÃO POR <i>LASIODIPLODIA THEOBROMAE</i> EM MORANGO: EPIDEMIOLOGIA E MANEJO ALTERNATIVO.....	9
INTRODUÇÃO GERAL.....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
CAPÍTULO II.....	39
Fatores que influenciam o desenvolvimento da podridão por <i>Lasiodiplodia theobromae</i> em morangos.....	40
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	41
Material e Métodos.....	42
Resultados e Discussão.....	45
Conclusões.....	52
Agradecimentos.....	52
Referências.....	53
CAPÍTULO III.....	57
Fosfitos no controle da podridão de <i>Lasiodiplodia. theobromae</i> e na qualidade pós-colheita do morango.....	58
Resumo.....	58
Abstract.....	58
Introdução.....	59
Material e Métodos.....	60
Resultados.....	63
Discussão.....	65
Conclusões.....	68
Agradecimentos.....	68
Referências.....	68
CONCLUSÕES GERAIS.....	82

## RESUMO GERAL

Doenças fúngicas estão entre as principais causas de perdas pós-colheita na cultura do morangueiro e podem alcançar níveis elevados na ausência de boas práticas agrícolas e tecnologias pós-colheita. Fungos pertencentes à família Botryosphaeriaceae foram relatados na cultura causando podridão pós-colheita e morte descendente em plantas, dentre eles, *Lasiodiplodia theobromae*. Devido a importância desse patógeno sobre o morango, foi estudado o processo de colonização no tecido da fruta; a capacidade patogênica em três cultivares e em outras frutas; a influência de fatores como: fermento, concentração de inóculo, temperatura, umidade e estágio de maturidade das frutas na severidade da podridão em morangos oriundos dos sistemas de cultivo orgânico e convencional. Além disso, o fosfito de cálcio (PhiCa) e potássio (PhiK) nas doses de 2,5; 5; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup> foram avaliados na redução da podridão por *L. theobromae* e na qualidade físico-química de morangos das cultivares San Andreas e Benicia. Imagens realizadas através de microscopia eletrônica de varredura indicaram que *L. theobromae* colonizou o tecido do morango em 24 h resultando na sua rápida deterioração; o fungo foi patogênico nas cultivares de morango Benicia, San Andreas e Aromas e em maracujá, mamão, acerola e manga. Morangos orgânicos com fermento, sob as temperaturas de 25 e 30 °C e 48 h de duração da umidade apresentaram maior severidade da podridão em relação aos morangos convencionais. Morangos inoculados na concentração de inóculo de 10<sup>6</sup> conídios.mL<sup>-1</sup> e completamente maduros apresentaram maior tamanho médio de lesão em ambos os sistemas de cultivo. Os Phi inibiram o crescimento micelial do fungo com aumento da dose, no entanto, não reduziram a germinação de esporos. Também não houve redução da incidência e severidade da podridão em morangos da cv. San Andreas, além de comprometer a firmeza da fruta. Em contrapartida, o PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> foi eficaz para a cv. Benicia com proteção até 72 h após tratamento, além de aumentar a firmeza, a acidez titulável e reduzir o índice de maturação dos morangos. O PhiK 2,5 g.L<sup>-1</sup> reduziu o peso médio dos morangos nessa cultivar. Diante disso, os resultados do trabalho foram essenciais para compreender o patossistema *L. theobromae* x morango, tendo em vista que o patógeno é emergente na cultura. O tratamento pós-colheita de morangos com PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> tem potencial no manejo alternativo por reduzir a podridão causada por *L. theobromae* na cv. Benicia.

**Palavras-chave:** epidemiologia; *Fragaria x ananassa*; manejo alternativo; podridão pós-colheita; qualidade pós-colheita



## GENERAL ABSTRACT

Fungal diseases are the main causes of postharvest losses in strawberry fruit and can reach high levels in the lack of good agricultural practices and postharvest technologies. Fungi belonging to the Botryosphaeriaceae family have been reported causing postharvest rot in fruits and dieback in plants, among them, *Lasiodiplodia theobromae*. Due to the importance of this pathogen on strawberry, the colonization process in the fruit tissue was studied; the pathogenic capacity in three cultivars and in other fruits; the influence of factors such as: wound, inoculum concentration, temperature, humidity and maturity stage of fruits on the rot severity in strawberries from organic and conventional cultivation systems. In addition, calcium phosphite (PhiCa) and potassium phosphite (PhiK) at doses 2.5; 5; 7.5 and 10 g.L<sup>-1</sup> were evaluated in the reduction of *L. theobromae* rot and the physical-chemical quality of the strawberry cultivars San Andreas and Benicia. Images by scanning electron microscopy indicated that *L. theobromae* colonized strawberry tissue in 24 h, resulting in its rapid deterioration; the fungus was pathogenic in the strawberry cultivars Benicia, San Andreas and Aromas and in passion fruit, papaya, barbados cherry and mango. Organic strawberries with wound, temperature around 25-30 °C and humidity duration for 48 h showed a higher rot severity in relation to the conventional strawberries. Strawberries inoculated at the inoculum concentration (10<sup>6</sup> conidia.mL<sup>-1</sup>) and completely mature showed a larger mean lesion size in both cultivation systems. Phi inhibited mycelial growth of the fungus with increased concentration, however, did not reduce spore germination. The Phi did not reduce rot incidence and severity besides compromising the firmness of strawberries cv. San Andreas. On the other hand, PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> was effective for cv. Benicia with protection up to 72 h after treatment, beyond increasing firmness, titratable acidity and reducing the maturity index of strawberries. PhiK 2.5 g.L<sup>-1</sup> reduced the average weight of strawberries in this cultivar. Therefore, the results of the work were essential to understand the *L. theobromae* x strawberry pathosystem, considering that the pathogen is emerging in the crop. Postharvest treatment of strawberries with PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> has potential in alternative management for reducing *L. theobromae* rot in cv. Benicia, however, was not viable solution for cv. San Andreas.

**Keywords:** epidemiology; *Fragaria x ananassa*; alternative management; postharvest rot; postharvest quality

## **CAPÍTULO I**

---

---

### **Introdução geral**

## PODRIDÃO POR *LASIODIPLODIA THEOBROMAE* EM MORANGO: EPIDEMIOLOGIA E MANEJO ALTERNATIVO

### INTRODUÇÃO GERAL

#### A cultura do morangueiro

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch), pertencente à família Rosaceae é uma fruta com distribuição e consumo no mundo todo (BANAEIAN; OMID; AHMADI, 2011; MORRIS; SISTRUNK, 2017). Desde a antiguidade, no século XIV, várias espécies de *Fragaria* eram cultivadas em jardins e hortas caseiras na Europa para fins medicinais e ornamentais (DARROW, 1966; HUMMER; HANCOCK, 2009). No entanto, a espécie cultivada atualmente é um híbrido originário de um cruzamento natural, ocorrido em 1714, na França, entre duas espécies octoplóides: *Fragaria virginiana* (L.) Duch e *Fragaria chiloensis* (L.) Duch (DARROW, 1966; FAEDI; BARUZZI, 2016; NJUGUNA *et al.*, 2013). Por isso, somente no século XVIII o morangueiro começou a ganhar importância econômica com a introdução de um programa de melhoramento, técnicas de cultivo e a criação de novas cultivares (FAEDI; BARUZZI, 2016).

O germoplasma do morangueiro apresenta uma grande diversidade genética, que incluem espécies selvagens diplóides até decaplóides (PETRAN; HOOVER, 2018). Apesar de ser típico de países frios, as cultivares comerciais atuais permitiram uma ampla adaptação do morangueiro as mais variadas condições de clima e solo, desde regiões tropicais até subárticas, notadamente em cultivos na Europa e América. Por exemplo, na América do Norte os morangos são cultivados extensivamente em áreas frias como na Nova Escócia e também em regiões semi-tropicais, como na Flórida (ANTUNES *et al.*, 2010; GALVÃO *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2010; PETRAN; HOOVER, 2018). No Brasil, atualmente, a produção se encontra em regiões temperadas e subtropicais, sendo utilizada para o consumo in natura ou industrial (GALVÃO *et al.*, 2017; GUIMARÃES *et al.*, 2016).

Apesar de ser uma planta herbácea e perene, é cultivada na maioria das vezes como cultura anual, com ciclo reprodutivo curto, diferente de outras rosáceas produzidas comercialmente. Isso ocorre com o intuito de reduzir riscos de pragas e doenças e aumentar o rendimento e a qualidade do morango (ANDRIOLO *et al.*, 2014; QIN *et al.*, 2008). Botanicamente, o morango não é uma fruta verdadeira, pois se origina de uma única flor com muitos ovários. O desenvolvimento de cada ovário produz uma fruta, o qual corresponde aos pequenos pontos escuros do morango, os aquênios, popularmente conhecidos como sementes.

A porção suculenta do morango consiste do receptáculo floral, assim como se dá na maçã (*Malus domestica* Borkh.) e na pera (*Pyrus communis* L.), onde a fruta verdadeira é a parte central endurecida que contém as sementes. Os aquênios estão arranjados na parte externa do tecido do receptáculo (ANTUNES; CARVALHO; SANTOS, 2011; FAEDI; BARUZZI, 2016).

O cultivo comercial ocorre a partir de plântulas propagadas por estolões formados nas axilas das folhas de plantas adultas, portanto, o número de estolões produzidos é um dos principais parâmetros avaliados para o sucesso da propagação do morangueiro (HASAN, 2011; SAVINI, 2008). Quando se busca o melhoramento genético da espécie, a fim de favorecer a recombinação de genes e aumentar a variabilidade genética das populações, a propagação deve ser feita por sementes. A capacidade de produzir diferentes genótipos, por meio da reprodução sexual, garante a sobrevivência da espécie em condições adversas. (ANTUNES; CARVALHO; SANTOS, 2011)

No Brasil, a maioria das cultivares são oriundas dos Estados Unidos e são produzidas por melhoristas para se adequar a diferentes ambientes, condições climáticas e de cultivo e nichos de mercado (FAEDI; BARUZZI, 2016). Podem ser divididas em grupos como as de dias curtos, onde pode-se citar Oso Grande, Camino Real, Camarosa e Benicia, bem como as de dias neutros, como Albion, Aromas, Monterey e San Andreas as quais estão entre as principais cultivares de morangueiro encontradas no Brasil (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2007; GALVÃO *et al.*, 2017).

### **Produção de morango no Brasil**

A produção de pequenas frutas, dentre elas, mirtilo (*Vaccinium asbey* L.), framboesa (*Rubus idaeus* L.), cereja (*Prunus avium* L.), amora (*Morus nigra* L.) e morango, ainda é pouco expressiva no Brasil, no entanto, alguns avanços têm sido verificados. A tendência é o aumento e diversificação do cultivo de frutas vermelhas, devido ao apelo e utilização no mercado brasileiro e também da perspectiva de aumento na procura para exportação destas frutas, visando a atender à entressafra do Hemisfério Norte (FACHINELLO *et al.*, 2011). Dentre essas frutas, a cadeia produtiva do morango apresenta maior destaque em termos econômicos e sociais, por mobilizar agricultores com escalas produtivas variadas que abrangem mercados global e local. O interesse pelo seu cultivo cresce ao promover aumento da renda em pequenas propriedades, demandar intensa mão-de-obra mantendo trabalhadores em áreas rurais, além da aceitabilidade pelos consumidores e das opções variadas de comercialização e processamento (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2007; COSTA *et al.*; 2016; FACHINELLO *et al.*, 2011; FAGHERAZZI, 2013; OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009).

A produção mundial de morangos é de 9.223.815 toneladas em uma área cultivada de 395.844 ha. A China é o principal produtor mundial com 3.724.647 toneladas seguindo dos Estados Unidos em segundo lugar, com 1.449.280 toneladas (FAO, 2018). O Brasil está longe de competir com os principais produtores onde produz cerca de 100 mil toneladas em uma área estimada de 3.500 ha (ANTUNES *et al.*, 2010; ANTUNES; PERES, 2013; COSTA *et al.*, 2016; MADAIL, 2016).

As principais regiões brasileiras produtoras de morango localizam-se em áreas de clima subtropical ameno com altitudes elevadas. No entanto, a cultura já abrange áreas de clima tropical de altitude média a quente ressaltando que o rendimento da cultura depende de diversas variáveis, como cultivar, sistema de produção, manejo e cultivo local (CONTI *et al.*, 2002; DIEHL *et al.*, 2018).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional com 1500 ha e a produtividade média alcançada é de 25 toneladas/ha, seguido pelo Rio Grande do Sul com 385,6 ha e 32 toneladas/ha e São Paulo com 800 ha e 34 toneladas/ha. Os três estados, juntos, representam em torno de 80% do total nacional (ANTUNES *et al.*, 2010; MADAIL, 2016; REICHERT; MADAIL, 2003; REISSER JÚNIOR *et al.*, 2015). Entretanto, com a melhoria das tecnologias de produção, disponibilidade de novas cultivares adaptadas em diversos tipos de clima e solo, ciclo de produção uniforme, resistência a doenças e facilidade na colheita, a produção de morango se difundiu para outros estados brasileiros como Paraná, Espírito Santo, Distrito Federal, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Bahia e Pernambuco (COELHO JUNIOR *et al.*, 2016; MADAIL, 2016).

Pouca ênfase têm se dado a prática de cultivo do morango na região Nordeste, sobretudo em Pernambuco, onde existem áreas propícias para o seu cultivo em diversos municípios do estado. Isso pode gerar um maior desenvolvimento local e expandir a fronteira agrícola do morango (COELHO JUNIOR *et al.*, 2016). Há uma carência de informações em relação à produção de morango tendo em vista que o último Censo Agropecuário do IBGE para a cultura foi no ano de 2006, em que a região Nordeste produziu 97 toneladas, na qual se destaca a Bahia com 52 toneladas, Pernambuco com 39 toneladas e Paraíba com 5 toneladas (IBGE, 2006).

### **Qualidade pós-colheita do morango**

O morango é uma fruta muito apreciada por apresentar apelo visual, aroma e sabor marcantes e versatilidade de comercialização. A principal forma de consumo é *in natura*, mas uma considerável quantidade é utilizada na indústria para a produção de geléias, doces, iogurtes, sucos, licores, entre outros. É uma excelente fonte alimentar de ácido ascórbico, potássio,

cálcio, fibras, além de ser fonte de energia de açúcares simples (BONARSKA-KUJAWA *et al.*, 2012; FAGHERAZZI, 2013; GIAMPIERI *et al.*, 2012; WEI *et al.*, 2018). A fruta também apresenta alto conteúdo de fitoquímicos benéficos a saúde humana. Esses fitoquímicos incluem flavonóides, estilbenos, ácidos fenólicos, antocianina e os elagitaninos, sendo os dois últimos os principais compostos antioxidantes presentes no morango (GIAMPIERI *et al.*, 2012; MARAEI, 2017; PAREDES-LÓPEZ *et al.*, 2010).

A qualidade e o consumo do morango são determinados por diversos parâmetros como doçura, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez, cor e firmeza, além do interesse crescente pelos benefícios da fruta para a saúde, como a presença de vitaminas, minerais e fitoquímicos (MARTÍNEZ *et al.*, 2017; OLIVEIRA; LINS; SANTOS, 2012; SHIN *et al.*, 2008).

O sabor, a doçura e a acidez são considerados os três componentes principais da qualidade organoléptica do fruto. O sabor da fruta é determinado principalmente pelo conteúdo de ácidos totais, SST e seu equilíbrio (RESENDE *et al.*, 2008). Os consumidores preferem morangos doces e a doçura está positivamente correlacionada com a concentração de açúcar (BHAT *et al.*, 2015). Por isso, a determinação e quantificação de açúcares e doçura são de grande importância em muitos campos de pesquisa em alimentos (MAGWAZA; OPARA, 2015). O teor de SST indica a quantidade de todas as substâncias dissolvidas na polpa das frutas, sendo constituídas por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Podem ser determinados usando refratometria ou colorimetria (MAGWAZA; OPARA, 2015). O SST tende a aumentar continuamente durante o amadurecimento, embora algumas alterações não sejam estatisticamente significativas (MARTINEZ *et al.*, 2017).

Em muitas frutas, a acidez é alterada durante a maturação e amadurecimento, diminuindo à medida que a fruta amadurece (BARMAN; AHMAD; SIDDIQUI, 2015). A acidez das frutas pode ser determinada por dois métodos, a acidez titulável (AT), por titulometria, e o potencial de hidrogênio (pH). O primeiro método representa todos os ácidos encontrados (ácidos orgânicos livres, na forma de sais e compostos fenólicos), enquanto que o segundo determina a concentração de hidrogênio da solução, a qual pode variar no morango entre 3,18 e 4,10 (KADER, 1991).

A relação entre os valores de SST e acidez titulável, conhecida como relação SST/AT, é uma das variáveis mais representativas na avaliação do sabor das frutas e retrata melhor do que a determinação isolada da concentração de açúcares ou acidez. A estimativa desta variável permite obter informações mais seguras em relação ao sabor da fruta, pois demonstra o equilíbrio entre os teores de açúcares e acidez presentes. Desta forma, o doce está relacionado

com a relação SST/AT, e quanto maior for esta relação, maior será o sabor doce na mesma (ANTUNES *et al.*, 2010; BARMAN, AHMAD, SIDDIQUI, 2015; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os açúcares totais e ácidos orgânicos são influenciados pela cultivar e pelo estágio de maturação (GIUGGIOLI *et al.*, 2018).

A firmeza é uma característica importante do morango, porém altamente variável conforme a genética, condições de crescimento e constituição da fruta no momento do teste (grau de amadurecimento, tamanho, manuseio pós-colheita, temperatura interna, entre outros) (DOVING, MAGE, VESTRHEIM, 2005). As alterações na firmeza estão relacionadas com as alterações de SST, AT e as relações SST/AT que são comumente usadas como indicadores de maturação para morangos (MARTÍNEZ *et al.*, 2017). Os dados de firmeza das frutas também são influenciados pelos métodos utilizados e não existe um método comum padronizado para o teste de firmeza dos morangos (DOVING; MAGE; VESTRHEIM, 2005). O penetrômetro é uma das formas utilizadas para a determinação dessa variável e pode ser usado por produtores e distribuidores. Os resultados geralmente são relatados em newton (N) e o equipamento pode cobrir diferentes faixas de pressão de acordo com o tipo de produto, variedade e fase de amadurecimento (LOMBARD *et al.*, 2008; YAN *et al.*, 2019).

A qualidade pós-colheita é definida por diversas práticas agrícolas realizadas no campo. Muitas variáveis podem afetar consideravelmente o valor nutritivo e a qualidade dos morangos (RECAMALES; MEDINA; HERNANZ, 2007), como cultivar, condições climáticas, nutrição da planta, doenças e insetos pragas, irrigação, fertilização e técnicas de colheita. Tipo de solo, temperatura, geada e tempo chuvoso na colheita também podem ter efeitos adversos sobre a vida de armazenamento do produto (KAFKAS *et al.*, 2007; MORRIS; SISTRUNK, 2017; PRUSKY, 2011). Além disso, as etapas posteriores a colheita também são de extrema importância para a manutenção da qualidade da fruta. Técnicas de manuseio inadequadas e falta de infra-estrutura no transporte, armazenamento, processamento, embalagem e informação de marketing são problemas que levam a redução da qualidade e desvalorização do produto final (PRUSKY, 2011).

### **Podridão por *Lasiodiplodia theobromae* em morango pós-colheita**

Grandes perdas são constatadas nas fases de produção, distribuição, armazenamento e comercialização de produtos hortifrutícolas (FREIRE JUNIOR; SOARES, 2014). As causas de perdas após a colheita dos produtos vegetais podem estar relacionadas ao manejo da cultura no campo, as práticas inadequadas de embalagem, armazenamento e transporte, e a patógenos (OLIVEIRA; LINS; SANTOS, 2012).

O desenvolvimento do cultivo de morangos no Brasil ainda depende de cultivares importadas, que não estão adaptadas ao meio ambiente e, portanto, são improdutivas e vulneráveis a fatores bióticos e abióticos na região produtora. São mais suscetíveis a doenças devido às condições climáticas, de umidade relativa e temperatura alta, as quais são propícias ao desenvolvimento de fungos e bactérias (GALVÃO *et al.*, 2017). Além disso, o morango é altamente perecível, com rápida atividade metabólica e suscetibilidade a injúrias mecânicas as quais são favoráveis ao ataque dos patógenos. Dessa forma, deteriora-se em curto período de tempo e reduz consideravelmente a vida pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005; HAKIMI *et al.*, 2017; MALGARIM; CANTILLANO; COUTINHO, 2006)

Fungos causadores de podridões pós-colheita estão entre os principais problemas na produção de morangos os quais resultam na redução em quantidade e qualidade, causando perdas econômicas nos campos na época da colheita, durante a comercialização e transporte (AYOUBI; SOLEIMANI, 2016; LOPES *et al.*, 2014). A incidência de fungos pós-colheita depende do nível de contaminação no estágio de maturação e da posterior infecção, devido à tendência ao amolecimento e à suscetibilidade a lesões epidérmicas causadas pelo manejo (CONTIGIANI *et al.*, 2018).

Dentre os principais fungos pós-colheita em morango, destacam-se *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., considerado o principal patógeno pós-colheita e agente causador do mofo cinzento, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. e espécies de *Colletotrichum* Corda, Deutshl., causadores da podridão mole e antracnose, respectivamente (AMORIM *et al.*, 2016; CONTIGIANI *et al.*, 2018; FELIZIANI; ROMANAZZI, 2016; ROMANAZZI *et al.*, 2013). Outros fungos também vêm sendo relatados como *Pilidium concavum* (Desm.) Höhn., *Geotrichum candidum* Link., *Rhizoctonia solani* Kühn., *Phytophthora* de Bary, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Pestalotia longisetula* Guba., *Gnomonia comari* Karst. e *Alternaria* (Nees:Fr.) (COSTA *et al.*, 2003; LOPES *et al.*, 2010; TANAKA *et al.*, 2005).

A rapidez na disseminação de novas doenças ocorre pela facilidade atual de trânsito de material vegetal entre regiões, que muitas vezes está infectado por algum patógeno, possibilitando que o mesmo seja disseminado por milhares de quilômetros em curto espaço de tempo (UENO; COSTA, 2016). Dentre os fungos, existem relatos de gêneros pertencentes a família Botryosphaeriaceae causando podridão e mumificação na fruta na fase pós-colheita bem como morte descendente em plantas no campo na cultura do morangueiro sendo os agentes causais *Neofusicoccum parvum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips e *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., respectivamente (LOPES *et al.*, 2014; NAM *et al.*, 2016 ; YILDIZ; BENLIOGLU; BENLIOGLU, 2014). Esses fungos podem



representar uma ameaça a cultura do morangueiro e requer atenção considerável no setor da fruticultura e principalmente dos produtores de morangos, já que são fungos emergentes na cultura.

O fungo *L. theobromae* é um ascomiceto capaz de associar-se a uma ampla gama de hospedeiros, com destaque para frutíferas tropicais, além de ser amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais (CARDOSO; VIANA; MARTINS, 2018; COUTINHO, 2017; PHILLIPS *et al.*, 2013;). Também é considerado oportunista com um estágio endofítico latente, ou seja, capaz de colonizar tecidos sadios sem causar qualquer dano. No entanto, quando as plantas hospedeiras estão em condições de estresse (seca, granizo, vento, geada, danos causados por insetos ou práticas culturais realizadas pelo homem) o fungo pode tornar-se patogênico (DISKIN *et al.*, 2017; JAMI *et al.*, 2013; PEREIRA, SILVA, RIBEIRO; 2006; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007).

De acordo com as suas características morfológicas, *L. theobromae* apresenta um conidioma estromático picnidial de cor marrom escuro a preto, ostiolado, globoso a subgloboso, imerso no hospedeiro tornando-se erumpente quando maduro, medindo até 5 mm de largura. A paráfise é hialina, cilíndrica, septada, ocasionalmente ramificada com extremidades arredondadas de até 55 µm de comprimento e 3-4 µm de largura. As células conidiogênicas são hialinas de paredes finas, lisas, cilíndricas, holoblásticas, proliferando-se, ao longo do tempo, formando uma ou duas anelações, ou proliferando no mesmo nível. Os conídios são subovoides a elipsoide-ovóide, ápice arredondado, afilado na base, mais largo no terço médio e superior, paredes espessas, inicialmente hialino e aseptado, tornando-se marrom escuro com o amadurecimento e septado, com depósitos de melanina na superfície interna da parede dispostos longitudinalmente dando uma aparência estriada aos conídios, que geralmente medem 21,7-30,1 de comprimento x 11,7-18,3 µm de largura (ALVES *et al.*, 2008; VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004). Além da morfologia, estudos moleculares com base nos dados de sequência da região do espaçador interno transcrito, ITS (Internal Transcribed Spacer), do fator de alongação, EF-1 $\alpha$  (Elongation Factor) e da  $\beta$ -tubulina,  $\beta$ t ( $\beta$ -tubulin) são fundamentais para o reconhecimento da espécie, bem como para estudo de filogenias das demais espécies pertencentes a família Botryosphaeriaceae (ABDOLLAHZADEH *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2008; YANG *et al.*, 2017).

Dentre as doenças causadas por *L. theobromae* pode-se citar podridão de raízes, morte descendente, mancha foliar, vassoura de bruxa, cancrios, gomoses e podridão de frutos (CARDOSO *et al.*, 2009; CHANDRA *et al.*, 2014; CORREIA *et al.*; 2016; DARGE, 2017; NAM *et al.*, 2016; PUNITHALINGAM, 1980; ZHU *et al.*, 2014). É considerado um patógeno

chave responsável por doenças pós-colheita de produtos hortifrutícolas tropical e subtropical (BAUTISTA-BANOS, 2014; COUTINHO *et al.*, 2017).

A podridão peduncular é uma doença pós-colheita causada por vários fungos relacionados a família Botryosphaeriaceae, sendo *L. theobromae* o mais prevalente. Na manga e no mamão é considerada a segunda doença de maior importância e mais severa, perdendo apenas para a antracnose causada por *Colletotrichum* (DISKIN *et al.*, 2017; MALIK *et al.*, 2018). A penetração de *L. theobromae* no tecido do hospedeiro pode ser através de aberturas naturais (estômatos, lenticelas) e ferimentos. A infecção resulta da dispersão dos esporos pela água da chuva até a superfície das frutas verdes. Uma vez que o conídio penetra no tecido hospedeiro imaturo, permanece quiescente até que o processos de maturação e senescência da fruta ocorram (OBIANOM; SIVAKUMAR, 2018). Assim que a fruta amadurece, muitas mudanças fisiológicas ocorrem, o patógeno percebe-as e responde trocando a fase de vida endofítica para uma estágio necrotrófico devastador (DISKIN *et al.*, 2017). Dessa forma, os sintomas surgem após a colheita na região do corte do pedúnculo, afetando a parte basal da fruta geralmente no início da maturação (VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004).

O fungo apresenta crescimento rápido, produzindo micélio nos tecidos do parênquima infectado que leva a mumificação da fruta. As lesões causadas por *L. theobromae* são escuras com uma larga margem de tecido aquoso e uma superfície enrugada devido à erupção do picnídio. Em um corte longitudinal da fruta, o tecido interno encontra-se escuro (VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004).

Os estudos de patogenicidade de Gramaje, Urbez-Torres e Sosnowski (2018) mostraram que dentro da família Botryosphaeriaceae, *Lasiodiplodia* está entre os mais virulentos e que colonizam mais rapidamente o hospedeiro infectado. Na cultura do morangueiro, foi relatada na Turquia e Coreia, onde as plantas exibiram descoloração necrótica das raízes e no tecido interno da coroa, podridão negra nos estolões e plantas filhas, murcha e morte (NAM *et al.*, 2016; YILDIZ; BENLIOGLU; BENLIOGLU 2014). A ocorrência generalizada, a presença de uma fase latente que pode ser negligenciada pela quarentena e sua capacidade de causar doenças rapidamente quando seus hospedeiros estão sob estresse, fazem desse fungo uma ameaça significativa a agricultura e principalmente a fruticultura no Nordeste brasileiro. Nessa região, a espécie é endêmica e já foi relatada em diversos frutos importantes como coco (*Cocos nucifera* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e mamão (*Carica papaya* L.) (MARQUES *et al.*, 2013; NETTO *et al.*, 2014; ROSADO *et al.*, 2016). Esse fato é relevante principalmente sob mudanças climáticas drásticas que aumentam o estresse nas comunidades vegetais (ROSADO *et al.*, 2016; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007).

O controle efetivo de *L. theobromae* se torna difícil por ser cosmopolita, polífago e pela grande variedade de hospedeiros suscetíveis. A verificação da patogenicidade, localização geográfica da planta afetada, caracterização morfológica e biológica do isolado são etapas cuidadosas e fundamentais. Além disso, é importante a compreensão da ecologia e patologia de *L. theobromae* no que se refere à sua capacidade de troca de hospedeiro e interação hospedeiro-fungo-ambiente (MACIEL, 2015; MELO, 2014; SLIPPERS, WINGFIELD, 2007).

### **Condições que influenciam o desenvolvimento de doenças pós-colheita**

O conhecimento epidemiológico de doenças fúngicas de plantas, principalmente em frutíferas é essencial para ajudar a prever o risco de doença durante a estação de crescimento e/ou na colheita e durante o armazenamento pós-colheita. Prever a doença das plantas é desafiador e requer grandes esforços de pesquisa ao longo de vários anos para compreender a dinâmica das quatro principais variáveis envolvidas no desenvolvimento da doença: a presença/ausência e quantidade do inóculo, estágio de maturação e suscetibilidade da cultura, as condições ambientais e ação de produtores que tentam mudar a dinâmica das doenças dos sistemas agrícolas (MICHAELIDES; MORGAN; LUO, 2010).

O início do desenvolvimento de uma doença requer um hospedeiro suscetível, um patógeno e condições ambientais favoráveis. Na maioria das vezes, o genótipo do hospedeiro e do patógeno é um fator limitante no desenvolvimento da doença. Uma combinação de uma planta suscetível e um patógeno com genes de virulência para esse hospedeiro deve agir em conjunto sob condições favoráveis de temperatura, umidade e frequentemente outros fatores para o desenvolvimento da doença (MASS, 2004). A infecção por patógenos fúngicos, pode ocorrer em qualquer etapa da cadeia produtiva, na estação de crescimento, colheita, manuseio, armazenamento, transporte e comercialização, ou até mesmo após a aquisição pelo consumidor (SINGH, 2018). A severidade das doenças pós-colheita é amplamente influenciada pelo ambiente, como condições físicas da fruta, temperatura e umidade e composição da atmosfera no armazenamento (JEONG; JEONG, 2018).

Ferimentos durante o crescimento e maturação da fruta, bem como no manuseio e armazenamento predispõem o produto hortifrutícola ao ataque por diversos patógenos pós-colheita que irão afetar a sua qualidade (KUYU; TOLA, 2018; PRUSKY *et al.*, 2010). Dessa forma, podem levar a ativação de uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas que promovem aumento na atividade respiratória, na produção de etileno e distúrbios relacionados à compartimentalização celular, perda de água e conseqüentemente redução da matéria seca das frutas (BRACKMANN *et al.*, 2016; CHITARRA; CHITARRA, 2005). No entanto, muitos

patógenos são capazes de romper a cutícula do hospedeiro ao longo do período de crescimento da fruta, mesmo na ausência de ferimentos, o que possibilita que a infecção ocorra (PRUSKY *et al.*, 2010).

O morango é altamente perecível e tem uma vida pós-colheita muito limitada devido às altas taxas metabólicas, a fragilidade do tecido, a suscetibilidade a danos mecânicos, a perda de água e a deterioração por fungos. Qualquer ferimento na fruta pode causar vazamento de fluidos da área afetada, os quais são ricos em açúcares solúveis que servem como substrato para o desenvolvimento de fungos. Por esta razão, o morango é colhido e embalado no campo com manuseio pós-colheita cuidadoso, a fim de evitar danos que possam facilitar a penetração de fungos (FELIZIANI; ROMANAZZI, 2016; PICHA, 2006; SÁNCHEZ *et al.*, 2012).

O conteúdo químico da fruta e sua epiderme também podem influenciar o primeiro passo do processo de infecção. Por exemplo, o teor de compostos voláteis, fenólicos e ácidos orgânicos na epiderme da fruta muda substancialmente à medida que se aproxima da maturidade (GARCIA-BENITEZ; MELGAREJO; DE CAL, 2017). A textura é um dos parâmetros de qualidade de frutas frescas e o morango é caracterizado pela perda rápida da sua firmeza em poucos dias após o amadurecimento. Nesse processo, ocorre a despolimerização gradual dos glucanos da matriz nas paredes das células e a dissolução da lamela média das células do parênquima cortical (POSÉ *et al.*, 2011). Essas alterações fisiológica e metabólica afetam a composição nutricional e causam um declínio nos mecanismos de resistência, por isso, o amadurecimento é considerado fator crítico na suscetibilidade das frutas aos patógenos pós-colheita (PRUSKY; WILSON, 2018).

Uma infecção bem sucedida pode ser dependente do nível do inóculo disponível (BARKAI-GOLAN, 2001). Durante o armazenamento a frio, as infecções antes quiescentes tornam-se sintomáticas e a doença pode alcançar outras frutas adjacentes. Além disso, a esporulação pode ocorrer em frutas deterioradas, levando a produção de inóculo secundário que podem infectar frutas sadias ainda no armazenamento. O tecido infectado de frutas em decomposição também pode permanecer aderido aos recipientes, tornando-se uma fonte de inóculo em casas de embalagem (BERNAT, 2017). Assim, pode-se evitar a infecção inicial através do manuseio adequado e da redução da quantidade de inóculo disponível (ECKERT, 1967; LAFARGA *et al.*, 2019).

Para reduzir a quantidade de inóculo nos ambientes de armazenamento e o risco de contaminação da produção, medidas profiláticas devem ser aplicadas, como limpeza e desinfestação de todas as instalações e setores de manuseio, bem como todos os equipamentos, máquinas, utensílios, ferramentas e recipientes. Todas as superfícies que entrem em contato

com os hortifrutícolas durante todos os estádios de produção devem ser regularmente limpas e sanitizadas (LAI *et al.*, 2017).

A temperatura e a duração da umidade foram relatadas como os dois fatores abióticos mais importantes que influenciam a germinação e esporulação de conídios, infecção de frutas e no desenvolvimento de podridões (BERNAT, 2017). Sabe-se que cada fungo apresenta uma temperatura ótima de crescimento, frequentemente entre 23 e 33 °C e uma faixa restritiva entre 3 e 12 °C que podem influenciar quaisquer um desses processos (DISKIN *et al.*, 2017). Fungos causadores de podridão pós-colheita geralmente crescem na faixa de 20-25 °C, com um máximo entre 27 e 32 °C dependendo da espécie de fungo envolvida (SARDELLA; GATT; VALDRAMIDIS, 2018).

Para *L. theobromae* a temperatura de 30 °C, e alta umidade relativa, são as condições favoráveis à infecção pelo patógeno (MAFTOONAZAD *et al.*, 2007; VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004). A alta umidade relativa favorece o crescimento de fungos, contudo, pode desidratar os produtos frescos se for muito baixa. Por isso, este é um parâmetro relevante durante o armazenamento refrigerado dos produtos frescos (FELIZIANI; ROMANAZZI, 2016).

Não existem estudos relacionados aos fatores epidemiológicos que levam a ocorrência da podridão pós-colheita por *L. theobromae* em morango, a fim de identificar as condições ideais para o desenvolvimento do fungo e dos sintomas após a colheita tendo em vista que é uma etapa fundamental para estabelecer estratégias de manejo.

### **Manejo de podridões pós-colheita com fosfitos**

O morangueiro é uma cultura que exige manuseio cuidadoso e o estabelecimento rigoroso de práticas adequadas de manejo pós-colheita, a fim de manter a qualidade do produto final após a colheita. O manejo da temperatura durante o armazenamento é o fator mais importante para assegurar a qualidade e a vida útil do morango (CANTILLANO *et al.*, 2008; FELIZIANI; ROMANAZZI, 2016; PICHA, 2006; RAHMAN *et al.*, 2016). Os morangos requerem uma remoção rápida do calor do campo e armazenamento em baixas temperaturas (0 a 1° C), pois quanto mais rápido o resfriamento do produto colhido, menor a porcentagem de frutas apodrecidas no armazenamento. Além disso, a manutenção dessa cadeia de frio durante o transporte e distribuição é outro fator chave, uma vez que qualquer interrupção da cadeia de frio pode permitir o desenvolvimento de uma infecção patogênica que estava inativa (FELIZIANI; ROMANAZZI, 2016). Isso é um problema principalmente nos países em

desenvolvimento devido à falta de instalações de armazenamento bem equipadas (JEONG; JEONG, 2018).

Com o uso de boas técnicas pós-colheita e a cultivar apropriada, os morangos têm uma vida de prateleira de sete a 10 dias. Para isso, os cuidados no manuseio do produto, a embalagem adequada, a temperatura e a umidade relativa pós-colheita são essenciais (CANTILLANO *et al.*, 2008; PICHA, 2006).

O uso de defensivos agrícolas ainda no campo têm sido a principal medida de controle para prevenir doenças pós-colheita na cultura do morangueiro. Em algumas situações e em certas regiões do Brasil, se gasta em torno de 30 a 40 aplicações de fungicidas, perfazendo um total de 35 kg a 45 kg do produto comercial por hectare (UENO; COSTA, 2016; ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Atualmente, apenas três grupos de fungicidas são registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle do mofo cinzento, uma das principais doenças do morango no Brasil: dicarboxamidas, benzimidazol (MBC) e anilino pirimidina (BRASIL, 2019; WANG; SHI; WANG, 2018). A dependência do uso desses produtos podem colocar em risco a saúde do consumidor, desequilíbrio ao meio ambiente, redução da população de inimigo naturais de pragas, de insetos polinizadores e de microrganismos benéficos do rizoplane e do filoplane. Além disso, o uso contínuo tem favorecido o desenvolvimento de isolados resistentes a fungicidas (LOPES *et al.*, 2017).

Dessa forma, o desenvolvimento de abordagens alternativas para o controle de fungos pós-colheita em escala comercial tornou-se um desafio para fitopatologistas nos últimos anos (SIDDIQUE; HARDY; BAYLISS, 2017). O uso de tecnologias pós-colheita adequadas é essencial para reduzir as doenças pós-colheita, os efeitos adversos das condições de estresse e da taxa de processo de envelhecimento, bem como manter a qualidade nutricional e aumentar o tempo de armazenamento dos morangos (ASGHARI; HASANLOOE, 2016). A fim de estender a vida de prateleira, através da redução da taxa metabólica do controle da podridão de frutas e frutos, o armazenamento refrigerado é a principal ferramenta que tem se mostrado eficaz (ALMEIDA *et al.*, 2015). No entanto, diversas outras técnicas como embalagem em atmosfera controlada, controle biológico, irradiação, entre outras, são amplamente praticadas e o tratamento com sais, como exemplo, os fosfitos, têm ganhado atenção (MARAEI; ELSAWY, 2017; SINGH, 2018; SINGH; YADAV; VERMA, 2017).

Os fosfitos (Phi) são sais inorgânicos derivados do ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) com uma mistura de hidróxido de potássio (KOH) que apresentam baixa toxicidade (DELIOPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010; LOBATO *et al.*, 2010; PALOU *et al.*, 2016). Diferentemente do fosfato (Pi), não existe comprovação de que os fosfitos possam substituí-los no fornecimento

de fósforo para auxiliar no crescimento das plantas, pois a conversão de fosfito a fosfato no solo é muito lenta (MCDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001). No entanto, podem ser utilizados como complemento, fornecendo uma fonte potencialmente econômica de fósforo para as plantas. Inclusive os produtos que contêm Phi são fertilizantes de modo que após a neutralização de pH existem cátions utilizados como nutrientes de plantas, dentre eles  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  ou  $Zn^{2+}$  (ACHARY *et al.*, 2017; BONETI; KATSURAYAMA, 2011; THAO; YAMAKAWA, 2009).

O Phi é absorvido pelos mesmos transportadores do Pi, é móvel tanto no floema como no xilema e sugere-se que é detectado pelas plantas como Pi (MCDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001). Embora sejam semelhantes estruturalmente, a simples ausência de um átomo de oxigênio em Phi altera de forma significativa suas propriedades químicas. Os sais de Phi são geralmente mais solúveis e reagem menos com os componentes do solo, tornando-o mais facilmente disponível para as raízes das plantas que o Pi. Assim, Phi parece ser um substituto para o Pi nos cultivos agrícolas (ACHARY *et al.*, 2017).

Na década de 70, esses produtos começaram a ganhar destaque, ao demonstrar que, a reação com o etanol para formar o etilfosfonato, suprimiam efetivamente várias doenças de plantas causadas por patógenos habitante do solo, principalmente oomicetos (MCDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001). Em 1980, o primeiro produto contendo Phi foi produzido pela combinação com íons de alumínio, resultando no fosetyl-Al, que após a hidrólise do etilfosfonato presente na molécula, libera o Phi que irá proteger a planta, sendo capaz de translocar via floema e via xilema (COOK; LANDSCHOOT; SCHLOSSBERG, 2009; GUEST; GRANT, 1991).

Atualmente, várias formulações de Phi contendo macro e micronutrientes estão sendo comercializadas no Brasil para uso em diversas culturas (ACHARY *et al.*, 2017; BONETI; KATSURAYAMA, 2011; THAO; YAMAKAWA, 2009), como exemplo, fosfito de cálcio (PhiCa) e fosfito de potássio (PhiK). Muitos relatos mostram o emprego desses produtos para controle de doenças de diversas frutíferas como videira, cafeeiro (*Coffea* sp.), morangueiro, mamoeiro, macieira, pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsh.), cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), citrus e em florestais como eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) e pinheiro (*Pinus pinea* L.) (ARAÚJO; VALDEBENITO-SANHUEZA; STADNIK, 2010; BONETI; KATSURAYAMA, 2005; BLUM *et al.*, 2007; BRACKMANN *et al.*, 2004; CERIONI *et al.*, 2013; DIANESE *et al.*, 2009; LOPES *et al.*, 2017; MOREIRA; MAY-DE MIO, 2009; NOJOSA *et al.*, 2009; REBOLAR-ALVITER; MADDEN; ELLIS, 2007; ROLANDO *et al.*, 2017; SCOTT *et al.*, 2013; YOGEV *et al.*, 2006).

A eficiência dos Phi tem sido demonstrada principalmente para controle de oomicetos, como espécies de *Phytophthora*, *Pythium* e *Plasmopora*. No entanto, existem também relatos de redução da severidade de doenças causadas por fungos como *C. gloeosporioides*, *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter e *Monilinia fructicola* (Wint.) Honey (ARAÚJO; VALDEBENITO-SANHUEZA; STADNIK, 2010; BONETI; KATSURAYAMA, 2005; MOREIRA; MAY-DE MIO, 2009; OGOSHI *et al.*, 2013).

Em relação aos mecanismos de ação, os Phi podem apresentar efeito inibitório direto contra patógenos, através de danos na membrana, distorção da hifa e lise das paredes celulares, e também já demonstrou regulação negativa de genes que codificam proteínas envolvidas na biossíntese de componentes responsáveis pelo funcionamento do citoesqueleto de *Phytophthora cinnamomi* Rands (KING *et al.*, 2010). Tais alterações comprometem a morfologia, a fisiologia e a esporulação do fungo, interferindo no processo de parasitismo (KING *et al.*, 2010). Um estudo de Lopes *et al.* (2017), verificou que a maioria dos tratamentos com Phi apresentou efeito sobre o crescimento de *C. gloeosporioides in vitro*, especialmente na redução do crescimento micelial e na produção de conídios, indicando uma ação direta no patógeno.

Muitos relatos demonstram também a atuação indireta, ao estimular resposta de defesa natural da planta contra ataques de patógenos. PhiK em macieira, induziu SAR (Resistance Systemic Acquired) e controlou a requeima causada por *Erwinia amylovora* (Burril) Winslow *et al.* (AĆIMOVIĆ *et al.*, 2015). Burra *et al.* (2014), Lim *et al.* (2013) e Olivieri *et al.* (2012), verificaram que o Phi induziu modificações moleculares no periderma e no córtex do tubérculo de batata (*Solanum tuberosum* L.), bem como dados proteômicos e microscopia sugeriram o desencadeamento de uma resposta de hipersensibilidade responsável pela resistência induzida da batata contra *Phytophthora infestans* L. O Phi induziu respostas de defesa pelo aumento da expressão de genes de defesa e estímulo das vias de sinalização da auxina em *Arabidopsis thaliana* L. infectada com *Phytophthora cinnamomi* L. (ESHRAGUI *et al.*, 2011; ESHRAGUI *et al.*, 2014).

Um outro efeito benéfico é a capacidade de Phi controlar plantas daninhas (ACHARY *et al.*, 2017). Além disso, existem relatos de que Phi pode ser usado como bioestimulante, melhorando o rendimento e a qualidade de várias culturas importantes e induzindo melhor desempenho de plantas expostas a fatores de estresse abióticos (TREJO-TÉLLEZ; GÓMEZ-MERINO, 2018). Achary *et al.* (2017) e Rossal *et al.* (2016) demonstraram efeitos benéficos no tamanho, intensidade floral, rendimento, acúmulo de antocianinas e sólidos solúveis totais em citrus e abacate (*Persea americana* Mill.) bem como aumento consistente do crescimento e



desenvolvimento das raízes de trigo (*Triticum sativum* L.), colza (*Brassica napus* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* L.) após aplicação de PhiK.

O Phi é uma boa alternativa também para incluir no manejo integrado de doenças pós-colheita devido a sua atividade antimicrobiana, baixa fitotoxidez e toxicidade ao ambiente e a mamíferos, e menor custo de obtenção do produto (DELIOPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010; LAI *et al.*, 2017; LOBATO *et al.*, 2010; REBOLAR-ALVITER; MADDEN; ELLIS, 2007).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency, EPA*) considera Phi como fertilizante e produto GRAS (Generally Recognized As Safe), e na Europa, como aditivos alimentares pela Autoridade Européia de Segurança Alimentar (EFSA), sendo isentos de tolerância a resíduos nas commodities agrícolas. Isso é fundamental já que no tratamento pós-colheita as substâncias estarão em contato com os produtos frescos (PALOU *et al.*, 2016). Em geral, esses produtos químicos alternativos podem ser aplicados a frutas frescas após a colheita como soluções aquosas, vapores ou tratamentos de revestimento (PALOU *et al.*, 2016).

O cálcio (Ca) é um elemento usado em diversas formulações para tratamento pós-colheita de frutas, por ser capaz de manter a qualidade na colheita e no armazenamento, prevenir a deterioração da fruta e enriquecer o valor nutricional do produto (VALERO; SERRANO, 2010). O Ca pode induzir resistência a doenças pós-colheita por atrasar a deterioração do produto através do reforço dos tecidos da parede celular e manutenção da permeabilidade e integridade seletiva à membrana (CICARESE *et al.*, 2013; TALIBI *et al.*, 2014). Ortiz, Graell e Lara (2011) relataram que as aplicações com Ca em maçãs preservaram a firmeza das frutas e a perda desse nutriente da lamela média provocou o amolecimento das mesmas. Bagas de uva inoculadas com *Aspergillus niger* 12h após tratamento com fosfitos de cálcio apresentaram menor tamanho médio da lesão (DAMBROS *et al.*, 2016). Ensaio realizado na Califórnia com fosfito de cálcio também apresentaram controle satisfatório em variedade de Citrus e efeito sinérgico com utilização do calor, fungicidas convencionais, e outras substâncias consideradas GRAS como carbonato de sódio, sorbato de potássio e bicarbonato de sódio na redução da podridão verde causada por *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc. (CERIONI *et al.*, 2013).

O potássio é outro nutriente que desempenha um papel importante na qualidade de frutas pós-colheita, como a cor e tamanho, além de atuar em processos enzimáticos e na preservação da integridade celular, contribuindo para a formação de frutas com resistência a podridões (BARMAN; AHMAD; SIDDIQUI, 2015; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O PhiK, em estudos de Lai *et al.* (2017), foi eficiente em atrasar o desenvolvimento de *Penicillium expansum* Link em maçãs e reduzir a produção de patulina, micotoxina produzida pelo fungo com efeito mutagênico e carcinogênico em humanos. Os autores sugerem que os primeiros passos da rota sintética de patulina ao nível transcricional pode ter sido afetada. Alexandre *et al.* (2014) testando diferentes formulações de Phi (Ca, K, Mg, Zn e Cu), evidenciou que o PhiK foi o sal mais eficiente contra a antracnose em jilós (*Solanum gilo* Radd.) armazenados nas temperaturas de 13 e 24 °C, sugerindo uma alternativa potencial para ser utilizada no manejo da doença. A redução da severidade de *L. theobromae* em mamões foi obtida pelo tratamento com Phi, porém com maior eficiência quando combinados com atmosfera modificada (AMARAL *et al.*, 2017). Em manga, o PhiK não apresentou resultado satisfatório para controle de *L. theobromae*, *Fusicoccum aesculi* Corda, e *C.gloeosporioides* (MOURA *et al.*, 2012).

Diante desse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar os fatores epidemiológicos que influenciam a severidade da podridão causada por *L. theobromae* e a eficiência dos PhiCa e PhiK no manejo da doença e na qualidade físico-química do morango em pós-colheita.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDOLLAHZADEH, J.; JAVADI, A.; GOLTAPPEH, E. M.; ZARE, R.; PHILLIPS, A. J. L. Phylogeny and morphology of four new species of *Lasiodiplodia* from Iran. **Persoonia**, Leiden, v. 25, p. 1-10, 2010.
- AĆIMOVIĆ, S. G.; ZENG, Q.; MCGHEE, G. C.; SUNDIN, G. W.; WISE, J. C. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. **Frontiers in Plant Science**, Melbourne, v. 6, n. 16, p. 1-10, 2015.
- ACHARY, V. M. M.; RAM, B. MANNA, M.; DATTA, D.; BHATT, A.; REDDY, M. K.; AGRAWAL, P. K. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 15, n. 12, p. 1493-1508, 2017.
- ALMEIDA, M. L. B.; MOURA, C. F. H.; INNECCO, R.; SANTOS, A. MIRANDA, F. R. Postharvest shelf-life and fruit quality of strawberry grown in different cropping systems. **African Journal of Agriculture Research**, India, v. 10, n. 43, p. 4053-4061, 2015.
- ALVES, A., CROUS, P.W., CORREIA, A.; PHILLIPS, A.J.L. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 28, n. 1, p. 1-13, 2008.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. 820 p.
- ALEXANDRE, E. R.; HERCULANO, L. M.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA, S. M. A. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 930-938, 2014.
- AMARAL, D. D.; MONTEIRO, A. L. R.; SILVA, E. I.; LINS, S. R. O.; OLIVEIRA, S. M. A. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in papaya. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 786-793, 2017.
- ANDRIOLO, J. L. JANISCH, D. I.; DAL PICIO, M.; SCHMITT, O. J.; LERNER, M. A. Nitrogen accumulation and monitoring by strawberry stock plants for runner tips production. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 273-279, 2014.
- ANTUNES, L.E.C; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 52 p.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, Philadelphia, v. 13, p. 156-161, 2013.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. **Frutticoltura**: Bologna, v. 69, p. 60-65, 2007.

ANTUNES, L.E.C; RISTOW, N.C; KROLOW, A.C.R; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 222-226, 2010.

ARAÚJO, L.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; STADNIK, M. J. Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e no controle pós-infeccional da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 54-59, 2010.

ASGHARI, M.; HASANLOOE, A. R. Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and Total Antioxidant content in harvested “Sabrosa” strawberry fruit. **Food Science and Nutrition**, London, v. 4, n. 3, p. 377-383, 2016.

AYOUBI, N.; SOLEIMANI, M. J. Strawberry Fruit Rot Caused by *Neopestalotiopsis iranensis* sp. nov., and *N. mesopotamica*. **Current Microbiology**, New York, v. 72, n. 3, p. 329-336. 2016.

BANAEIAN, N.; OMID, M.; AHMADI, H. Application of data envelopment analysis to evaluate efficiency of commercial greenhouse strawberry. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, Taiwan, v. 3, n. 3, p. 185-193, 2011.

BARKAI-GOLAN, R. **Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 418 p.

BARMAN, K.; AHMAD, M. S.; SIDDIQUI, M. W. Factors affecting the quality of fruits and vegetables: recent understandings. In: SIDDIQUI, M. W. (Ed.) **Postharvest biology and technology of horticultural crops: principles and practices for quality maintenance**. Boca Raton: CRC Press, 2015. v. 1, p. 2-44.

BAUTISTA-BAÑOS, S. **Postharvest decay - control strategies**. London: Academic Press, 2014. 384 p.

BERNAT, M.; SEGARRA, J.; XU, X. M.; CASALS, C.; USALL, J. Influence of temperature on decay, mycelium development and sporodochia production caused by *Monilinia fructicola* and *M. laxa* on stone fruits. **Food Microbiology**, London, v. 64, p. 112-118, 2017.

BHAT, R.; GEPPERT, J.; FUNKEN, E.; STAMMINGER, R. Consumers Perceptions and Preference for Strawberries-A Case Study from Germany. **International Journal of Fruit Science**, Philadelphia, v. 15, n. 4, p. 405-424, 2015.

BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T.; DEZANET, A.; LIMA, E. B.; NETO, P. H.; ÁVILA, R. D.; SIEGA, V. Fosfitos aplicados em pós-colheita reduzem o mofo-azul em maçãs ‘fuji’ e ‘gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 265-268, 2007.

BONARSKA-KUJAWA, D.; SARAPUK, J.; BIELECKI, K.; OSZMIAŃSKI, J.; KLESZCZYŃSKA, H. Antioxidant activity of extracts from apple, chokeberry and strawberry. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Olsztyn, v. 62, n. 4, p. 229-234, 2012.

BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Uso dos fosfitos e compostos naturais no controle das doenças da macieira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 12., 2011, Fraiburgo, SC. **Anais[...]**. Caçador: Epagri, 2011. p. 54-66. (Resumos).

BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Viabilidade do uso de fosfitos no controle da sarna-da-macieira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, p. 51-54, 2005.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I. STEFFENS, C. A. Fosfitos para o controle de podridões pós-colheita em maçãs ‘Fuji’ durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1039-1042, 2004.

BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; ANESE, R. O.; MACHADO, E. P.; LUDWIG, V.; SCHULTZ, E. E. Relative humidity and its interaction with the wounds on decay incidence and ripening of ‘galaxy’ apples during cold storage. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 4, p. 857-862, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 2 jan. 2019.

BURRA, D. D.; BERKOWITZ, O.; HEDLEY, P.; MORRIS, J.; RESJO, S.; LEVANDER, F.; LILJEROTH, E.; ANDREASSON, E.; ALEXANDERSSON, E. Phosphite-induced changes of the transcriptome and secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against 334 *Phytophthora infestans*. **BMC Plant Biology**, London, v. 14, n. 254, p. 2-17, 2014.

CANTILLANO, R. F. C. CASTAÑEDA, L. M. F.; TREPTOW, R. O.; SCHUNEMANN, A. P. P. **Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 75).

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; BEZERRA, M. A.; SOUSA, T. R. M.; CYSNE, A. Q.; FARIAS, F. C. **Transmissão de *Lasiodiplodia theobromae*, Agente da resinose em propágulos de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 1. ed., 2009. 21 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 34).

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. **Doenças causadas por fungos da família Botryosphaeriaceae em cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018, 17 p. (Circular técnica, 47).

CERIONI, L.; SEPULVEDA, M.; RUBIO-AMES, Z.; VOLENTINI, S. I.; RODRÍGUEZ MONTELONGO, L.; SMILANICK, J. L.; RAMALLO, J.; RAPISARDA, V. A. Control of lemon postharvest diseases by low-toxicity salts combined with hydrogen peroxide and heat. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 83, p. 17-21, 2013.

CHANDRA, S.; PRASAD, R.; HARSH, N. S. K.; AHUJA, R.; KHATRI, S. Bark canker and die-back of *Dalbergia sissoo* in Haryana and Punjab caused by *Lasiodiplodia theobromae*. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 140, n. 1, p. 76-79, 2014.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CICARESE, A.; STELLACCI, A.M.; GENTILESCO, G.; RUBINO, P. Effectiveness of pre-356 and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality 357 during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 75, p. 135-141, 2013.
- CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.
- CONTIGIANI, E. V.; JARAMILLO-SÁNCHEZ, G.; CASTRO, M. A. GÓMEZ, P. L. ALZAMORA, S. M. Postharvest Quality of Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albion) as Affected by Ozone Washing: Fungal Spoilage, Mechanical Properties, and Structure. **Food and Bioprocess Technology**, Switzerland, v. 11, n. 9, p. 1639-1650, 2018.
- COSTA, A. F.; TEODORO, P. E.; BHERING, L. L.; LEAL, N. R.; TARDIN, F. D.; DAHER, R. F. Biplot analysis of strawberry genotypes recommended for the State of Espírito Santo. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, p. 1-9, n. 3, 2016.
- COSTA, F. B. **Fisiologia e conservação de cultivares de morangos inteiros e minimamente processados**. 2009, 115 f. Tese (Doutorado em Fisiologia vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- COELHO JUNIOR, J. M.; MOTA FILHO, F. O.; NÓBREGA, R. S.; PEREIRA, E. C.; RESENDE, J. T. V. Zoning of climate fitness of strawberry crops in Pernambuco State – Brazil. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 3, 2016.
- COOK, P. J.; LANDSCHOOT, P. J.; SCHLOSSBERG, M. J. Inhibition of Pythium spp. and Suppression of Pythium Blight of Turfgrasses with Phosphonate Fungicides. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 93, n. 8, p. 809-814, 2009.
- CORREIA, K. C.; SILVA, M. A.; MORAIS JR, M. A.; ARMENGOL, J.; PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S.; MICHEREFF, S. J. Phylogeny, distribution and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with dieback of table grape in the main Brazilian exporting region. **Plant Pathology**, Oxford, v. 65, n. 1, p. 92-103, 2016.
- COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Manejo integrado das doenças do morangueiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2003. p.131-164.
- COUTINHO, I. B. L.; FREIRE, F. C. O.; LIMA, C. S.; LIMA, J. S.; GONÇALVES, F. J. T.; MACHADO, A. R.; SILVA, A. M. S.; CARDOSO, J. E. Diversity of genus *Lasiodiplodia* associated with perennial tropical fruit plants in northeastern Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 90-104, 2017.
- DAMBROS, D., MONTEIRO, A. L. R., MELO, A. P., LINS, S. R. O., OLIVEIRA, S. M. A. Caracterização epidemiológica e fosfitos no manejo da podridão por *Aspergillus niger* em uva de mesa. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 11, n. 3, p. 171-177, 2016.

- DARGE, W. A. First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing needle blight and stem canker diseases on *Araucaria heterophylla* in Ethiopia. **Journal of Horticultural Research**, Germany, v. 25, n. 2, p. 15-18, 2017.
- DARROW, G. M. **The strawberry**: history, breeding and physiology. 1. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1966. v. 1, 447 p.
- DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, Guildford, v. 29, n. 10, p. 1059-1075, 2010.
- DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. B.; LOPES, L. F. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n. 8, p. 2309-2314, 2009.
- DIEL, M. I.; PINHEIRO, M. V. M.; COCCO, C.; CARON, B. O.; FONTANA, D. C.; MEIRA, D.; THIESEN, L. A. SCHMIDT, D. Yield and quality performance of Italian and american strawberry genotypes in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Ottawa, v. 10, n. 2, 2018.
- DISKIN, S.; FEYGENBERG, O.; MAURER, D.; DROBY, D.; PRUSKY, D.; ALKAN, N. Microbiome alterations are correlated with occurrence of postharvest stem-end rot in mango fruit. **Phytobiomes**, Saint Paul, v. 1, n. 3, p. 117-127, 2017.
- DOVING, A.; MAGE, F.; VESTRHEIM, S. Methods for testing strawberry fruit firmness: a review. **Journal Small Fruits Review**, Binghamton, v. 4, n. 2, p. 11-34, 2005.
- ECKERT, J. W. Application and use of postharvest fungicides. In: TORGESON, D. C. **Fungicides**. Agricultural and Industrial Applications Environmental Interactions. 1. ed. New York: Academic Press, 1967. p. 288-361.
- ESHRAGHI, L.; ANDERSON, J.; ARYAMANESH, N.; SHEARER, B.; MCCOMB, J.; HARDY, G. E. ST J.; O'BRIEN, P. A. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 60, n. 6, p. 1086-1095, 2011.
- ESHRAGHI, L.; ANDERSON, J. P.; ARYAMANESH, N.; MCCOMB, J.; SHEARER, B.; HARDY, G. E. ST J. Suppression of the auxin response pathway enhances susceptibility to *Phytophthora cinnamomi* while phosphite-mediated resistance stimulates the auxin signalling pathway. **BMC Plant Biology**, London, v. 14, n. 68, p.1-15, 2014.
- FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMITZ, J. D. BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p.109-120, 2011.
- FAEDI, W.; BARUZZI, G. Strawberry breeding. In: HUSAINI, A.M., NERI, D. (Eds). **Strawberry: Growth, Development and Diseases**. 1. ed. Boston: Cab International, 2016. v. 1, p. 25-40.

FAGHERAZZI, A. F. **Avaliação de cultivares de morangueiro no Planalto Sul Catarinense**. 2013, 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Databases**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

FELIZIANI, E.; ROMANAZZI, G. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. **Journal of Berry Research**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 47-63, 2016.

FREIRE JUNIOR, M.; SOARES, A. G. **Orientações quanto ao manuseio pré e pós-colheita de frutas e hortaliças visando à redução de suas perdas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de alimentos, 2014. 5 p. (Comunicado técnico, 205).

GALVÃO, A.G; RESENDE, L.V.; MALUF, W.R.; RESENDE, J.T.V.; FERRAZ, A.K.L.; MARODIN, J.C. Breeding new improved clones for strawberry production in Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 149-155, 2017.

GARCIA-BENITEZ, C.; MELGAREJO, P.; DE CAL, A. Fruit maturity and post-harvest environmental conditions influence the pre-penetration stages of *Monilinia* infections in peaches. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 241, p. 117-122, 2017.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; QUILES, J. L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, Burbank, v. 28, n. 1, p. 9-19, 2012.

GIUGGIOLI, N.; R. BRIANO, R.; ALVARIZA, P.; PEANO, C. Preliminary evaluation of day-neutral strawberry cultivars cultivated in Italy using a qualitative integrated approach. **Horticulturae Science**, Prague, v. 45, n. 1, p. 29-36, 2018.

GRAMAJE, D.; ÚRBEZ-TORRES, J. R.; SOSNOWSKI, M. R. Managing Grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: current strategies and future prospects. **Plant disease**, Saint Paul, v. 102, n. 1, p. 12-39, 2018.

GUEST, D.; GRANT, B. The Complex Action of Phosphonates as Antifungal Agents. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 66, n. 2, p. 159-187, 1991.

GUIMARÃES, A. G.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. AZEVEDO, A. M. GUEDES, T. J. PINTO, N. A.V. D. Quality of strawberry grown in brazilian tropical humid conditions for breeding programs. **Fruits**, Paris, v. 71, n. 3, p. 151-160, 2016.

HAKIMI, S. S.; SREENIVAS, K. N.; SHANKARAPPA, T. H.; KRISHNA, H. C.; SADANANDA, G. K. Effect of Sulphur Dioxide Pads on Enhancement of Shelf Life of Strawberry (*Fragaria ananassa*) under Ambient Condition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, India, v. 6, n. 7, p. 2371-2377, 2017.



- HASAN, S. M. Z; AL-MADHAGI, I.; AHMAD, A.; YUSOFF, W. A. B. Effect of photoperiod on propagation of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). **Journal of Horticulture and Forestry**, Gillingham, v. 3, n.8, p. 259-263, 2011.
- HERNANDEZ-MUNOZ, P.; ALMENAR, E.; OCIO, M. J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 247-253, 2006.
- HUMMER, K. E.; HANCOCK, J. Strawberry Genomics: Botanical History, Cultivation, Traditional Breeding, and New Technologies. In: FOLTA, K.M.; GARDINER, S.E. (Eds.) **Genetics and genomics of rosaceae**. Plant genetics and genomics: crops and models, 1.ed. New York: Springer, 2009. v. 6, p. 413-435.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/>>. Acesso em: 20 jan. 2019
- JAMI, F.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J.; GRYZENHOUT, M. Greater Botryosphaeriaceae diversity in healthy than associated diseased *Acacia karroo* tree tissues. **Australasian Plant Pathology**, Canberra, v. 42, n. 4, p. 421-430, 2013.
- JEONG, M. A.; JEONG, R. D. Applications of ionizing radiation for the control of postharvest diseases in fresh produce: recent advances. **Plant Pathology**, Oxford, v. 67, n. 1, p. 18-29, 2018.
- KADER, A. A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: DALE, A.; LUBY J. J. (Eds). **The Strawberry into the 21st**. Portland: Timber Press, 1991. v. 1, p. 141-152.
- KAFKAS, E.; KOSAR, M.; PAYDAS, S.; KAFKAS, S.; BASER, K. H. C. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 3, p. 1229-1236, 2007.
- KING, M.; REEVE, W.; VAN DER HOEK, M. B.; WILLIAMS, N.; MCCOMB, J. O'BRIEN, P. A.; HARDY, G. E. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. **Molecular Genetics and Genomics**, Berlin, v. 284, n. 6, p. 425-435, 2010.
- KUYU, C. G.; TOLA, Y. B. Assessment of banana fruit handling practices and associated fungal pathogens in Jimma town market, southwest Ethiopia. **Food Science and Nutrition**, Malden, v. 6, n. 3, p. 609-616, 2018.
- LAFARGA, T.; COLÁS-MEDÁ, P.; ABADÍAS, M.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; BOBO, G.; VIÑAS, I. Strategies to reduce microbial risk and improve quality of fresh and processed strawberries: A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 52, p. 197–212, 2019.
- LAI, T.; WANG, Y.; FAN, Y.; ZHOU, Y.; BAO, Y.; ZHOU, T. The response of growth and patulin production of postharvest pathogen *Penicillium expansum* to exogenous potassium

- phosphite treatment. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 244, p. 1-10, 2017.
- LI, H. LI, T.; GORDON, R. J.; ASIUEDUA, S. K.; HU, K. Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 68, n. 2, p. 165-174, 2010.
- LIM, S.; BORZA, T.; PETERS, R. D.; COFFIN, R. H.; AL-MUGHRABI, K. I.; PINTO, D. M.; WAN-PRUSKIA, G. Proteomics analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. **Journal of Proteomics**, Amsterdam, v. 93, p. 207-223, 2013.
- LOBATO, M. C.; OLIVIERI, F. P.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. **Journal of Plant Disease and Protection**, Ulmer, v. 117, n. 3, p. 102-109, 2010.
- LOMBARD, A.; SIVAKUMAR, D.; VERMULEN, H.; KORSTEN, L.; ROLLE, R. **Horticultural chain management for East and Southern Africa: a training package practical manual**. London: Fao and Commonwealth Secretariat, 2008. 24 p.
- LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L. CAPOBIANGO, N. P.; GRACIA, N. A. O.; FREITAS-LOPES, R. L. Resistance of *Botrytis cinerea* to fungicides controlling gray mold on strawberry in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 2, p. 266-272, 2017.
- LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L.; LOPES, U. N.; PEREIRA, O. L.; COSTA, H. First report of *Pilidium concavum* causing tan-brown rot in strawberry fruits in Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 59, n. 6, p. 1171, 2010.
- LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L.; PINHO, D. B.; BARROS, A. V.; COSTA, H.; PEREIRA, O. L. Postharvest rot and mummification of strawberry fruits caused by *Neofusicoccum parvum* and *N. kwambonambiense* in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 178-183, 2014.
- LOPES, L. F.; CRUZ, A. F.; BARRETO, M. L. A.; VASCONCELOS, T. M. M.; BLUM, L. E. B. Post-harvest treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 93, n. 3, p. 1-7, 2017.
- MACIEL, C. G.; MUNIZ, M. F. B.; MEZZOMO, R.; REINIGER, L. R. S. *Lasiodiplodia theobromae* associated with seeds of *Pinus* spp. originated from the northwest of Rio Grande do Sul, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 639-646, 2015.
- MADAIL, J. C. M. Panorama econômico. In: ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (Eds.) **Morangueiro**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. v. 1, p. 15-34.
- MAFTOONAZAD, N.; RAMASWAMY, H. S.; MOALEMIYAN, M.; KUSHALAPPA, A. C. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 68, n. 2, p. 341-349, 2007.

- MAGWAZA, L. S.; OPARA, U. L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products - a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 184, n. 5 p. 179-192, 2015.
- MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. 'Camarosa'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2006.
- MALIK, M. T.; TARIQ, T.; KHAN, A. H.; ULLAH, H.; IMRAN, M.; IQBAL, J.; ZAINA, A. Outbreak of anthracnose and stem end rot diseases of mango in changing climate and their management through hot water treatment. **Pakistan Journal of Phytopathology**, Pakistan, v. 30, n. 1, p. 91-98, 2018.
- MARAEI, R. W.; ELSAWY, K. M. Chemical quality and nutrient composition of strawberry fruits treated by g-irradiation. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, Cairo, v.10, n. 1, p. 80-87, 2017.
- MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; MORAIS JUNIOR, M. A.; BARBOSA, M. A. G.; SOUZA, B. O.; MICHEREFF, S. J.; PHILLIPS, A. J. L.; CAMARA, M. P. S. Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 61, p.181-193, 2013.
- MARTÍNEZ, F.; OLIVEIRA, J. A.; CALVETE, E.O.; PALENCIA, P. Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 217, p. 17-27, 2017.
- MASS, J. L. Strawberry Disease Management. In: NAQVI, S. A. M. H. (Ed.) **Diseases of Fruits and Vegetables**. Diagnosis and Management. Dordrecht: Kluwer Academic, 2004. v. 2, p. 441-483.
- MCDONALD, A. E.; GRANT, B. R.; PLAXTON, W. C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of plant nutrition**, New York, v. 24, n. 10, p. 1505-1519, 2001.
- MELO, J. G. M. **Análise molecular e proteômica de *Lasiodiplodia theobromae* associado a fruteiras tropicais**. 2014. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- MICHAILIDES, T. J.; MORGAN, D. P.; LUO, Y. Epidemiological assessments and postharvest disease incidence. In: PRUSKY, D.; GULLINO, M. L. (Eds.) **Postharvest pathology. Plant Pathology in the 21st Century**. Dordrecht: Springer Science+Business, 2010. v. 2, p. 69-88.
- MOREIRA, L. M.; MAY-DE MIO, L. L. Controle da podridão parda do pessegueiro com fungicidas e fosfitos avaliados em pré e pós-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 405-411, 2009.

- MORRIS, J. R.; SISTRUNK, W. A. The strawberry. ESKIN, N.A.M. (Ed.) In: **Quality and preservation of fruits**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. v. 1, 220 p.
- MOURA, M. D. C. S.; PEIXOTO, A. R.; SOUZA, E. M.; MARTINS, R. S.; CAVALCANTI, L. S. Potencial de produtos bióticos e abióticos como indutores de resistência no controle de podridões pós-colheita em manga, no Submédio São Francisco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 44-49, 2012.
- NAM, M. H.; PARK, M. S.; KIM, H. S.; KIM, T. I. LEE, E. M.; PARK, J. D.; KIM, H. G. First report of dieback caused by *Lasiodiplodia theobromae* in strawberry plants in Korea. **Mycobiology**, Seoul, v. 44, n. 4, p. 319-324, 2016.
- NETTO, M. S. B.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. A.; MARQUES, M. W. LIMA, W. G.; MONTEIRO, J. H. A.; BALBINO, V. Q.; MICHEREFF, S. J. PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S. Species of *Lasiodiplodia* associated with papaya stem-end rot in Brazil. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 67, n. 1, p. 127-141, 2014.
- NJUGUNA, W.; LISTON, A.; CRONN, R; ASHMAN T. L.; BASSIL, N. Insights into phylogeny, sex function and age of *Fragaria* based on whole chloroplast genome sequencing. **Molecular phylogenetics and evolution**, San Diego, v. 66, n.1, p.17-29, 2013.
- NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L.V.; BARGUIL, B. M.; MORAES, S. R. G.; VILAS BOAS, C. H. Effect of resistance inducers on coffee against Phoma leaf spot. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.
- OBIANOM, C.; SIVAKUMAR, D. Natural plant volatiles as an alternative approach to control stem-end rot in avocado cultivars. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 166, n. 1, p. 1-9, 2018.
- OGOSHI, C; ABREU, M. S.; SILVA, B. M.; SANTOS-NETO, H.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; RESENDE, M. L.V. Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 1558-1565, 2013.
- OLIVEIRA, R. P; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.
- OLIVEIRA, S. M. A.; LINS, S. R. O.; SANTOS, A. M. G. **Avanços tecnológicos na patologia pós-colheita**. Recife: EDUFRPE, 2012. 572 p.
- OLIVIERI, F. P. .; FELDMAN, M. L.; MACHINANDIARENA, M. F.; LOBATO, M. C.; CALDIZ, D. O.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. **Crop Protection**, Guildford, v. 32, p. 1-6, 2012.
- ORTIZ, A.; GRAELL, J.; LARA, I. Preharvest calcium applications inhibit some cell wall modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 62, p. 161-167, 2011.

- PALOU, L.; ALI, A.; FALLIK, E.; ROMANAZZI, G. GRAS, plant- and animal-derived compounds as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh horticultural produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 122, p. 41-52, 2016.
- PAREDES-LÓPEZ, O.; CERVANTES-CEJA, M. L.; VIGNA-PÉREZ, M.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T. Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life--a review. **Plant foods for human nutrition**, Dordrecht, v. 65, n. 3, p. 299-308, 2010.
- PEREIRA, A. L. SILVA, G. S.; RIBEIRO, V. Q. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 572-578, 2006.
- PETRAN, A; HOOVER, E. The Flowers of *Fragaria x ananassa*: morphology, response to photoperiod, and genetics of induction. In: WARRINGTON, I. **Horticultural reviews**. 1. ed. Hoboken: John Wiley e Sons, Inc, 2018. v. 45, p. 1-27.
- PHILLIPS, A. J. L.; SLIPPERS, B.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. Plant pathogenic and endophytic *Botryosphaeriales* known from culture. **CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre**, Utrecht, v. 76, p. 1-67, 2013.
- PICHA, D. **Guide to post harvest care of strawberries in moldova**. Washington: USAID, 2006. 23 p.
- POSÉ, S.; GARCÍA-GAGO, J. A.; SANTIAGO-DOMÉNECH, N.; PLIEGO-ALFARO, F.; QUESADA, M.; MERCADO, J. Strawberry fruit softening: role of cell wall disassembly and its manipulation in transgenic plants. **Genes, Genomes and Genomics**, Rockville, v. 5, p. 40-48, 2011.
- PRUSKY, D. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. **Food Security**, Newark, v. 3, n. 4, p. 463-474, 2011.
- PRUSKY, D.; ALKAN, N.; MIYARA, I.; BARAD, S.; DAVIDZON, M.; KOBILER, I.; BROWN-HOROWITZ, S.; LICHTER, A.; SHERMAN, A.; FLUHR, R. Mechanisms modulating postharvest pathogen colonization of decaying fruits. In: PRUSKY, D.; GULLINO, M. L. (Eds.) **Postharvest pathology**. Dordrecht: Springer Science+Business, 2010. v. 2, p. 43-55.
- PRUSKY, D. B; WILSON, R. A. Does increased nutritional carbon availability in fruit and foliar hosts contribute to modulation of pathogen colonization? **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 27-32, 2018.
- PUNITHALINGAM, E. Plant diseases attributed to *Botryodiplodia theobromae*. Vaduz: J. Cramer, 1980. 123 p.
- QIN, Y.; TEIXEIRA DA SILVA, J. A.; ZHANG, L.; ZHANG, S. Transgenic strawberry: State of the art for improved traits. **Biotechnology Advances**, New York, v. 26, n. 3, p. 219-232, 2008.

- RAHMAN, M. M.; MONIRUZZAMAN, M.; AHMAD, M. R. SARKER, B. C.; ALAM, M. K. Maturity stages affect the postharvest quality and shelf-life of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riad, v. 15, n. 1, p. 28-37, 2016.
- REBOLLAR-ALVITER, A.; MADDEN, L. V. ELLIS, M. A. Pre- and post-infection activity of azoxystrobin, pyraclostrobin, mfenoxam, and phosphite against leather rot of strawberry, caused by *Phytophthora cactorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 91, n. 5, p. 559-564, 2007.
- RECAMALES, A. F.; MEDINA, J. L. HERNANZ, D. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. **Journal of Food Quality**, Watsport, v. 30, n. 5, p.837-853, 2007.
- REICHERT, L. J; MADAIL, J. C. Aspectos socioeconômicos. In: SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Eds). **Morango: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.12-15.
- REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; ALDRIGHI, M.; VIGNOLO, G. **Análise: panorama do cultivo do morangos no Brasil**. Uberlândia: Embrapa Clima Temperado, 2015. 70 p.
- RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; ARGANDOÑA, E. J. S.; MARCHESE, A.; CAMARGO, C. K. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 371-374, 2008.
- ROLANDO, C. A.; GASKIN, R. E.; GOUS, S. F.; HORGAN, D. B.; RAYMOND, L. G. The effect of formulation, dose, and adjuvants on uptake of phosphite into pine foliage. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 101, n. 9, p. 1652-1658, 2017.
- ROMANAZZI, G.; FELIZIANI, E.; SANTINI, M.; LANDI, L. Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 75, p. 24-27, 2013.
- ROSADO, A. W. C.; MACHADO A. R.; FREIRE, F. C. O. PEREIRA, O. L. Phylogeny, Identification, and Pathogenicity of *Lasiodiplodia* Associated with Postharvest Stem-End Rot of Coconut in Brazil. **Plant disease**, Saint Paul, v. 100, n. 3, p. 561-568, 2016.
- ROSSALL, S.; QING, C.; PANERI, M.; BENNETT, M.; SWARUP, R. A 'growing' role for phosphites in promoting plant growth and development. In: II WORLD CONGRESS ON THE USE OF BIOSTIMULANTS IN AGRICULTURE, 1148. 2016. Florence. **Anais[...]**. Florence: Acta Horticulturae, 2016. p. 61-68.
- SARDELLA, D; GATT, R.; VALDRAMIDIS, V. P. Modelling the growth of pear postharvest fungal isolates at different temperatures. **Food Microbiology**, London, v. 76, p. 450-456, 2018.
- SÁNCHEZ, M.T.; HABA, M. J. D. L.; BENÍTEZ-LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ-NOVALES, J.; GARRIDO-VARO, A; PÉREZ-MARÍN, D. Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 110, n. 1, p. 102-108, 2012.

SAVINI, G.; GIORGI, V.; SCARANO, E.; NERI, D. Strawberry plant relationship through the stolon. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.134, n. 3, p. 421-429, 2008.

SCOTT, P. M.; DELL, B.; SHEARER, L.; BARBER, P. A.; HARDY, G. E. S. T. J. Phosphite and nutrient applications as explorative tools to identify possible factors associated with *Eucalyptus gomphocephala* decline in South-Western Australia. **Australasian Plant Pathology**, Canberra, v. 42, n. 6, p. 701-711, 2013.

SHIN, Y.; RYU, J. A.; LIU, R. H.; NOCK, J. F.; WATKINS, C. B.; Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 49, n. 2, p. 201-209, 2008.

SIDDIQUE, S. S.; HARDY, G. E. S. T. J.; BAYLISS, K. L. Cold plasma: a potential new method to manage postharvest diseases caused by fungal plant pathogens. **Plant Pathology**, Oxford, v. 67, n. 5, p. 1011-1021, 2017.

SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. **Fungal Biology Review**, Cambridge, v. 21, n. 2-3, p. 90-106, 2007.

SINGH, B. K., YADAV, K.S., VERMA, A. Impact of postharvest diseases and their management in fruit crops: an overview. **Journal of Bio Innovation**, Hyderabad, v. 6, n. 5, p. 749-760, 2017.

SINGH, D. Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables and Their Management. In: SIDDIQUI, M. W. (Ed.). **Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables**. 1 ed. New York: Academic Press, 2018. p. 1-52.

TALIBI, I.; BOUBAKER, H.; BOUDYACH, E. H.; AIT BEN AOUMAR, A. Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 117, n. 1, p. 1-17, 2014.

TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; KIMATI, H. Doenças do morangueiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.) **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 489- 499.

THAO, H. T. B.; YAMAKAWA, T. Phosphite (phosphorous acid): fungicide, fertilizer or bio-stimulator? **Soil Science & Plant Nutrition**, Tokyo, v. 55, n. 2, p. 228-234, 2009.

TREICHEL, M.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R.; **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 88 p.

TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C. Phosphite as an inductor of adaptive responses to stress and stimulator of better plant performance. In: VATS, S. (Eds) **Biotic and abiotic stress tolerance in plants**. Singapore: Springer, 2018. p. 203-238.

- UENO, B.; COSTA, H. Doenças causadas por fungos e bactérias. In: ANTUNES, L.E.C; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (Eds.) **Morangueiro**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. v. 1, p. 15-34.
- VALERO, D.; SERRANO, M. **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press. 2010. 255 p.
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Papaya diseases and integrated control. In: NAQVI, S. A. M. H. **Diseases of fruits and vegetables**. Diagnosis and manegement. 1. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2004. v. 2, p. 201-268.
- WANG, X; SHI, J.; WANG, R. Effect of *Burkholderia contaminans* on postharvest diseases and induced resistance of strawberry fruits. **Plant Pathology Journal**, Seoul, v. 34, n. 5, p. 403-411, 2018.
- WEI, Y.; WEI, Y.; XU, F.; SHAO, X. The combined effects of tea tree oil and hot air treatment on the quality and sensory characteristics and decay of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 136, p. 139-144, 2018.
- YAN, J.; LUO, Z.; BAN, Z.; LU, H.; LI, D.; YANG, D.; AGHDAM, M.S.; LI, L. The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 147, p. 29-38, 2019.
- YANG, T.; GROENEWALD, J.Z.; CHEEWANGKOON, R.; JAMI, F.; ABDOLAHZADEH, J; LOMBARDI, L.; CROUS, P.W. Families, genera, and species of Botryosphaerales. **Fungal Biology**, Oxford, v. 121, p. 322-346, 2017.
- YILDIZ, A.; BENLIOGLU, K.; BENLIOGLU, H. S. First Report of Strawberry Dieback Caused by *Lasiodiplodia theobromae*. **Plant disease**, Saint Paul, v. 98, n.11, p. 1579.3, 2014.
- YOGEV, E.; SADOWSKY, A.; SOLEL, Z.; OREN, Y.; ORBACH, Y. The performance of potassium phosphite for controlling Alternaria brown spot of citrus fruit. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Braunschweig, v. 113, n. 5, p. 207-213, 2006,
- ZAMBOLIM, L.; COSTA. H. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: CARVALHO, S. P. (Coord.). **Boletim do morango**: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 55-80.
- ZHANG, L.; ZHAO, S.; LAI, S.; CHEN, F.; YAN, H. Combined effects of ultrasound and calcium on the chelate-soluble pectin and quality of strawberries during storage. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 200, p. 427-435, 2018.
- ZHU, H.; NIU, X. Q.; SONG, W. W.; YU, F. Y.; TANG, Q. H.; QIN, W. Q.; CHEN, L. Q. First report of leaf spot of tea oil camellia (*Camellia oleifera*) caused by *Lasiodiplodia theobromae* in China. **Plant disease**, Saint Paul, v. 98, n. 10, p. 1427, 2014.



## **CAPÍTULO II**

---

---

**Fatores que influenciam o desenvolvimento da podridão por *Lasiodiplodia theobromae*  
em morangos**

## Fatores que influenciam o desenvolvimento da podridão por *Lasiodiplodia theobromae* em morangos

Daniela Dambros Amaral<sup>a</sup>, Adriana Pereira de Melo<sup>a</sup>, Elizabeth Rodrigues Alexandre<sup>a</sup>, Edilaine Alves de Melo<sup>a</sup>, Elineide Barbosa de Souza<sup>a</sup>, Sonia Maria Alves de Oliveira<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Agronomia, UFRPE, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, Brasil.

Autor para correspondência: dani\_dambros@hotmail.com

### Resumo

*Lasiodiplodia theobromae* é um fungo de grande importância por causar doenças em uma ampla gama de hospedeiros principalmente frutíferas tropicais e subtropicais. Recentemente, o fungo foi relatado no morangueiro mostrando-se agressivo em plantas no campo e em frutas na pós-colheita. Por ser uma doença pós-colheita emergente no morango, não existem informações a respeito desse patossistema e as condições favoráveis para o desenvolvimento da podridão na fruta. Nesse contexto, o estudo objetivou verificar a estrutura epidérmica de morangos sob colonização de *L. theobromae* através de microscopia eletrônica de varredura (MEV); a patogenicidade do fungo em diferentes hospedeiros e cultivares de morango; e avaliar os fatores epidemiológicos: ferimento, concentração de inóculo, temperatura, umidade e estágio de maturidade das frutas na severidade da doença, em morangos provenientes dos sistemas de cultivos orgânico e convencional. As imagens no MEV indicaram que o fungo é altamente agressivo iniciando a colonização do tecido da fruta 24 h após a inoculação levando rapidamente a sua deterioração. *L. theobromae* foi patogênico em maracujá, mamão, acerola e manga, no entanto foi mais agressivo no morango. As cultivares Benícia, San Andreas e Aromas foram suscetíveis ao fungo. A severidade da doença foi maior em morangos com ferimento provenientes do sistema de cultivo orgânico; o tamanho médio da lesão foi maior na concentração de inóculo de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup> e em morangos completamente maduros em ambos os sistemas de cultivo; não houve desenvolvimento da podridão nos morangos nas temperaturas de 15 e 20 °C e aqueles provenientes do sistema de cultivo orgânico apresentaram maior severidade da doença a 25 e 35 °C em relação ao convencional; a umidade não foi fator determinante para a ocorrência da doença e quando os morangos foram submetidos a 48 h de câmara úmida a severidade da doença foi maior no sistema de cultivo orgânico. O estudo foi fundamental para melhor compreensão da interação *L. theobromae* - *Fragaria* x *ananassa* em pós-colheita.

**Palavras-chave:** *Botryosphaeriaceae*; epidemiologia; *Fragaria*; podridão pós-colheita.

## **Abstract**

*Lasiodiplodia theobromae* is an important fungus that causes disease in a very wide host range, mainly tropical and subtropical fruit plants. Recently, this fungus has been reported in strawberry showing high aggressiveness in plants and postharvest rot. Owing to the fact that it is an emerging fungus in strawberry, there is no information about this pathosystem and the favorable conditions to fruit rot development. In this context, the study aimed to verify the epidermal structure of strawberries under *L. theobromae* colonization by scanning electron microscopy (SEM); the pathogenicity of the fungus in different hosts and strawberry cultivars; and to evaluate the epidemiological factors: wound, inoculum concentration, temperature, humidity and fruit maturity stage in disease severity in strawberries from organic and conventional systems. SEM images indicated that the fungus is highly aggressive, initiating colonization of the fruit tissue 24 h after inoculation, leading to its deterioration quickly. *L. theobromae* was pathogenic in passion fruit, papaya, Barbados cherry and mango, however it was more aggressive in strawberry fruit. The cultivars Benicia, San Andreas and Aromas were susceptible to the fungus. The disease severity was higher in wounded fruits from the organic system; the mean lesion size was higher at  $10^6$  conidia.mL<sup>-1</sup> and in fully matured fruits in both cultivation systems; there is no fruit rot at 15 and 20 °C and strawberry fruits from the organic system showed higher disease severity at 25 e 30 °C in comparison to the conventional system; humidity is not required for the disease and when the strawberries were subjected to a wet chamber for 48 h the disease severity was higher in the organic system. This study is relevant for the comprehension of *L. theobromae* - *Fragaria x ananassa* in the postharvest stage.

**Keywords:** *Botryosphaeriaceae*; epidemiology; *Fragaria*; postharvest rot.

## **1. Introdução**

O morangueiro é uma cultura amplamente cultivada e a mais popular no grupo das frutas vermelhas, com uma produção em todo o mundo de 9,2 milhões de toneladas (Forges et al., 2018; Tazzo et al., 2015; Fao, 2018). A fruta apresenta alto valor nutritivo e econômico, contudo a vida de prateleira é extremamente curta, por ser altamente suscetível a danos mecânicos e invasão microbiana (Wang et al., 2018; Ban, 2018).

Os fungos são responsáveis pela deterioração e redução da qualidade dos morangos, sendo os patógenos mais prevalentes na cultura (Palou et al., 2016; Contigiani et al., 2018) e *Lasiodiplodia theobromae* foi relatado recentemente apresentando-se altamente agressivo no campo ao causar necrose e morte de plantas (Nam et al., 2016; Yildiz et al., 2014). Além disso,

*Neofusicoccum parvum*, também pertencente a Botryosphaeriaceae foi relatado causando podridão e mumificação no morango (Lopes et al., 2014). Dessa forma, é preocupante a disseminação de fungos dessa família na cultura, principalmente nas regiões de clima tropical como no Brasil.

O conhecimento das condições que favorecem o desenvolvimento do patógeno e investigar os fatores que influenciam a sua infecção na fruta é fundamental para estabelecer estratégias eficazes de manejo da doença. O ferimento é um dos principais fatores que ativam o desenvolvimento de doenças pós-colheita e que irão afetar a qualidade final do produto (Kuyu; Tola, 2018; Prusky et al., 2013).

A penetração do hospedeiro por um patógeno não resulta automaticamente no desenvolvimento da doença, a menos que existam condições favoráveis. Essas condições incluem temperatura e umidade relativa adequadas (Droby; Wisniewski; Benkeblia, 2011). Essas variáveis são relatadas como os dois fatores abióticos mais importantes que influenciam a infecção e o desenvolvimento da podridão em frutos (Bernat, 2017).

A presença de inóculo disponível no campo e a concentração de esporos no campo, em ramos mortos, folhas e flores, além de instalações de armazenamento como *packinghouses*, podem levar ao aumento da probabilidade de infecção na pós-colheita (Fischer et al., 2011). O conteúdo químico da fruta e sua epiderme é outro fator que pode influenciar principalmente o primeiro passo da infecção. O teor de ácidos orgânicos, compostos voláteis e fenólicos na epiderme da fruta muda substancialmente à medida que a mesma se aproxima da maturidade (Garcia-Benitez, 2017). O sistema de cultivo e as práticas culturais também podem influenciar na qualidade e no desenvolvimento de doenças pós-colheita, no entanto ainda há uma escassez de estudos relacionado a esses fatores (Barkai-Golan, 2001; Droby; Wisniewski; Benkeblia, 2011).

Tendo em vista que o impacto econômico de *L. theobromae* pode ser de grande importância na cultura do morangueiro e a falta de estudos relacionados à interação *L. theobromae* - *Fragaria x ananassa*, o objetivo desse estudo foi avaliar (a) a colonização de *L. theobromae* em tecidos de morangos usando microscopia eletrônica de varredura; (b) a capacidade do fungo em causar doença em outros hospedeiros incluindo três cultivares de morango; e (c) a influência dos fatores epidemiológicos: ferimento, concentração de inóculo, temperatura, umidade e estágio de maturidade da fruta, no desenvolvimento da podridão causada por *L. theobromae* em morangos provenientes do sistema de cultivo orgânico e convencional.

## **Material e Métodos**

### 2.1 Obtenção, patogenicidade e agressividade dos isolados

Sete isolados de *L. theobromae* da coleção do Laboratório de Patologia Pós-colheita, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), originários de morangos com sintomas característicos da doença, no ano de 2014, foram utilizados para verificar a patogenicidade. A identificação foi realizada por inferência filogenética utilizando sequências das regiões gênicas do RNA ribossomal (ITS), Beta-tubulina ( $\beta$ t) e do fator de alongação 1-alfa (*ef1- $\alpha$* ). Os isolados foram cultivados em meio batata-dextrose-ágar (BDA) a 25°C por cinco dias e inoculados em morangos através da deposição de discos de BDA contendo as estruturas fúngicas. Os sintomas foram registrados e procedeu-se o reisolamento, cumprindo os Postulados de Koch.

Para a avaliação da agressividade, a suspensão de esporos dos isolados foi preparada através da maceração de picnídios e liberação dos conídios, com adição de 10 mL de água destilada esterilizada (ADE), filtragem em gaze dupla e contagem de esporos em câmara de Neubauer com ajuste da concentração para  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup>. Os morangos foram feridos, inoculados com 10  $\mu$ L da suspensão de esporos do fungo, submetidas a câmara úmida por 48 h e incubadas a temperatura de  $25 \pm 2$  °C e 70 % UR. A avaliação foi realizada 72 h após a inoculação através da mensuração do diâmetro das lesões (mm) em direções opostas com auxílio de um paquímetro digital. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições e a unidade amostral equivalente a seis frutas.

### 2.2 Análise estrutural de tecidos de morangos infectados com *Lasiodiplodia theobromae*

Foram realizados cortes de 2 cm<sup>2</sup> no tecido de morangos cv. San Andreas em diferentes tempos: 24, 48 e 72 h após a inoculação de *L. theobromae*. Os fragmentos foram transferidos para tubos criogênicos contendo 15 mL de fixador (90:5:5, ácido acético: formol: álcool 70%, v/v/v). Após 24h, as amostras foram colocadas em novos tubos contendo álcool 70%. Após a retirada do álcool, procedeu-se a liofilização e em seguida revestimento com ouro das amostras em um metalizador. Em seguida, foi realizada a análise das fotografias em microscópio eletrônico de varredura - MEV (modelo VEGA3 TESCAN) no Centro de Apoio a Pesquisa (CENAPESQ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

### 2.3 Patogenicidade em diferentes hospedeiros e cultivares de morangueiro

A lavagem, desinfestação, ferimento e inoculação de *L. theobromae* em acerola (*Malpigia emarginata*), maracujá (*Passiflora edulis*), mamão (*Carica papaya*), manga (*Mangifera indica*) e nas cultivares de morangueiro San Andreas, Aromas e Benicia foi realizada da mesma forma que o teste de agressividade. Em seguida, as frutas foram

acondicionadas em câmara úmida por 48 h e incubadas sob temperatura de 25 °C e 70% U.R. até o aparecimento dos sintomas.

#### *2.4 Fatores epidemiológicos que influenciam a infecção de *Lasiodiplodia theobromae* em morangos oriundos de cultivo orgânico e convencional*

A severidade da doença em morangos provenientes do município de Brejo da Madre de Deus (PE), caracterizado pelo sistema de cultivo orgânico, e morangos provenientes da Companhia de Abastecimento e de Armazéns Gerais do Estado de Pernambuco (CEAGEPE), Recife, PE, pelo sistema de cultivo convencional, foi avaliada quanto ao ferimento, concentração de inóculo, temperatura, duração de umidade e estágio de maturidade da fruta em ensaios independentes para o isolado mais agressivo de *L. theobromae*. As frutas foram selecionadas pela uniformidade de tamanho e ausência de injúrias, lavadas em água corrente, desinfestadas em hipoclorito de sódio 1% por três minutos, retirado o excesso do desinfetante com ADE e colocadas para secar. Em todos os ensaios a suspensão foi preparada como citada anteriormente, no teste de agressividade. As frutas foram inoculadas com 15 µL da suspensão de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup> e dispostas em bandejas plásticas com papel toalha umedecido em ADE, envolvidas em saco plástico por 48 h. As bandejas foram incubadas sob 70% de U.R. e temperatura de 25 °C. A avaliação foi realizada 72 h após a inoculação através da mensuração do diâmetro das lesões (mm) em direções opostas com auxílio de um paquímetro digital. Para determinar as condições favoráveis ao desenvolvimento da podridão nas frutas foram avaliados os seguintes fatores:

- *Ferimentos*: morangos previamente feridos com uma almofada contendo cinco alfinetes e profundidade de 2 mm foram inoculados com a suspensão de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup> do fungo e os demais morangos foram inoculados da mesma forma, mas diretamente no tecido intacto, sem ferimento;
- *Concentração de inóculo*: As frutas foram feridas e inoculadas com as concentrações de  $10^2$ ,  $10^4$  e  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup>;
- *Temperatura*: morangos feridos e inoculados com 15µL da suspensão de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup> foram acondicionados em câmara incubadora BOD (Biochemical Oxygen Demand) ajustada as temperaturas de 10, 20, 25, 30 e 35 °C em câmara úmida por 48h;
- *Umidade*: morangos feridos e inoculados com 15µL da suspensão de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup> foram acondicionados em diferentes tempos de câmara úmida, 0, 24 e 48 h;
- *Estádio de maturidade da fruta*: a inoculação foi realizada na região mediana das frutas em três estádios de maturidade:  $\frac{1}{3}$  da maturidade,  $\frac{2}{3}$  da maturidade e 100 % maduros conforme descrito por Rahman et al. (2016).

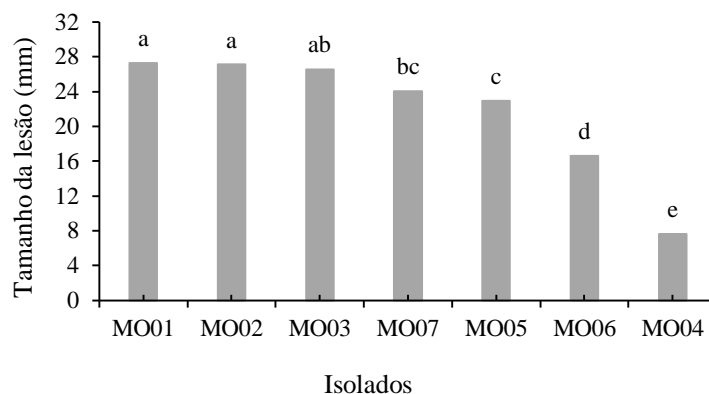
## 2.5 Análises estatísticas

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (fator x sistema de cultivo), com cinco repetições e a unidade amostral equivalente a seis frutas. Os dados foram submetidos à análise de variância usando o programa STATISTIX (versão 9.0, Analytical Software Tallahassee) e o teste LSD de Fisher no nível de significância de 5% para comparação de médias.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Patogenicidade e agressividade dos isolados

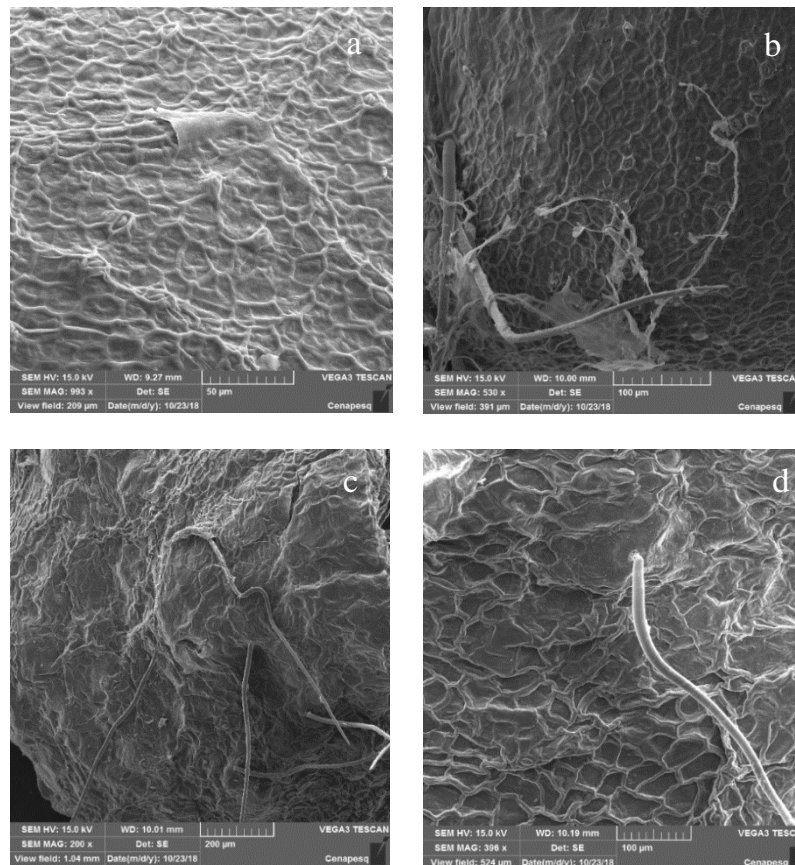
Todos os isolados de *L. theobromae* foram patogênicos ao morango. Os sintomas iniciaram 48 h após a inoculação com crescimento micelial visível na região infectada e evoluíram rapidamente, com o apodrecimento e mumificação das frutas entre 72 a 120 h. Houve diferença significativa entre os isolados com relação a agressividade ( $p < 0,05$ ). Os isolados MO01 e MO02 foram os mais agressivos com tamanho médio da lesão de 27,27 e 27,11 mm respectivamente, considerando que os morangos utilizados apresentavam entre 30-35 mm de comprimento. O isolado MO04 apresentou-se menos agressivo com tamanho médio da lesão de 7,62 mm (Figura 1). O resultado revela que o fungo comprometeu mais de 70% da área da fruta, demonstrando a importância de estabelecer estratégias de manejo, principalmente em morango na fase pós-colheita em que *L. theobromae* representa uma ameaça. A variabilidade no comportamento patogênico se dá pela evolução entre os isolados a qual também foi verificada em isolados de *L. theobromae* originário de manga (Ullah et al., 2017). No presente estudo, com base nos resultados, o isolado MO01 foi selecionado para os demais experimentos.



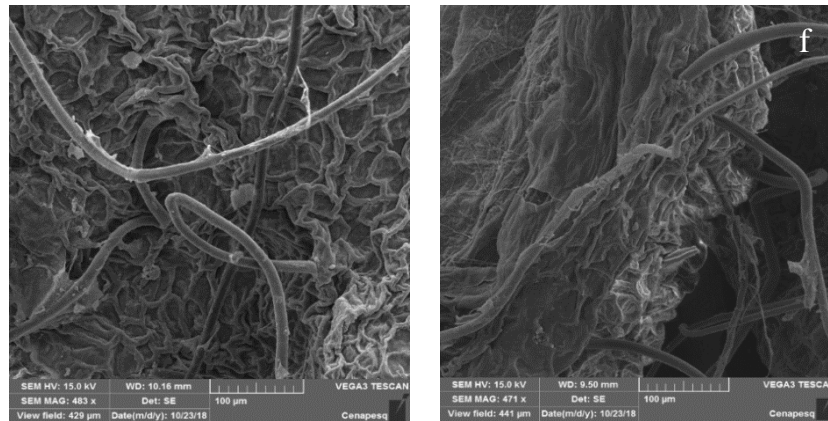
**Figura 1.** Agressividade de isolados de *Lasiodiplodia theobromae* em frutas de morangueiro. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

### 3.2 Análise estrutural de tecidos de morangos infectados com *Lasiodiplodia theobromae*

As observações em microscopia eletrônica de varredura indicaram que *L. theobromae* iniciou a colonização do tecido da fruta 24h após a inoculação, com crescimento de hifas fúngicas (Figura 2b). Após 48h, houve intensa desorganização das células com dissolução da parede celular observada na região de penetração da hifa (Figura 2c-d). A colonização evoluiu rapidamente, de forma que após 72h o tecido estava completamente deteriorado, com crescimento abundante de hifas fúngicas (Figura 2e-f). Em contraste com o tecido sadio do morango (8a) que mostra a organização epidérmica da carposfera. Perda intensa da estrutura celular ocasionada pelo desenvolvimento de micélios no tecido de banana também foram verificados em frutas infectadas por fungos causadores da podridão da coroa, sendo *L. theobromae* um dos principais patógenos envolvidos (Mohamed et al., 2017).





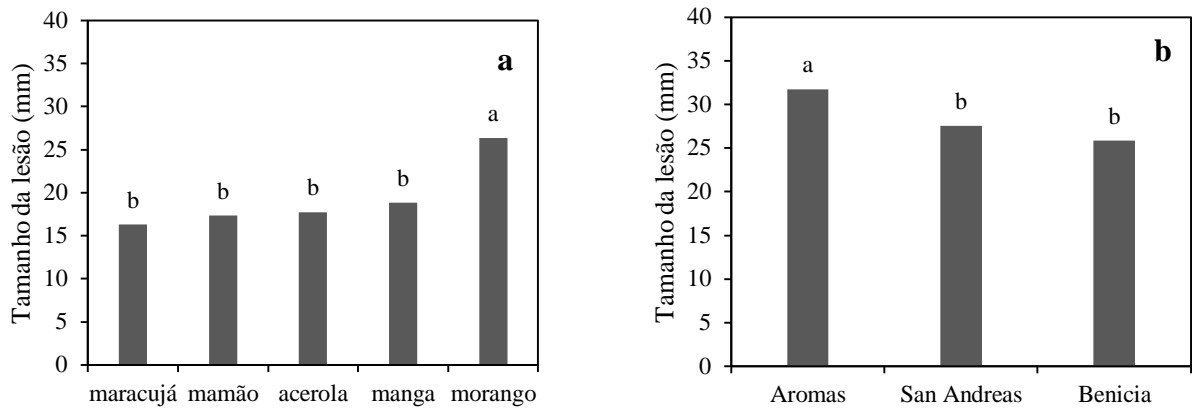


**Figura 2.** Microscopia eletrônica de varredura de frutas de morangueiro sadias e inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* (a) tecido sadio; (b) início da colonização do fungo no tecido da fruta 24h após a inoculação; (c-d) intensa desorganização das células epidérmicas 48h após a inoculação com crescimento de hifas fúngicas; (e-f) tecido bastante deteriorado, com abundante crescimento de hifas fúngicas no interior do tecido 72 h após a inoculação.

### 3.3 Patogenicidade em diferentes hospedeiras e cultivares de morangueiro

As diferentes frutas utilizadas nesse estudo apresentaram sintomas de podridão causada pelo isolado MO01 de *L. theobromae*, oriundo de morango. Não houve diferença significativa entre maracujá, mamão, acerola e manga (Figura 3a), no entanto, o morango apresentou maior severidade da doença ( $p < 0,05$ ), tendo em vista que a fruta é o hospedeiro de origem do isolado. Em estudo de Pereira et al. (2006) *L. theobromae*, isolado de coco, mostrou-se patogênico também a outras frutas como mamão, maracujá, manga e caju. Conhecer os hospedeiros do fungo em questão principalmente quando se trata de doenças pós-colheita é necessário para evitar a contaminação cruzada, o que implica em extremo cuidado durante a colheita e procedimentos pós-colheita (Ferreira, 2008).

Quando a doença foi avaliada em cultivares de morangueiro (Figura 3b), verificou-se que o isolado de *L. theobromae* foi patogênico nas três cultivares avaliadas. O isolado foi agressivo na cultivar Aromas a qual apresentou maior tamanho médio da lesão em relação as cultivares San Andreas e Benicia ( $p < 0,05$ ). Essas últimas não mostraram diferença significativa na severidade da doença. Os resultados destacam a importância do patógeno para a cultura, com capacidade de infectar morangos da cultivares Aromas, San Andreas e Benicia, que estão entre as principais cultivares de morangueiro utilizadas no Brasil (Antunes; Reisser Junior, 2007; Galvão et al., 2017).

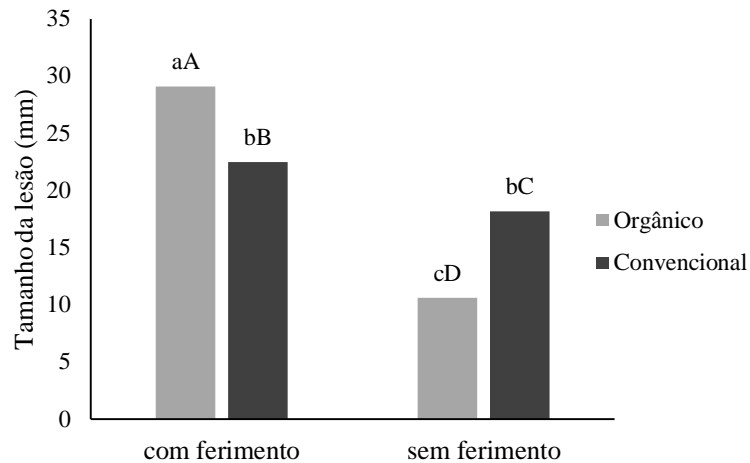


**Figura 3.** Severidade da podridão causada por *Lasiodiplodia theobromae* em diferentes hospedeiros (a) e em diferentes cultivares de morango (b). Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

### 3.2 Fatores epidemiológicos que influenciam a infecção de *Lasiodiplodia theobromae* em morangos oriundos de cultivo orgânico e convencional

#### 3.2.1 Ferimentos

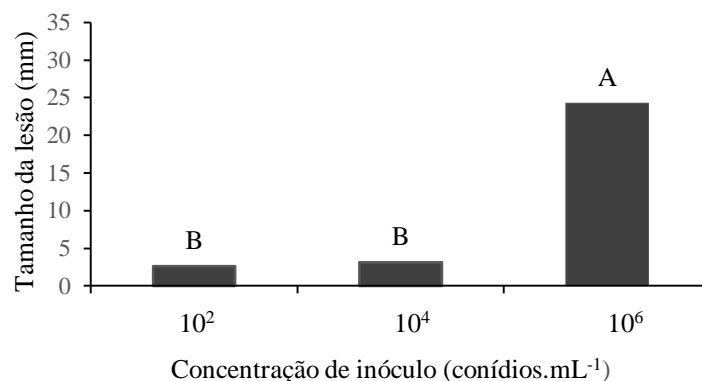
As frutas com e sem ferimento apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) onde a doença foi mais severa em frutas oriundas do sistema de cultivo orgânico que sofreram ferimentos (Figura 4). Da mesma forma que Fischer et al., (2011) em sua coleta de laranjas oriundas de pomares orgânicos, as quais apresentaram maior incidência de doença em relação àquelas dos pomares convencionais. O risco de contaminação e a frequência de podridões pós-colheita pode aumentar com o acondicionamento de frutas com maior número de ferimentos em comparação as frutas intactas ou menos danificadas (Prusky, 2011). No entanto, *L. theobromae* foi capaz de infectar as frutas mesmo na ausência de ferimentos, demonstrando ser um patógeno pós-colheita agressivo, ao penetrar diretamente a cutícula intacta do tecido. A presença de um tecido tenro e delicado característico do morango facilita a infecção do fungo, diferentemente do durião (*Durio zebuthinus*), cujo tecido é mais rígido. Nessa fruta, *L. theobromae* foi capaz de infectar somente na presença de ferimentos (Siriphanich, 2011). Morangos oriundos do sistema de cultivo convencional que não foram submetidos a ferimentos (Figura 4), curiosamente, apresentaram maiores lesões do que aqueles do cultivo orgânico, uma vez que outros fatores influenciam na intensidade da doença como a procedência da fruta e as condições ambientais durante a época de cultivo (Agrios, 2005). O estado fisiológico dos morangos convencionais no momento do manuseio também pode ter contribuído para o desenvolvimento do fungo resultando em maior severidade da doença.



**Figura 4.** Influência do fermento e do sistema de cultivo na severidade de *Lasiodiplodia theobromae* em frutas de morangueiro. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em morangos com e sem fermento e maiúscula em sistema de cultivo orgânico e convencional não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.2 Concentração de inóculo

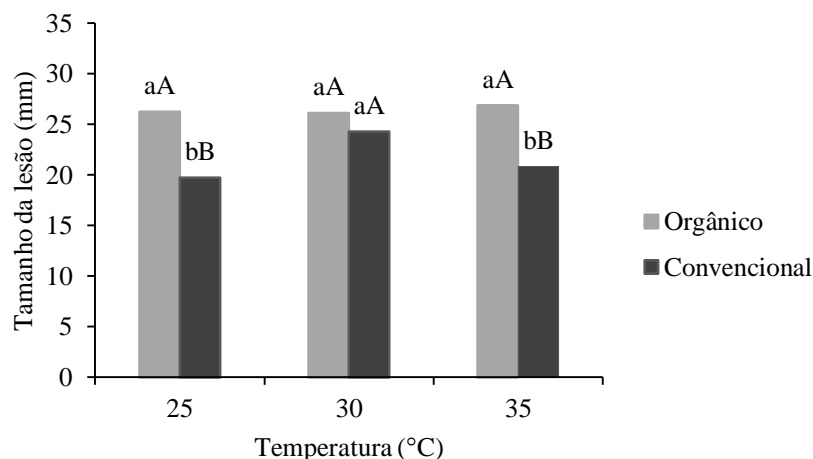
Não houve interação significativa entre os fatores concentração de inóculo x sistema de cultivo ( $p > 0,05$ ). Sintomas de podridão foram observados em todas as concentrações testadas, porém com o aumento da concentração de inóculo, houve aumento da severidade da doença (Figura 3). Na menor concentração,  $10^2$  conídios. $m^{-1}$ , houve desenvolvimento da doença (2,59 mm) sem diferir significativamente da concentração de  $10^4$  conídios. $ml^{-1}$  (3,17 mm). Da mesma forma, baixos níveis de inóculo de *L. theobromae*, principal patógeno causador da podridão da coroa em bananas, foi capaz de iniciar a infecção na fruta (Nath, 2011). Por esta razão, é importante eliminar qualquer fonte de inóculo e aplicar um rigoroso programa de sanitização em instalações após a colheita como veículos de transporte, câmaras frias e packing-houses (Droby; Wisniewski; Benkeblia, 2011).



**Figura 3.** Influência da concentração de inóculo na severidade de *Lasiodiplodia theobromae* em morangueiro. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

### 3.3.3 Temperatura

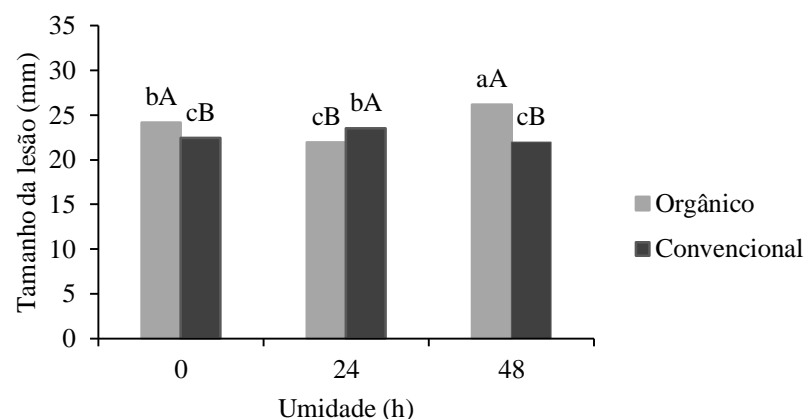
Para temperatura x sistema de cultivo, houve interação significativa ( $p < 0,05$ ). As temperaturas de 25, 30 e 35 °C favoreceram o desenvolvimento da doença nas frutas provenientes de ambos os sistemas de cultivo (Figura 4). Nas temperaturas de 25 e 35 °C, morangos provenientes do sistema de cultivo orgânico apresentaram maior severidade da doença em relação aqueles do sistema de cultivo convencional. Em morangos orgânicos, não houve diferença significativa entre as temperaturas. A temperatura de 30 °C favoreceu o desenvolvimento do fungo com maior tamanho de lesão em morangos convencionais. Esse resultado é importante pois a maioria dos estudos considera apenas ensaios relacionando a influência da temperatura no crescimento do fungo em ambiente controlado (meio de cultura) e faltam informações sobre os efeitos da temperatura na ocorrência da doença na fruta (ambiente real). No presente estudo, a doença não foi constatada nas temperaturas de 10 e 20 °C, no entanto, isolados de diferentes hospedeiros podem apresentar comportamentos distintos. Isolados de *L. theobromae* originários de coco e manga cresceram a temperaturas a partir de 15 °C, apesar de tratar-se de ensaios *in vitro* (Dheepa, 2018; Khanzada, 2006). Identificar as temperaturas desfavoráveis ao desenvolvimento de podridões pós-colheita em condições de armazenamento é fundamental, tendo em vista que a temperatura é o fator mais importante para assegurar a qualidade e a vida útil do morango (Rahman et al., 2016; Feliziani; Romanazzi, 2016).



**Figura 4.** Influência da temperatura e do sistema de cultivo na severidade de *Lasiodiplodia theobromae* em frutas de morangueiro. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para morangos a diferentes temperaturas e maiúscula em sistema de cultivo orgânico e convencional não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

### 3.3.4 Umidade

A podridão em morango causada por *L. theobromae* foi verificada em frutas provenientes dos dois sistemas de cultivo na presença e ausência de câmara úmida (Figura 5), ocorrendo interação significativa entre os fatores ( $p < 0,05$ ). Isso demonstra que a umidade não é fator determinante para a ocorrência da doença na fruta. Qualquer dano mecânico ou ferimento e a água presente nos espaços intercelulares, favorece a penetração e a colonização do patógeno (Silveira et al., 2001). Além disso a fruta torna-se um substrato excelente para a multiplicação de fungos, sendo suficiente para o estabelecimento da infecção (Silveira et al., 2005). Frutas provenientes do sistema de cultivo orgânico quando não submetidas à câmara úmida, bem como aquelas que foram submetidas por 48 h, apresentaram maior severidade da doença em relação aos do sistema de cultivo convencional. Pode-se verificar também que em morangos do sistema orgânico o período maior de umidade (48 h) apresentou maior severidade da doença, e em morangos do sistema convencional não houve diferença entre a ausência de câmara úmida e a umidade mais elevada. Pawar (2012) quando inoculou *B. theobromae* em goiaba verificou que a severidade da doença foi maior em 100 % de umidade.

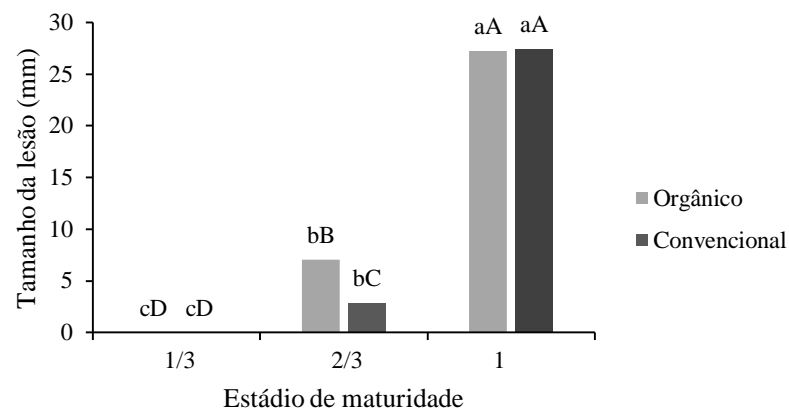


**Figura 5.** Influência da umidade e do sistema de cultivo na severidade de *Lasiodiplodia theobromae* em frutas de morangueiro. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em morangos a diferentes períodos de umidade e maiúscula em sistema de cultivo orgânico e convencional não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

### 3.3.5 Estádio de maturidade da fruta

O estágio de maturidade da fruta x sistema de cultivo apresentaram interação significativa ( $p < 0,05$ ). As frutas imaturas (com 1/3 da maturidade) provenientes de ambos os sistemas de cultivo não apresentaram sintomas (Figura 6), demonstrando ser um ambiente impróprio para o desenvolvimento de *L. theobromae*. Villarino et al. (2011) também relataram a maior suscetibilidade de pêssegos ao patógeno *Monilinia laxa* quando o pericarpo do fruto estava completamente formado, devido as baixas concentrações de substâncias antimicrobianas

(ácido clorogênico e neoclorogênico). Frutas imaturas apresentam grande quantidade de nutrientes e de compostos antifúngicos pré-formados ou induzíveis relacionados a resistência, bem como um ambiente inadequado para a ativação de fatores de patogenicidade dos fungos (Prusky e Kobilier, 2012). Os morangos completamente maduros apresentaram sintomas e o tamanho da lesão foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) em relação aos morangos com 2/3 da maturidade (Figura 6). Isso é explicado pelo fato de que o mecanismo que protege a fruta da invasão fúngica torna-se escasso com o amadurecimento. Esse processo fornece condições ideais para o pleno desenvolvimento de muitos patógenos pós-colheita que anteriormente estavam localizados no interior da fruta em quiescência (Prusky e Kobilier, 2012).



**Figura 6.** Influência do estágio de maturidade e do sistema de cultivo na severidade de *Lasiodiplodia theobromae* em frutas de morangueiro. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em morangos de diferentes estádios de maturidade e maiúscula em sistema de cultivo orgânico e convencional não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

#### 4. Conclusões

O isolado MO01 de *L. theobromae* apresentou-se altamente agressivo em morangos provenientes do sistema de cultivo orgânico que foram submetidos a fermentos, com temperatura em torno de 30 °C em alta concentração de inóculo ( $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup>). Houve alta severidade da doença tanto na presença como ausência de umidade e em frutas com 2/3 e 100% de maturidade oriundas dos sistemas de cultivo estudados. O fungo mostrou-se patogênico à outras frutas como mamão, manga, acerola e maracujá bem como as cultivares de morango San Andreas, Benicia e Aromas. Os resultados dessa pesquisa são fundamentais uma vez que o patógeno foi relatado recentemente em frutas do morangueiro e podem ser utilizados para melhor compreensão do patossistema *L. theobromae* – *Fragaria x ananassa* na fase pós-colheita.

#### Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, com bolsa de doutorado a D. D. Amaral e ao Centro de Apoio a Pesquisa (CENAPESQ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelas análises microscópicas.

## Referências

- Agrios, G.N., 2005. Plant pathology, fifth ed. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Antunes, L.E.C., Reisser Júnior, C. 2007. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. Frutticoltura, 69, 60-65.
- Arafat, K.H., Mohamad, A.M., Elsharabasy, 2013. Influence of environmental conditions, salinity and root exudates on incidence and severity disease of the fungus *Lasiodiplodia theobromae* that caused root rot of date palm offshoots with biological control methods. Journal Biology Chemistry Environmental Science. 8, 73-91.
- Ban, Z., Yan, J., Wang, Y., Zhang, J., Yuan, Q., Li, L., 2018. Effects of postharvest application of chitosan-based layer-by-layer assemblies on regulation of ribosomal and defense proteins in strawberry fruit (*Fragaria × ananassa*). Scientia Horticulturae, 240, 293–302.
- Barkai-Golan, R., 2001. Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control, first ed. Elsevier Science, Amsterdam.
- Bernat, M., Segarra, J., Xu, X. M., Casals, C., Usall, J., 2017. Influence of temperature on decay, mycelium development and sporodochia production caused by *Monilinia fructicola* and *M. laxa* on stone fruits. Food Microbiology. 64, 112-118
- Contigiani, E.V., Jaramillo-Sánchez, G., Castro, M.A., Gómez; P.L. Alzamora, S.M., 2018. Postharvest Quality of Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albion) as Affected by Ozone Washing: Fungal Spoilage, Mechanical Properties, and Structure. Food and Bioprocess Technology. 11, 1639-1650.
- Coutinho, I.B.L., Freire, F.C.O., Lima, C.S., Lima, J.S., Gonçalves, F.J.T., Machado, A.R., Silva, A.M.S., Cardoso, J. E., 2017. Diversity of genus *Lasiodiplodia* associated with perennial tropical fruit plants in northeastern Brazil. Plant Pathology. 66, 90–104.
- Dambros, D., Monteiro, A.L.R., Melo, A.P., Lins, S.R.O., Oliveira, S.M.A., 2016. Caracterização epidemiológica e fosfitos no manejo da podridão por *Aspergillus niger* em uva de mesa. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 11, 171-177.
- Dheepa, R., Goplakrishnan, C., Kamalakannan, A., Nakkeeran, S., 2018. Influence of culture media and environmental factors on mycelial growth and sporulation of *Lasiodiplodia theobromae* in coconut. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7, 2729-2732.
- Droby, S., Wisniewski, M., Benkeblia, N., 2011. Postharvest pathology of tropical and subtropical fruit and strategies for decay control, in: Yahia, E.M. (Ed.), Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Woodhead Publishing, Sawston, pp. 194-223.
- Feliziani, E., Romanazzi, G., 2016. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. Journal of Berry Research. 6, 47-63.

- Ferreira, M.D. 2008. Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças, 1 ed. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos.
- Fischer, I.H., Zanette, M.M., Spósito, M.B., Amorim, L.L., 2011. Doenças pós-colheita em laranja 'Valência' e caracterização da população fúngica em pomares orgânicos e convencionais. *Tropical Plant Pathology*. 36, 390-399.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fao, Faostat, 2019. Statistical Databases. <http://www.fao.org> (Acesso em: 4 jan 2019).
- Forges, M., Vàsquez, H., Charles, F., Chabane Saric, D., Urban, L., Lizzi, Y., Bardin, M., Aarouf, J., 2018. Impact of UV-C radiation on the sensitivity of three strawberry plant cultivars (*Fragaria x ananassa*) against *Botrytis cinerea*. *Scientia Horticulturae*. 240, 603–613.
- Galvão, A.G., Resende, L.V., Maluf, W.R., Resende, J.T.V., Ferraz, A.K.L., Marodin, J.C., 2017. Breeding new improved clones for strawberry production in Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39,149-155.
- Garcia-Benitez, C., Melgarejo, P., De Cal, A., 2017. Fruit maturity and post-harvest environmental conditions influence the pre-penetration stages of *Monilinia* infections in peaches. *International Journal of Food Microbiology*. 241,117–122.
- Hussein, Z., Fawole, O.A., Opara, U.L., 2018. Preharvest factors influencing bruise damage of fresh fruits – a review. *Scientia Horticulturae*, 229, 45–58.
- Jeong, M.A., Jeong, R. D., 2018. Applications of ionizing radiation for the control of postharvest diseases in fresh produce: recent advances. *Plant Pathology*, 67, 18–29.
- Khazada, M. L., Rajput, A.Q., Shahzad, S., 2006. Effect of medium, temperature, light and inorganic fertilizers on *in vitro* growth and sporulation of *Lasiodiplodia theobromae* isolated from mango. *Pakistan Journal of Botany*. 38, 885-889.
- Kuyu, C.G., Tola, Y.B., 2018. Assessment of banana fruit handling practices and associated fungal pathogens in Jimma town market, southwest Ethiopia. *Food Science and Nutrition*. 6, 609–616.
- Lopes, U.P., Zambolim, L., Pinho, D.B., Barros, A.V., Costa, H., Pereira, O.L., 2014. Postharvest rot and mummification of strawberry fruits caused by *Neofusicoccum parvum* and *N. kwambonambiense* in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 39, 178-183.
- Mahmoud, A., Khan, S. N., Ali, S., 2007. Physiological studies of *Lasiodiplodia theobromae* the cause of quick decline/sudden death of mango. *Pakistan Journal of Botany*. 19, 160-162.
- Michailides, T.J., Morgan, D.P., Luo, Y., 2010. Epidemiological assessments and postharvest disease incidence, in: Prusky, D., Gullino, M.L. (Eds.), *Postharvest Pathology. Plant Pathology in the 21st Century*. Springer Science+Business, Dordrecht, pp. 69-88.
- Mohamed, N.T.S., Ding, P., Kadir, J., Ghazali, H.M., 2017. Potential of UVC germicidal irradiation in suppressing crown rot disease, retaining postharvest quality and antioxidant capacity of *Musa* AAA “Berangan” during fruit ripening. *Food Science and Nutrition*. 5, 967–980.



- Nam, M.H., Park, M.S., Kim, H.S., Kim, T.I., Lee, E.M., Park, J.D., Kim, H.G., 2016. First Report of Dieback Caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Strawberry Plants in Korea. *Mycobiology*. 44, 319-324.
- Nath, K. Molecular characterization, epidemiology and management of banana fruit rot caused by *Lasiodiplodia theobromae* (pat.) Griffith and Maubl. under South Gujarat condition". 2011. Tese (Doutorado em Patologia de plantas), Universidade de Navsari, Gujarat, India.
- Pawar, V.P., 2012. Impact of ecological factors on development of *Botryodiplodia* rot of guava fruit. *Current Botany*, 3, 16.
- Palou, L., Ali, A., Fallik, E., Romanazzi, G., 2016. GRAS, plant- and animal-derived compounds as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh horticultural produce. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 41–52.
- Pereira, A.L., Silva, G.S., Ribeiro, V.Q., 2006. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. *Fitopatologia Brasileira*. 3, 572-578.
- Prusky, D.; Kobilier, I., 2012. Mechanisms modulating postharvest pathogen colonization of decaying fruits, in: Oliveira, S.M.A.; Lins, S.R.O.; Santos, A.M.G. (Eds.) *Avanços tecnológicos na patologia pós-colheita*. EDUFRPE, Recife, p. 275-295.
- Prusky, D., Alkan, N., Mengiste, T., Fluhr, R., 2013. Quiescent and necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development. *Annual Review of Phytopathology*. 51, 155-76.
- Prusky, D., 2011. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. *Food Security*. 3, 463–474.
- Rahman, M.M., Moniruzzaman, M., Ahmad, M.R., Sarker, B.C., Alam, M.K., 2016. Maturity stages affect the postharvest quality and shelf-life of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 15, 28–37.
- Rehman, A., Saleem, M., Mehboob, S., Bokhari, A.A., 2011. Fungi associated with rhizosphere soil in mango decline orchards and their in vitro control. *Pakistan Journal Phytopathology*. 23, 112-117.
- Sajad, A.M., Jamaluddin, Abid, H.Q., 2017. Fungi associated with the spoilage of post harvest tomato fruits and their frequency of occurrences in different markets of Jabalpur, Madhya-Pradesh, India. *International Journal of Current Research Review*. 9, 12-16.
- Silveira, N.S.S., Michereff, S.J., Mariano, L.R.R., Tavares, L.A., Maia, L.C., 2001. Influência da temperatura, período de molhamento e concentração do inóculo de fungos na incidência de podridões pós-colheita em frutos de tomateiro. *Fitopatologia brasileira*. 26, 33-38.
- Silveira, N.S.S., Michereff, S.J., Silva, I.L.S.S., Oliveira, S.M.A., 2005. Doenças fúngicas pós-colheita em frutas tropicais: patogênese e controle. *Caatinga*. 18, 283-299.

- Siriphanich, J., 2011. Postharvest pathology of tropical and subtropical fruit and strategies for decay control, in: Yahia, E.M. (Ed.), Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Woodhead Publishing, Sawston, pp. 80-114.
- Sivakumar, D., Korsten, L., 2011. Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), in: Yahia, E.M. (Ed.), Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Woodhead Publishing, Sawston, pp. 361-407.
- Tazzo, I.F., Fagherazzi, A.F., Lerin, S., Kretzschmar, A.A., Rufato, L., 2015. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. Revista Brasileira de Fruticultura. 37, 550-558.
- Ullah, S.F.; Hussain, Y.; Iram, S., 2017. Pathogenic characterization of *Lasiodiplodia* causing stem end rot of mango and its control using botanicals. Pakistan Journal of Botany. 49, 1605-1613.
- Úrbez-Torres, J.R., Bruez, E., Hurtado, J., Gubler, W.D., 2010. Effect of temperature on conidial germination of *Botryosphaeriaceae* species infecting grapevines. Plant Disease. 94, 1476-1484.
- Villarino, M., Sandin-España, P., Melgarejo, P., De Cal, A., 2011. High chlorogenic and neochlorogenic acid levels in immature peaches reduce *Monilinia laxa* infection by interfering with fungal melanin biosynthesis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59, 3205–3213.
- Wang, X, Shi, J., Wang, R., 2018. Effect of *Burkholderia contaminans* on Postharvest Diseases and Induced Resistance of Strawberry Fruits. Plant Pathology Journal. 34, 403-411.
- Yildiz, A., Benlioglu, K., Benlioglu, H.S., 2014. First Report of Strawberry Dieback Caused by *Lasiodiplodia theobromae*. Plant disease. 98, 1579.3.
- Zhang, J., 2014. *Lasiodiplodia theobromae* in Citrus Fruit (Diplodia Stem-End Rot), in: Bautista-Baños, S. (Ed.), Postharvest decay - control strategies. Academic Press, London, pp. 309-331.

## CAPÍTULO III

---

---

**Fosfitos no controle da podridão de *Lasiodiplodia theobromae* e na qualidade pós-colheita do morango**

## **Fosfitos no controle da podridão de *Lasiodiplodia theobromae* e na qualidade pós-colheita do morango**

**Daniela Dambros Amaral<sup>a</sup>, Adriana Pereira de Melo<sup>a</sup>, Elizabeth Rodrigues Alexandre<sup>a</sup>, Edilaine Alves de Melo<sup>a</sup>, Bárbara Marchesini Malta<sup>a</sup>, Elineide Barbosa de Souza<sup>a</sup>, Sonia Maria Alves de Oliveira<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Departamento de Agronomia, UFRPE, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, Brasil.

Autor para correspondência: dani\_dambros@hotmail.com

### **Resumo**

*Lasiodiplodia theobromae* é considerado um patógeno pós-colheita importante e emergente no morangueiro. Os fosfitos (Phi) têm sido estudados para incorporá-los no manejo de doenças, principalmente em pós-colheita, com a exigência cada vez maior em segurança alimentar e preocupação com impactos ambientais. Fosfito de cálcio (PhiCa) e fosfito de potássio (PhiK) apresentaram atividade antifúngica *in vitro* contra *L. theobromae*, reduzindo o crescimento micelial com o aumento da concentração dos produtos. Morangos tratados com os Phi de forma preventiva apresentaram redução na incidência e severidade da podridão de *L. theobromae* na cv. Benicia, sendo que PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> proporcionou proteção até 72 h após a inoculação do fungo. Os PhiCa e PhiK aplicados em morangos cv. San Andreas não foram eficazes na redução da doença. Os parâmetros de qualidade como peso, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez, pH e índice de maturação também foram avaliados. Na cv. San Andreas os Phi reduziram a firmeza. Morangos da cv. Benicia tratados com PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> preservaram a firmeza da polpa e apresentaram maior teor de acidez titulável e menor índice de maturação. Os resultados mostram que PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> reduziu o desenvolvimento da doença e atrasou o amadurecimento de morango da cv. Benicia, por isso, apresenta potencial no manejo alternativo da podridão por *L. theobromae*.

**Palavras-chave:** *Fragaria*; manejo alternativo; podridão pós-colheita.

### **Abstract**

*Lasiodiplodia theobromae* is an important and emerging postharvest pathogen in the strawberry. Phosphites (Phi) have been studied to incorporate them into integrated disease management, especially in postharvest period, due to strong demands on food safety and concern about environmental impacts. Calcium phosphite and potassium phosphite showed antifungal activity *in vitro* against *L. theobromae* and reduced mycelial growth with increasing concentration of the products. Preventively treated strawberries with Phi showed incidence and severity reduction of the disease caused by *L. theobromae* in cv. Benicia. Calcium phosphite

10 g.L<sup>-1</sup> provided protection until 72 h after inoculation of the fungus. Strawberries cv. San Andreas treated with calcium and potassium phosphites were not showed disease reduction. The quality parameters such as weight, firmness, total soluble solids, acidity and pH were evaluated too. The firmness were lower in strawberries cv. San Andreas treated with the phosphites. Strawberries cv. Benicia treated with calcium phosphite 10 g.L<sup>-1</sup> maintain the pulp firmness, showed higher titratable acidity and lower maturity index. These results showed that calcium phosphite 10 g.L<sup>-1</sup> reduced disease development and delay strawberry ripening, therefore presents potencial in the alternative management of *L. theobromae* rot.

**Keywords:** *Fragaria*; alternative management; postharvest rot.

## 1. Introdução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é uma cultura de importância econômica produzido em mais de 70 países, incluindo o Brasil, e muito apreciado mundialmente por suas características organolépticas e alto teor de nutrientes que apresenta com benefícios potenciais do seu consumo para a saúde (Forges et al., 2018; Wei et al., 2018). Os produtos vegetais colhidos continuam com seus processos fisiológicos como respiração, transpiração e produção de etileno, os quais podem levar a redução da sua qualidade final (Ansah et al., 2018). Particularmente, o morango apresenta alta frequência de descarte, apesar de ser um fruto não-climatérico, a sua natureza é altamente perecível com sensibilidade a danos mecânicos e perda de água (Kelly et al., 2019; Lara et al., 2004). No entanto, as principais causas de deterioração durante o seu armazenamento e vida útil de prateleira são o desenvolvimento de podridões causadas principalmente por fungos (Feliziani; Romanazzi, 2016).

Dentre os patógenos pós-colheita mais comumente associados ao morango estão *Botrytis cinerea* e espécies de *Rhizopus*, *Mucor* e *Colletotrichum* (Feliziani; Romanazzi, 2016; Oliveira et al., 2019). Recentemente, surgiram relatos de fungos da família Botryosphaeriaceae como *Neofusicoccum* spp. causando podridões em morangos e *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., com danos severos em plantas no campo os quais são preocupantes (Lopes et al., 2014b; Nam et al., 2016; Yildiz et al., 2014).

A medida de controle de doenças mais utilizada na cultura do morangueiro é o uso de fungicidas convencionais e as condições climáticas no Brasil são favoráveis ao desenvolvimento de doenças, e por isso a necessidade de muitas aplicações durante um ciclo cultural (Lopes et al., 2017a; Contigiani et al., 2018; Ueno; Costa, 2016). A procura por frutas e vegetais orgânicos e a exigência por alta qualidade dos produtos está cada vez maior entre os consumidores (Vilaplana et al., 2018). Várias técnicas foram investigadas ao longo dos anos

para manter a qualidade nutricional dos morangos, reduzir a deterioração e prolongar a sua vida útil (Caleb et al., 2019). Dentre os métodos alternativos aos fungicidas, os fosfitos (Phi), sais inorgânicos derivados do ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) merecem destaque (McDonald et al., 2001; Deliopoulos et al., 2010). O fosfito de cálcio e fosfito de potássio já foi relatado como um excelente fungicida no controle de espécies de *Colletotrichum*, *Penicillium* e *Aspergillus niger* (Blum et al., 2007; Cerioni et al., 2013; Dambros et al., 2016; Lopes et al., 2017b; Alexandre et al., 2014), apresentando um grande potencial em integrar o manejo de doenças pós-colheita por ter pouco impacto ambiental e baixo custo (Achary et al., 2017; Deliopoulos et al., 2010).

O modo de ação dos fosfitos contra fungos e oomicetos é complexo e envolve efeitos diretos (inibição da esporulação fúngica ou lenta taxa de desenvolvimento) e indiretos (rápida estimulação dos mecanismos de defesa das plantas) (Smillie et al., 1989; Eshraghi et al., 2011). Estudos revelaram que esses efeitos envolvem mudanças morfológicas como distorção de hifas e lise da parede celular além de modificar uma quantidade significativa de proteínas envolvidas a processos da parede celular e funcionamento do citoesqueleto (Burra et al., 2010; King et al., 2010).

Não existem, de acordo com nosso conhecimento, estudos do uso de fosfitos em pós-colheita no morango. Além disso, o fungo *L. theobromae* é considerado emergente e uma ameaça nessa fase da cadeia produtiva na cultura. Dessa forma, o trabalho objetivou avaliar o efeito do fosfito de potássio e de cálcio no manejo da podridão por *L. theobromae* e na qualidade físico-química do morango nas cultivares San Andreas e Benicia.

## 2. Materiais e métodos

Morangos orgânicos (cvs. San Andreas e Benicia) recém-colhidos no estágio de 3/4 da cor vermelha foram coletados em área de cultivo localizada no município de Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, Brasil. Frutas de tamanho uniformes, sem qualquer defeito, foram acondicionadas em bandejas de isopor e transportadas para o Laboratório de Patologia Pós-colheita na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

### 2.1 Cultura fúngica

O isolado MO01 de *L. theobromae* utilizado no estudo foi oriundo de morangos infectados naturalmente, e pertence à coleção do Laboratório de Patologia Pós-colheita, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O isolado foi cultivado em meio batata-dextrose-ágar (BDA) a 25°C por 10 dias. A identificação molecular foi realizada através do sequenciamento das regiões gênicas do RNA ribossomal (ITS), Beta-tubulina ( $\beta t$ ) e do fator de alongação 1-alfa (*ef1- $\alpha$* ).

## 2.2 Tratamento pós-colheita

Morangos sadios foram lavados em água corrente e desinfestados com hipoclorito de sódio a 1% por três minutos, retirado o excesso do sanitizante com água corrente e deixados secar a temperatura ambiente. Em seguida, foram imersos em soluções preparadas com fosfito de potássio (PhiK) e fosfito de cálcio (PhiCa) nas doses de 2,5; 5; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup> por dez minutos e foram novamente deixados secar à temperatura ambiente.

Para o preparo do inóculo, os picnídios do isolado MO01 foram macerados em 10 mL de água destilada esterilizada (ADE) para liberação dos conídios e removidos da superfície da cultura com escova de cerdas macias, filtrados através de duas camadas de gaze esterilizada. A concentração de esporos foi determinada com câmara de Neubauer e ajustada para 10<sup>6</sup> conídios.mL<sup>-1</sup>. Após o tratamento e secagem dos morangos, os mesmos foram feridos na zona equatorial com um furador de cinto pontas e 3 mm de profundidade e inoculados com 15 µL da suspensão de esporos. O controle correspondeu apenas a morangos não tratados com fosfitos e inoculados. Em seguida, os morangos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, forradas com papel toalha umedecido, envolvidas com sacos plásticos e armazenadas sob 70 % U.R e temperatura de 25 °C. A câmara úmida foi retirada 48 h após inoculação. A unidade amostral foi composta por oito morangos em cada tratamento com cinco repetições/tratamento. O experimento foi repetido duas vezes.

## 2.3 Atividade antifúngica *in vitro* dos fosfitos

Discos de 3 mm diâmetro contendo estruturas do fungo cultivado por 5 d foram depositados no centro de placas de Petri de 90 x 15 mm contendo meio BDA juntamente com as doses e fosfitos (Phi) citados anteriormente, e incubado a 28 °C. O controle correspondeu ao crescimento do fungo em placa de Petri, sem adição de fosfito. O crescimento micelial para cada tratamento foi medido quando o controle atingiu toda a placa. Foi realizada a avaliação do crescimento micelial através da mensuração dos diâmetros ortogonais com paquímetro digital. Os resultados foram expressos em porcentagem de inibição do crescimento micelial (ICM) e calculado como descrito por Latifa et al. (2011). Foram utilizadas cinco repetições (placas) por tratamento.

A germinação de conídios foi determinada depositando 15 µL da suspensão de 10<sup>5</sup> conídios.mL<sup>-1</sup> no centro de placas de Petri com meio BD e 15 µL da solução dos Phi e doses citadas anteriormente, no mesmo local. O controle constituiu-se da suspensão de conídios em ADE. As placas foram incubadas a 25 °C por 12 h. A contagem de conídios germinados foi realizada sob um microscópio de luz modelo N101-B (Coleman Equipamentos para

Laboratório Com. e Imp. Ltda., Santo André, São Paulo) com ampliação de 40x. A germinação foi estabelecida pelo desenvolvimento de tubos germinativos e os resultados expressos em porcentagem de inibição de germinação como descrito por Latifa et al., (2011).

#### *2.4 Avaliação dos fosfitos na incidência e severidade da podridão pós-colheita de *L. theobromae* em morangos*

A incidência da doença nas frutas foi avaliada com base nos sintomas característicos da podridão por *L. theobromae* e foi quantificada pelo número de frutas apodrecidas em cada tratamento com os PhiCa e PhiK, 48 e 72 h após a inoculação. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de frutas doentes. Da mesma forma, a severidade da doença foi avaliada no mesmo período através da mensuração do diâmetro da lesão com auxílio de um paquímetro digital e os resultados expressos em mm.

#### *2.5 Avaliação dos fosfitos na qualidade físico-química dos morangos*

Para avaliar o efeito do Phi nos parâmetros de qualidade pós-colheita de morangos, os mesmos foram colhidos, tratados com os Phi e armazenados a 4 °C. Os morangos foram pesados e os resultados expressos em gramas (g). A firmeza da polpa foi medida na região equatorial do morango utilizando um penetrômetro digital (Soil Control, Bela Vista-SP, modelo PTR-300) e expressa em newtons (N). Morangos foram macerados e homogeneizados para obter uma polpa e depois filtrados para avaliação de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e pH. A porcentagem de SST foi determinada com um refratômetro digital (Pocket PAL-1 0-53% Brix (Atago Inc., WA, USA), medindo o índice de refração de 20 µL do suco. Os dados foram expressos em termos percentuais (g.100 g<sup>-1</sup> de peso fresco). Para acidez titulável (AT), titulou-se 1 ml do suco do morango diluído em 9 ml de ADE contra solução de NaOH 0,1 N (Aoac, 1995) e os resultados foram expressos como % de ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup> de peso fresco. A determinação do pH foi realizada com leitura direta em potenciômetro Quimis Q-400A (Quimis Aparelhos Científicos Ltda., Diadema, SP). Foi calculado também o índice de maturação (IM) que corresponde a razão SST:AT.

As avaliações foram realizadas no 2° e 7° d de armazenamento a 4 °C, em quinze frutas para cada tratamento. O experimento foi repetido duas vezes.

#### *2.6 Análises estatísticas*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, cada uma constituída por três frutas, considerando os produtos como tratamento. O tempo de avaliação dos parâmetros de qualidade e as cultivares foram analisados separadamente. A



análise estatística dos dados foi realizada através de análise de variância usando Statistix 9.0 (Tallahassee, FL, USA) e as médias comparadas pelo teste de diferença mínima significativa (DMS) de Fisher ( $P \leq 0,05$ ).

### 3. Resultados

#### 3.1 Atividade antifúngica *in vitro* dos fosfitos

Os Phi foram avaliados *in vitro* contra *L. theobromae* e houve efeito direto sobre o fungo (Tabela 1). Ambos os Phi demonstraram efeito fungistático contra *L. theobromae* em todas as doses. A maior dose ( $10 \text{ g.L}^{-1}$ ) dos Phi foi a mais eficiente em inibir o crescimento micelial, principalmente PhiCa que diferiu significativamente das demais ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos não inibiram a germinação de conídios, com exceção da maior dose do PhiK que apresentou diferença significativa do controle inibindo 8,3% da germinação de conídios.

#### 3.2 Avaliação dos fosfitos na incidência e severidade da podridão pós-colheita de *L. theobromae* em morangos

A incidência e a severidade da podridão em morangos das cvs. San Andreas e Benicia foram avaliadas a partir do surgimento dos sintomas, com 48 e 72 h após a inoculação do fungo. O PhiK não reduziu a incidência da podridão em morangos da cv. San Andreas nos dois períodos de avaliação (Figura 1a-b). Os resultados indicaram que a maior dose do PhiCa apresentou menor incidência da podridão em 48 e 72 h após a inoculação, no entanto não diferiu significativamente das frutas não tratadas (controle).

Por outro lado, os Phi reduziram a incidência da podridão na cv. Benicia em 48 e 72 h após a inoculação (Figura 2a-b). Na primeira avaliação, PhiK  $2,5 \text{ g.L}^{-1}$ , PhiCa 5; 7,5 e  $10 \text{ g.L}^{-1}$  foram responsáveis pela menor incidência de podridão ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle (Figura 2a). No entanto, 72 h após a inoculação, a menor dose do PhiK ( $2,5 \text{ g.L}^{-1}$ ) não exerceu efeito significativo sobre a inibição da podridão assemelhando-se com as frutas não tratadas. Os PhiK 5 e  $7,5 \text{ g.L}^{-1}$  e todas as doses do PhiCa apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) e menor incidência da podridão quando comparado ao controle (Figura 2b).

O tratamento com Phi não reduziu significativamente a severidade da podridão nos morangos na cv. San Andreas nos dois períodos de avaliação. A maior dose de PhiCa não apresentou diferença significativa do controle como foi visto também para a incidência (dados não apresentados). Já para a cv. Benicia, verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos PhiK 2,5; PhiCa 7,5 e  $10 \text{ g.L}^{-1}$  em relação ao controle 48 h após a inoculação (Figura 3a). O PhiCa  $10 \text{ g.L}^{-1}$  apresentou a mesma eficiência 72 h após a inoculação juntamente

com PhiK 7,5 e PhiCa 2,5 g.L<sup>-1</sup>, os quais apresentaram menor severidade ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle (Figura 3b).

### 3.3 Avaliação dos fosfitos na qualidade físico-química dos morangos

Os valores obtidos com os parâmetros peso e firmeza são mostrados na Tabela 2. Quanto ao peso, frutas tratadas da cv. San Andreas não sofreram redução significativa em relação ao controle ( $p > 0,05$ ), com valores variando de 11 a 14 g. Para a cv. Benicia, apenas o PhiK 2,5 g.L<sup>-1</sup> reduziu o peso das frutas nos dois períodos de avaliação. As frutas não tratadas apresentaram uma média de 18,1 g enquanto em frutas tratadas com PhiK 0,25 % o peso médio foi de 14 g.

Somente o PhiCa 5 e 10 g.L<sup>-1</sup> preservaram a firmeza, não diferindo significativamente das frutas cv. San Andreas que não foram tratadas (Tabela 2). Os demais tratamentos comprometeram a firmeza, já que foram observados valores menores que o controle ( $p < 0,05$ ). Em morangos cv. Benicia tratados com PhiCa 2,5 e PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> foram mais firmes e diferiram significativamente do controle ( $p < 0,05$ ).

Os parâmetros sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e o índice de maturação (IM), que trata-se da relação SST/AT, foram determinados nos morangos. Para o teor de SST das frutas cv. San Andreas, os tratamentos não diferiram significativamente do controle, exceto o PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> que resultou menor valor de SST, no 2º d de armazenamento ( $p < 0,05$ ) (Figura 4a). Em contrapartida, no 7º d de armazenamento, não houve diferença significativa dos tratamentos com o controle, com valor de SST variando de 6,9 a 7,6 %. Houve uma tendência de aumento do SST do 2º para o 7º d em frutas que receberam tratamentos com PhiK 5; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup> e PhiCa 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup>.

Em frutas cv. Benicia, os tratamentos com Phi não apresentaram diferença significativa em relação ao controle nos dois períodos de avaliação, com valores de SST em torno de 5,6 a 6,7 % (Figura 4b).

A AT dos morangos cv. San Andreas não tratados (controle) e tratados apresentaram valores semelhantes, não diferindo significativamente entre si, no 2º d de armazenamento (Figura 5a). Em contrapartida, no 7º d, o PhiCa 7,5 g.L<sup>-1</sup> apresentou valor maior e PhiK 5; 7,5 e 1 g.L<sup>-1</sup> com valores menores comparado ao controle. Os morangos da cv. Benicia tratados com PhiCa 2,5 e 7,5 g.L<sup>-1</sup> apresentaram valores de AT menores que o controle no 2º d de armazenamento (Figura 5b). No 7º d, O PhiK 5 g.L<sup>-1</sup> e todas as doses do PhiCa apresentaram valores maiores comparados ao controle. Dessa forma, os tratamentos exerceram alteração na acidez do morango, com aumento que variou de 0,31 a 0,35 g.ác.cítrico.100g<sup>-1</sup> comparado ao controle, com valor médio de 0,24 g.ác.cítrico.100g<sup>-1</sup>.

Em relação ao IM (SST:AT), na cv. San Andreas, no 2° d, não houve diferença significativa dos tratamentos em relação ao controle (Figura 6a). No 7° d, morangos sob tratamento com PhiK 10 g.L<sup>-1</sup> apresentaram valor maior de IM diferindo significativamente do controle e de todas as doses de PhiCa (p<0,05). Para morangos cv. Benicia tratados com PhiCa 2,5 e 7,5 g.L<sup>-1</sup> valores maiores de IM foram observados diferindo significativamente do controle, no 2° d (Figura 6b). Ao longo do armazenamento, no 7° dia, morangos não tratados apresentaram maior valor de IM (26), diferindo significativamente do PhiK 5 e 10 g.L<sup>-1</sup> e todas as doses de PhiCa (p<0,05).

O pH dos morangos não tratados (controle) cv. San Andreas foi maior (3,36) e diferiu significativamente dos demais nos dois períodos de avaliação (p<0,05), com exceção de PhiCa 2,5 g.L<sup>-1</sup> com valor de 3,34 no 2° d (Figura 7a). Para morangos cv. Benicia, no 2° d, o controle não diferiu significativamente dos tratamentos Phi K 10 g.L<sup>-1</sup> e PhiCa 2,5 g.L<sup>-1</sup> com valor de pH 3,12 (Figura 7b). No 7° d, o pH do controle (3,64) foi menor que todos os tratamentos (p<0,05), exceto do PhiK 2,5 g.L<sup>-1</sup> que não houve diferença significativa. Houve tendência de aumento do pH ao longo do armazenamento nessa cultivar.

#### 4. Discussão

Estudos mostram o efeito direto do Phi sobre fungos fitopatogênicos na redução do crescimento micelial, produção e germinação de esporos em *Colletotrichum tamarilloi* (Alexandre et al., 2014), *Penicillium digitatum* (Cerioni et al. 2013) e *Phytophthora plurivora* (Dalio et al., 2014). No presente estudo, os resultados mostraram a redução do crescimento micelial principalmente na maior dose dos Phi. No entanto, os tratamentos não afetaram a germinação de conídios, mesmo nas maiores concentrações empregadas. Segundo Lobato et al. (2010) diversos fatores como o organismo testado, a quantidade de produto e o tipo de íon ligado ao Phi influenciam na eficiência da redução do crescimento micelial.

O tratamento dos morangos em pós-colheita com Phi foi uma estratégia eficaz para o controle da podridão causada por *L. theobromae* na cv. Benicia, mas não foi eficaz na cv. San Andreas. A incidência da doença com 48h após a inoculação foi alta na cv San Andreas, mesmo em morangos tratados com doses altas de PhiK e PhiCa. A resposta a danos físicos e a suscetibilidade à infecção por patógenos varia com a cultivar (Amil-Ruiz et al., 2011) e pode explicar parcialmente a ineficiência do produto. Os morangos reteram mais umidade após a imersão nos produtos levando a alta incidência da podridão. Os resultados sugerem que para a cv. San Andreas isso pode ter influenciado negativamente, pois a umidade favoreceu a infecção por *L. theobromae*. O efeito do tratamento pós-colheita é um fator que também pode apresentar diferença dependendo da cultivar utilizada, conforme demonstrado por Lopes et al. (2014) em

que a quitosana foi eficiente para o controle do mofo cinzento em morangos na cv Oso Grande, mas não foi na cv. Camarosa. No entanto, nesse estudo, a incidência da podridão foi alta nas duas cultivares quando avaliada 72 h após a inoculação.

O PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> proporcionou redução na incidência e severidade da podridão em 48 h com proteção por até 72 h após a inoculação em frutas cv. Benicia. Esse resultado foi consistente com Lopes et al. (2017) e Cruz et al. (2015) os quais verificaram eficiência do PhiCa no controle da antracnose em mamão e goiaba pós-colheita. O PhiK 2,5 g.L<sup>-1</sup> reduziu a incidência e severidade da podridão no morango mas não manteve após 72 h. O PhiK também foi tão eficaz quanto os fungicidas testados quando aplicados em morangos na pré-colheita para a redução da podridão causada por *Phytophthora cactorum* (Rebollar-Alviter et al., 2007). O morango é uma fruta de curta vida de prateleira, sendo que o manuseio e o tipo de tratamento pós-colheita pode prejudicar a sua qualidade. A eficiência do tratamento também é influenciada por fatores como o tipo do patógeno envolvido, época de aplicação e o estado fisiológico do hospedeiro (Singh et al., 2017).

De acordo com Olivieri et al. (2012) a aplicação de fosfitos pode induzir modificações moleculares as quais podem levar ao aumento das respostas de defesa da planta. O Phi tem sido considerado uma alternativa no manejo de doenças pós-colheita pela sua atividade antimicrobiana, baixo impacto ambiental e baixo custo de produção, no entanto, ainda faltam mais estudos sobre o modo de ação (Lai et al., 2017).

Há poucos estudos também sobre a influência dos Phi na qualidade do morango em pós-colheita e os resultados apresentados indicam o efeito da aplicação do PhiK e PhiCa em duas cultivares: San Andreas e Benicia. Essas são comumente produzidas em pequena propriedade, sob sistema de cultivo orgânico, sem aplicação de defensivos agrícolas, no município de Brejo da Madre de Deus, agreste do estado de Pernambuco, Brasil.

O tratamento dos morangos com PhiK 2,5 g.L<sup>-1</sup> apesar de ter sido eficiente na redução da incidência e severidade da doença com 48 h após a inoculação, ocasionou redução do peso dos morangos da cv. Benicia. O peso é um parâmetro importante no estudo da qualidade de frutos e pode ser influenciado por diversos fatores como condições edafoclimáticas, variedade e manuseio pós-colheita (Chitarra; Chitarra, 2005).

A firmeza da polpa do fruto é um dos indicadores mais importantes para o prazo de validade, o potencial de preservação, a aceitação do consumidor e o valor de mercado das produtos hortifrutícolas (Asghari; Hasanlooe, 2016). O morango torna-se mais amolecido à medida que a lamela média das células do parênquima cortical se degrada e as pectinas diminuem durante o armazenamento pós-colheita (Yan et al., 2019). No presente estudo, a

firmeza das duas cultivares reduziu ligeiramente do 2° para o 7° d nos morangos tratados e não tratados. Curiosamente, morangos da cv. San Andreas não tratados foram mais firmes, demonstrando que os Phi aceleraram o processo de amolecimento.

Os valores de SST de morangos cv. Benicia foram similares aos dos estudos de Ibrahim et al. (2017) quando os morangos foram armazenados a 4 °C, mas diferentes dos obtidos por Ferreira et al. (2019), que verificaram morangos com maior teor de SST. O autores explicam que possivelmente esse valor foi alto porque as plantas são cultivadas ao ar livre em que ocorrem temperaturas amenas à noite e altas durante o dia. Na cv. San Andreas os valores de SST apresentaram-se um pouco acima dos valores encontrados para essa cultivar (Chaves et al., 2017). O teor de SST dos morangos na cv. Benicia foi menor que na cv. San Andreas onde a severidade da doença também foi menor, tendo em vista que frutas com maior acumulação de açúcares são mais propensas a infecção fúngica (Prusky e Wilson, 2018). Segundo estes autores, esse fator contribui com a ativação dos fatores de patogenicidade do fungo.

A perda da acidez está relacionada ao processo natural de maturação das frutas, pois ocorre a utilização dos ácidos orgânicos, principalmente cítrico e málico em morangos, como substrato no processo respiratório via ciclo de Krebs (Mazaro et al., 2008). No presente estudo, o PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> aumentou o teor de AT na cv. Benicia, entretanto, foi o tratamento que apresentou menor incidência e severidade da podridão. Isso sugere que o produto pode ter retardado o amadurecimento, impedindo a redução da acidez. O resultado foi consistente com Dambros et al. (2016) e Spolti et al. (2015) que verificaram aumento da AT em uva e maçã após imersão em diferentes fosfitos. O tratamento pós-colheita pode levar a um aumento da AT em morangos (Petriccione et al., 2015; Yan et al., 2019).

O IM (SST:AT) é o parâmetro mais importante na avaliação da qualidade do morango pois determina a harmonia do sabor e a aceitabilidade do consumidor. Em morangos cv. San Andreas houve um aumento do IM ao longo do armazenamento de acordo com o processo de maturação. PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> foi responsável pela menor incidência e severidade da podridão em morangos cv. Benicia. Esse fato foi confirmado pela observação dos parâmetros físicos e químicos, em que os morangos foram mais firmes e o IM foi menor, demonstrando o atraso do amadurecimento. Nessa condição, existe maior concentração de compostos antifúngicos pré-formados e respostas de defesa do hospedeiro, por isso, o estado fisiológico da fruta é determinante para o ataque do fungo (Prusky et al., 2010). Com relação aos valores obtidos para pH na cv. San Andreas (entre 2,68 e 3,78), estão de acordo com aqueles encontrados por Tonin et al. (2017). Na cv. Benicia valores de pH foram maiores no 7° d corroborando com estudos de Françoso et al. (2008), onde o pH também aumentou ao longo do armazenamento.

Esse trabalho é o primeiro estudo que avalia o uso de fosfitos no manejo alternativo da podridão causada por *L. theobromae* e na qualidade físico-química de morangos pós-colheita produzidos em Pernambuco, Brasil.

## 5. Conclusões

Os PhiK e PhiCa apresentaram efeito direto sobre *L. theobromae*. O PhiK 2,5 g.L<sup>-1</sup> proporcionou efeito protetor até 48 h em morangos da cv. Benicia, no entanto reduziu o peso médio das frutas. O PhiCa 10 g.L<sup>-1</sup> reduziu a incidência e severidade da podridão em morangos da cv. Benicia, ao atrasar o amadurecimento com menor índice de maturação e maior acidez das frutas. Em contrapartida, os Phi não foram eficazes na redução da podridão em morangos da cv. San Andreas.

## Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, com bolsa de doutorado a D. D. Amaral.

## Referências

- Achary, V.M.M., Ram, B.; Manna, M., Datta, D., Bhatt, A., Reddy, M. K., Agrawal, P. K., 2017. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. *Plant Biotechnology Journal*. 15, 1493-1508.
- Alexandre, E.R., Herculano, L.M., Silva, J.M., Oliveira, S.M.A., 2014. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 49, 930-938.
- Amil-Ruiz, F., Blanco-Portales, R., Muñoz-Blanco, J., Caballero, J.L., 2011. The strawberry plant defense mechanism: a molecular review. *Plant and Cell Physiology*. 52, 1873–1903.
- Ansah, F. A., Amodio, M.L., Colelli, G., 2018. Quality of fresh-cut products as affected by harvest and postharvest operations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98, 3614-3626.
- Aoac, (1995). *Official methods of analysis* (16th ed.). Washington DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Asghari, M.; Hasanlooe, A.R., 2016. Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and Total Antioxidant content in harvested “Sabrosa” strawberry fruit. *Food Science and Nutrition*, 4, 377-383.
- Burra, D.D., Berkowitz, O., Hedley, P., Morris, J., Resjo, S., Levander, F., Liljeroth, E., Andreasson, E., Alexandersson, E. 2014. Phosphite-induced changes of the transcriptome and secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against *Phytophthora infestans*. *BMC Plant Biology*. 14, 2-17.

Caleb, O.J., Ilte, K., Herppich, W.B., Geyer, M., Mahajana, P.V., 2019. Impacts of minimal processing and hot water dipping of 'Sonata' strawberries on volatiles emitted during storage. *Scientia Horticulturae*. 243, 385-391.

Cerioni, L., Sepulveda, M., Rubio-Ames, Z., Volentini, S. I., Rodríguez Montelongo, L., Smilanick, J. L., Ramallo, J., Rapisarda, V. A., 2013. Control of lemon postharvest diseases by low-toxicity salts combined with hydrogen peroxide and heat. *Postharvest Biology and Technology*. 83, 17-21.

Chaves, V.C., Calvete, E., Reginatto, F.H., 2017. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivars. *Scientia Horticulturae*. 225, 293-298.

Chitarra, M.I.F., Chitarra, A.B., 2005. Estresses e desordens fisiológicas. in: Chitarra, M.I.F., Chitarra, A.B. (Eds) Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. UFLA, Lavras.

Contigiani, E.V., Jaramillo-Sánchez, G., Castro, M.A., Gómez, P.L., Alzamora, S.M., 2018. Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albion) as affected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. *Food and Bioprocess Technology*. 11, 1639-1650.

Cruz, A.F., Medeiros, N.L., Benedet, G.L., Araújo, M.B., Uesugi, C.H., Silva, M.A., Ferreira, V., Peixoto, J.R., Blum, L.E.B., 2015. Control of post-harvest anthracnose infection in guava (*Psidium guajava*) fruits with phosphites, calcium chloride, acetyl salicylic acid, hot water, and 1-MCP. *Horticultural Environmental Biotechnology*. 56, 1-11.

Dalio, R.J.D., Fleischmann, F., Humez, M., Osswald, W., Phosphite protects *Fagus sylvatica* seedlings towards *Phytophthora plurivora* via local toxicity, priming and facilitation of pathogen recognition. *Plos One*. 9, 1-10.

Dambros, D., Monteiro, A.L.R., Melo, A.P., Lins, S.R.O., Oliveira, S.M.A., 2016. Caracterização epidemiológica e fosfitos no manejo da podridão por *Aspergillus niger* em uva de mesa. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 11, 171-177.

Deliopoulos, T., Kettlewell, P.S., Hare, M.C., 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. *Crop Protection*, 29, 1059-1075.

Eshraghi, L.; Anderson, J.; Aryamanesh, N.; Shearer, B.; McComb, J.; Hardy, G. E. ST J.; O'Brien, P. A., 2011. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology*. 60, 1086-1095.

Françoso, I.L.T., Couto, M.A.L., Canniatti-Brazaca, S.G., Arthur, V., 2008. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria x ananassa* Duch.) irradiados e armazenados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 28, 614-619.

Feliziani, E., Romanazzi, G., 2016. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. *Journal of Berry Research*. 6, 47-63.

- Ferreira, J.F.S., Liu, X., Suarez, D.L., 2019. Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. *Scientia Horticulturae*. 243, 401-410.
- Forges, M., Vàsquez, H., Charles, F., Chabane Saric, D., Urban, L., Lizzi, Y., Bardin, M., Aarouf, J., 2018. Impact of UV-C radiation on the sensitivity of three strawberry plant cultivars (*Fragaria x ananassa*) against *Botrytis cinerea*. *Scientia Horticulturae*. 240, 603-613.
- Ibrahim, M.A., Sharoba, A.M., El Waseif, K.H., El Mansy. H.A., El Tanahy, H., 2017. Effect of edible coating by chitosan with lemongrass and thyme oils on strawberry quality and shelf life during storage. *Journal of Food Technology and Nutritional Sciences*. 3, 1-11.
- Kelly, K., Madden, R., Emond, J. P., Nunes, M.C.N., 2019. A novel approach to determine the impact level of each step along the supply chain on strawberry quality. *Postharvest Biology and Technology*. 147, 78–88.
- King, M., Reeve, W., Van der Hoek, M.B., Williams, N., McComb, J., O'Brien, P.A., Hardy, G.E.St.J. 2010. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Genetics and Genomics*. 184, 425-435.
- Lai, T., Wang, Y., Fan, Y., Zhou, Y., Bao, Y., Zhou, T., 2017. The response of growth and patulin production of postharvest pathogen *Penicillium expansum* to exogenous potassium phosphite treatment. *International Journal of Food Microbiology, Amsterdam*, 244, 1-10.
- Lara, I., García, P., Vendrell, M., 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 34, 331-339.
- Latifa, A., Idriss, T., Hassan, B., Amine, S.M., Hassane, B.E., Abdellah, A.B.A. 2011. Effects of organic acids and salts on the development of *Penicillium italicum*: the causal agent of citrus blue mold. *Plant Pathology Journal*. 10, 99-107.
- Lobato, M.C., Olivieri, F.P., Daleo, G.R., Andreu, A.B., 2010. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *Journal of Plant Disease and Protection*. 117, 102-109.
- Lopes, U.P., Zambolim, L., Costa, H., Pereira, O.L., Finger, F.L., 2014a. Potassium silicate and chitosan application for gray mold management in strawberry during storage. *Crop Protection*. 63, 103-106.
- Lopes, U.P., Zambolim, L., Pinho, D.B., Barros, A.V., Costa, H., Pereira, O.L., 2014b. Postharvest rot and mummification of strawberry fruits caused by *Neofusicoccum parvum* and *N. kwambonambiense* in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 39, 178-183.
- Lopes, U.P., Zambolim, L., Capobianco, N. P., Gracia, N.A.O., Freitas-Lopes, R.L., 2017a. Resistance of *Botrytis cinerea* to fungicides controlling gray mold on strawberry in Brazil. *Bragantia*. 76, 266-272.



- Lopes, L.F., Cruz, A.F., Barreto, M.L.A., Vasconcelos, T.M.M., Blum, L.E.B., 2017b. Post-harvest treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 93, 1-7.
- Mazaro, S.M., Deschamps, C., May-de-Mio, L.L., Biasi, L.A. Gouvea, A., Sautter, C. K., 2008. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-smetil. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 30, 185-190.
- McDonald, A.E., Grant, B.R., Plaxton, W.C., 2001. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. *Journal of plant nutrition*. 24, 1505-1519.
- Nam, M.H., Park, M.S., Kim, H.S., Kim, T.I., Lee, E.M., Park, J.D., Kim, H.G., 2016. First Report of Dieback Caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Strawberry Plants in Korea. *Mycobiology*. 44, 319-324.
- Oliveira, J., Parisi, M.C.M., Baggio, J.S., Silva, P.P.M., Paviani, B., Spoto, M.H.F., Gloria, E.M., 2019. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. *International Journal of Food Microbiology* 292, 150-158.
- Olivieri, F.P., Feldman, M.L., Machinandiarena, M. F., Lobato, M. C., Caldiz, D. O., Daleo, G. R., Andreu, A. B., 2012. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. *Crop Protection*.32, 1-6.
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M.S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., Scortichini, M. 2015. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*. 4, 501-523.
- Prusky, D.B., Wilson, R.A., 2018. Does increased nutritional carbon availability in fruit and foliar hosts contribute to modulation of pathogen colonization? *Postharvest Biology and Technology*. 145, 27-32.
- Prusky, D., Alkan, N., Miyara, I., Barad, S., Davidzon, M., Kobiler, I., Brown-Horowitz, S.; Lichter, A.; Sherman, A.; Fluhr, R., 2010. Mechanisms modulating postharvest pathogen colonization of decaying fruits, in: Prusky, D.; Gullino, M. L. (Eds.) *Postharvest Pathology. Plant Pathology in the 21st Century*. Springer Science+Business, Dordrecht, p. 43-55.
- Rebollar-Alviter, A., Madden, L.V., Ellis, M.A., 2007. Pre- and post-infection activity of azoxystrobin, pyraclostrobin, mefenoxam, and phosphite against leather rot of strawberry, caused by *Phytophthora cactorum*. *Plant Disease*. 91, 559-564.
- Singh, B.K., Yadav, K.S., Verma, A. 2017. Impact of postharvest diseases and their management in fruit crops: an overview. *Journal of Bio Innovation*. 6, 749-760.
- Smillie, R., Grant, B.R., Guest, D., 1989. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology*. 79, 921-926.
- Spolti, P., Valdebenito-Sanhueza, R.M., Campos, A. D., Del Ponte, E.M., 2015. Modo de ação de fosfitos de potássio no controle da podridão olho de boi em maçã. *Summa Phytopathologica*. 41, 42-48.

- Tonin, J., Machado, T.J.M., Benati, J.A., Rohrig, B., Sobucki, L., Chassot, T., Schneider, E.P., 2017. Yield and quality of fruits of strawberry cultivars in an organic production system. *Científica*. 45, 271-277.
- Ueno, B., Costa, H., 2016. Doenças causadas por fungos e bactérias, in: Antunes, L.E.C., Reisser Junior, C., Schwengber, J.E. (Eds.), *Morangueiro*, 1 ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 15-34.
- Vilaplana, R., Pazmiño, L., Valencia-Chamorro, S., 2018. Control of anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, on postharvest organic banana by thyme oil. *Postharvest Biology and Technology*. 138, 56-63.
- Wei, Y., Wei, Y., Xu, F., Shao, X., 2018. The combined effects of tea tree oil and hot air treatment on the quality and sensory characteristics and decay of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*. 136, 139-144.
- Yan, J., Luo, Z., Ban, Z., Lu, H., Li, D., Yang, D., Aghdam, M.S., Li, L., 2019. The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 147, 29-38.
- Yildiz, A., Benlioglu, K., Benlioglu, H.S., 2014. First Report of Strawberry Dieback Caused by *Lasiodiplodia theobromae*. *Plant disease*. 98, 1579.3.

**Tabela 1** Efeito do fosfito de potássio (PhiK) e cálcio (PhiCa) sobre o crescimento micelial e germinação de conídios de *Lasiodiplodia theobromae*

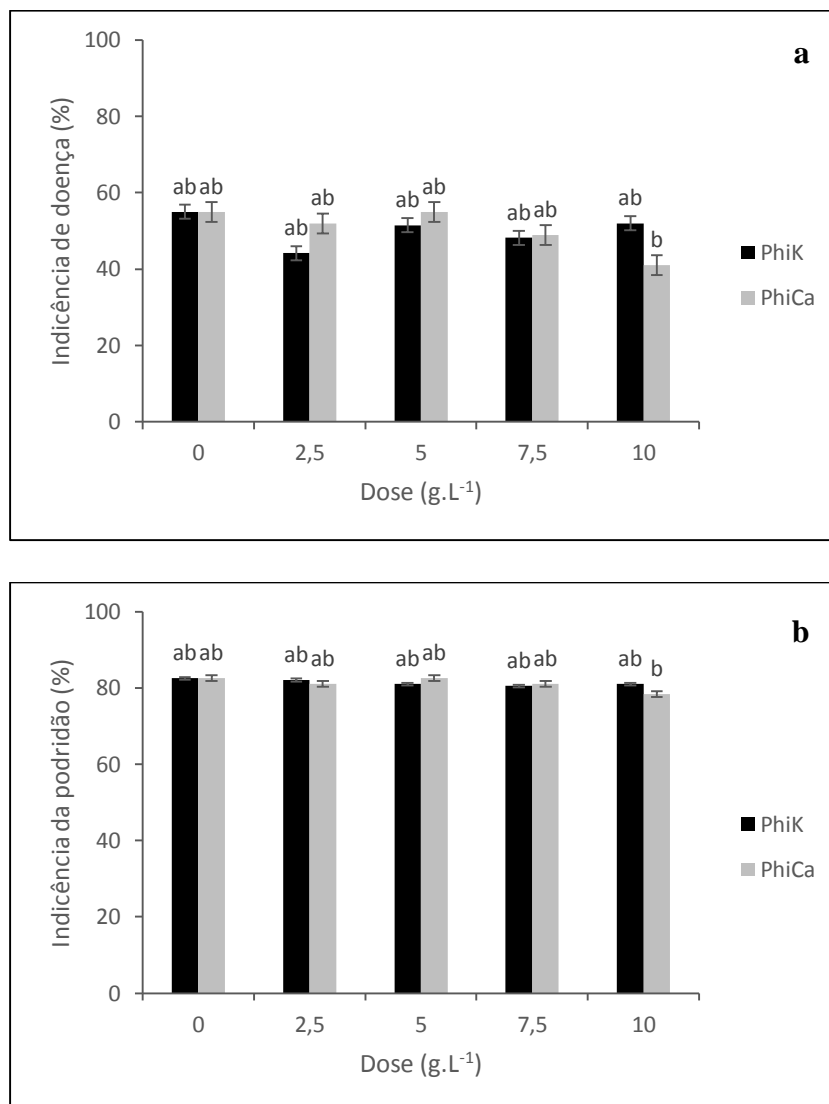
Concentração dos fosfitos (g.L <sup>-1</sup> )	PhiK			PhiCa		
	CM (mm)	ICM (%)	IGERM (%)	CM (mm)	ICM (%)	IGERM (%)
0 (controle)	90,00 a	0,00 g	0* b	90,00 a	0,00 g	0 b
2,5	13,63 bc	84,86 ef	1,18 ab	16,14 b	82,07 f	0,11 ab
5	11,64 c	87,07 e	0 b	8,26 d	90,82 d	1,47 ab
7,5	5,65 de	93,73 cd	4,69 ab	3,75 ef	95,84 bc	0,21 b
10	1,72 fg	98,09 ab	8,29 a	0,61 g	99,32 a	1,38 ab

\*Os dados são referentes a médias de cinco repetições. Valores seguidos por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste LSD. CM: Crescimento micelial; ICM: Inibição do crescimento micelial; IGERM: Inibição da germinação de conídios.

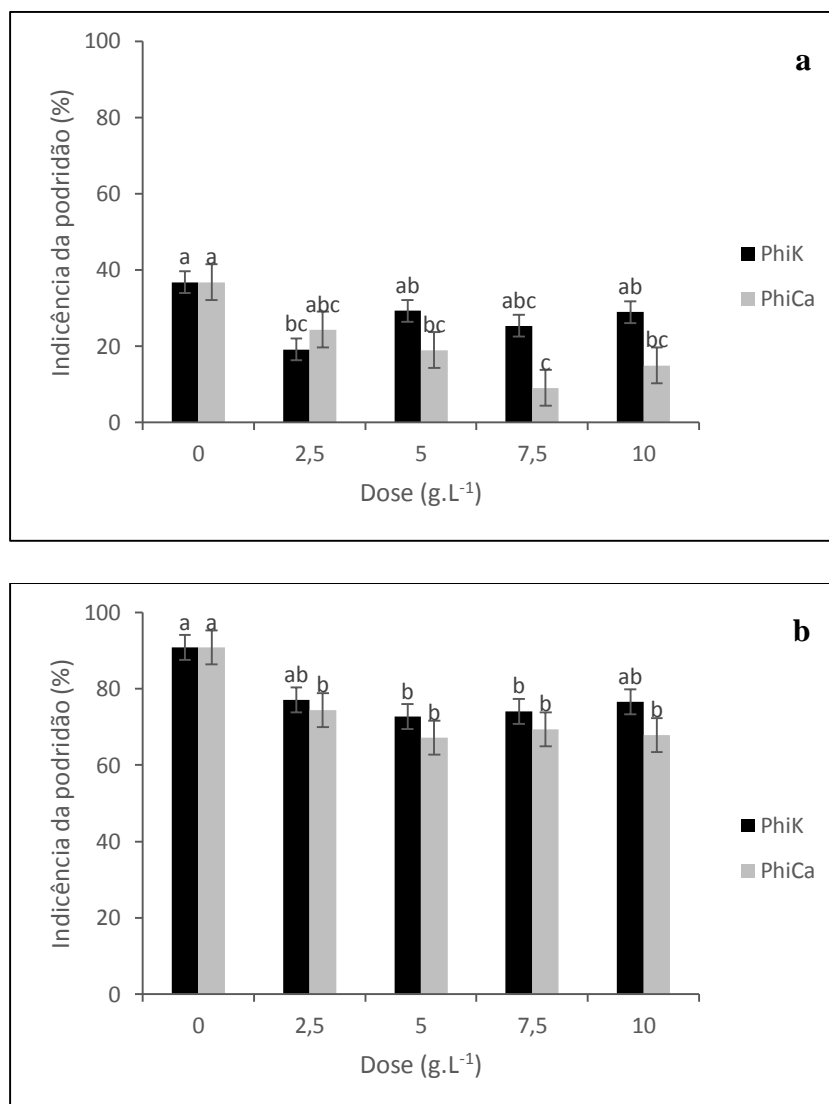
**Tabela 2** Peso e firmeza de morangos sob tratamento com fosfito de cálcio (PhiCa) e potássio (PhiK) e avaliados durante o armazenamento a 4 °C

Cultivar	Tratamento	Peso (g)		Firmeza (N)
		2° d	7° d	7° d
San Andreas	Controle	13,8	13,1	6,9 a
	PhiK 2,5 g.L <sup>-1</sup>	12,6	12,3	5,5 b
	PhiK 5 g.L <sup>-1</sup>	11,9	11,6	5,8 b
	PhiK 7,5 g.L <sup>-1</sup>	13,4	13,1	5,9 b
	PhiK 10 g.L <sup>-1</sup>	13,5	13,2	6,1 b
	PhiCa 2,5 g.L <sup>-1</sup>	13,0	12,6	5,5 b
	PhiCa 5 g.L <sup>-1</sup>	14,3	14,0	6,3 ab
	PhiCa 7,5 g.L <sup>-1</sup>	13,7	13,4	5,4 b
	PhiCa 10 g.L <sup>-1</sup>	12,9	12,6	6,3 ab
	CV	NS	NS	13,35
Benicia	Controle	18,6 a	17,7 a	4,3 c
	PhiK 2,5 g.L <sup>-1</sup>	14,3 b	13,7 b	5,0 abc
	PhiK 5 g.L <sup>-1</sup>	17,4 a	16,5 a	4,4 c
	PhiK 7,5 g.L <sup>-1</sup>	17,5 a	16,9 a	5,0 abc
	PhiK 10 g.L <sup>-1</sup>	17,5 a	16,7 a	4,9 abc
	PhiCa 2,5 g.L <sup>-1</sup>	17,5 a	16,7 a	5,6 a
	PhiCa 5 g.L <sup>-1</sup>	17,4 a	16,5 a	4,7 c
	PhiCa 7,5 g.L <sup>-1</sup>	18,6 a	17,7 a	4,7 c
	PhiCa 10 g.L <sup>-1</sup>	17,7 a	18,7 a	5,4 ab
	CV	8,25	8,50	11,90

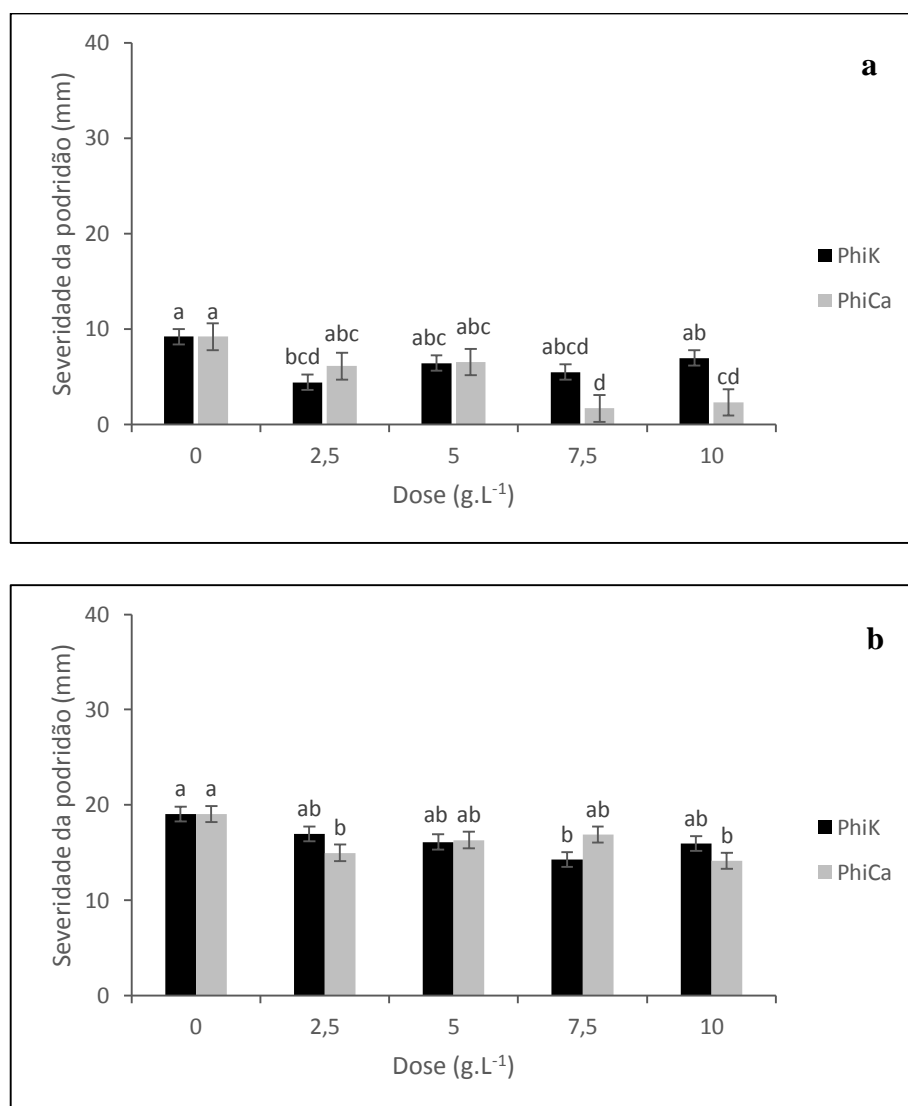
\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ). CV: Coeficiente de variação. NS: não significativo; 2° d: 2 dias após tratamento e armazenamento a 4 °C; 7° d: 7 dias após tratamento e armazenamento a 4 °C.



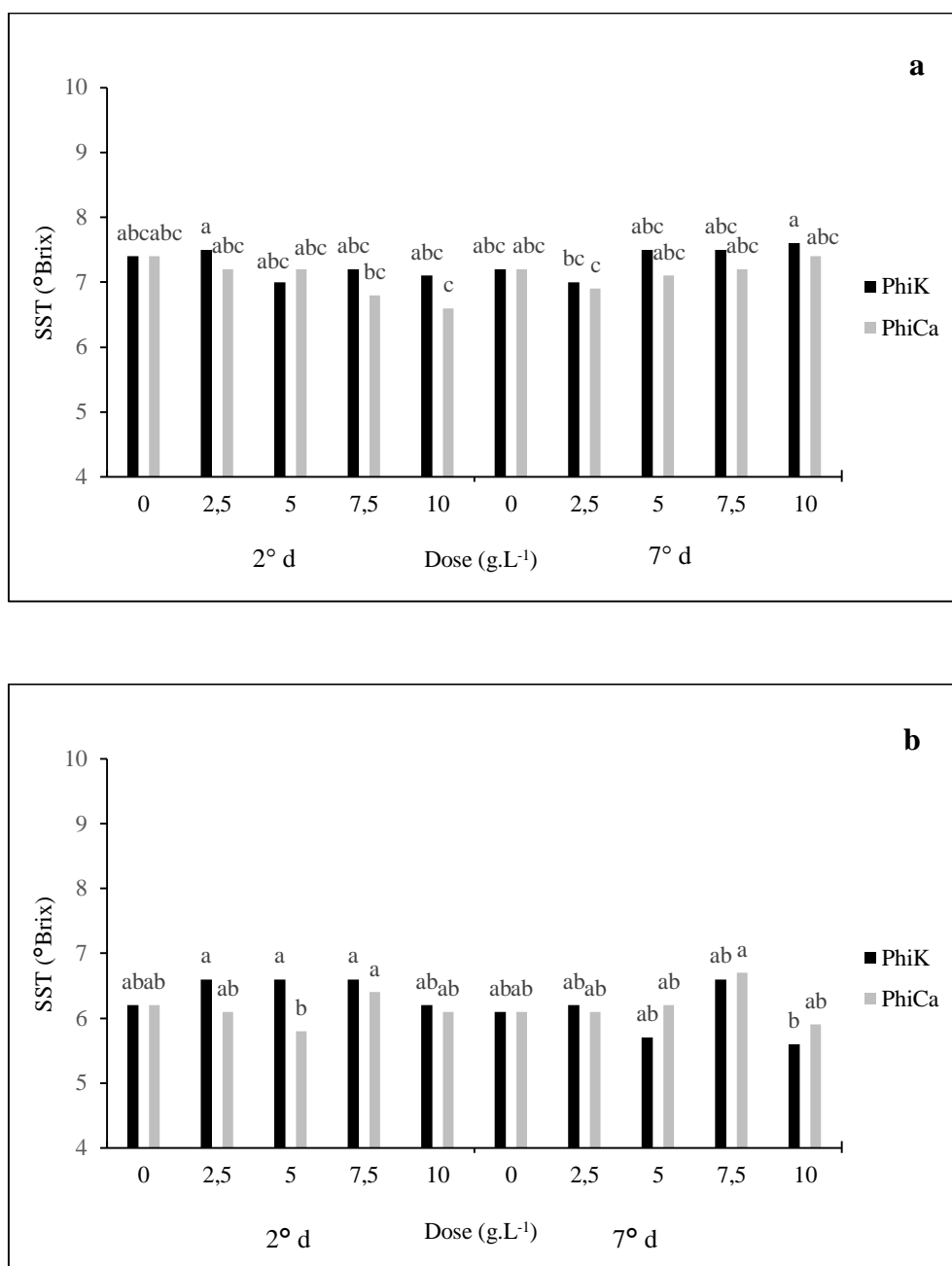
**Figura 1.** Incidência da podridão em morangos cv. San Andreas não tratados (dose 0) e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup> e inoculados com *Lasiodiplodia theobromae*. A avaliação foi realizada 48 h (a) e 72 h (b) após a inoculação. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).



**Figura 2.** Incidência da podridão em morangos cv. Benicia não tratados (dose 0) e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup> e inoculados com *Lasiodiplodia theobromae*. A avaliação foi realizada 48 h (a) e 72 h (b) após a inoculação. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

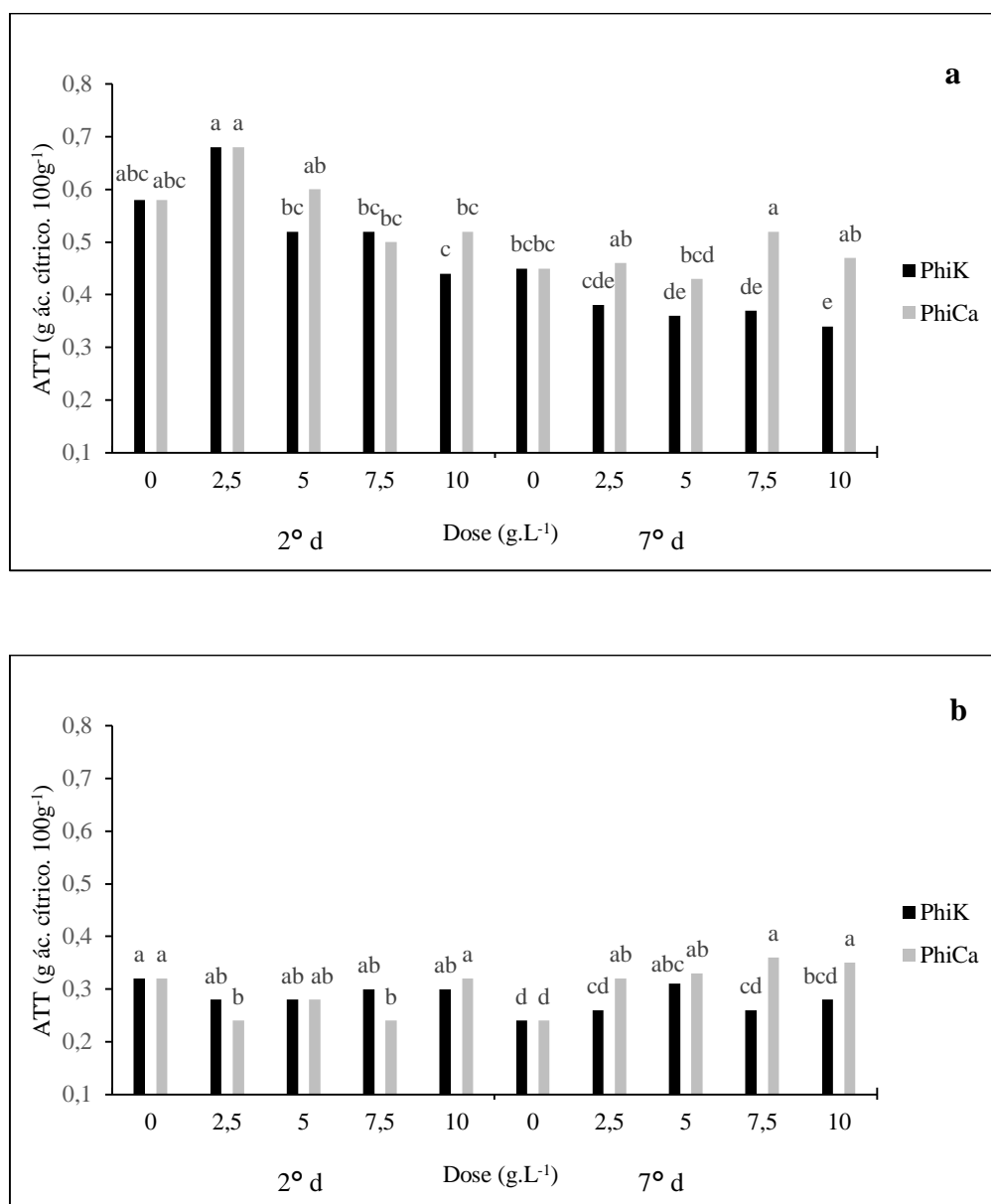


**Figura 3.** Severidade da podridão em morangos cv. Benicia não tratados (dose 0) e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup> e inoculados com *Lasiodiplodia theobromae*. A avaliação foi realizada 48 h (a) e 72 h (b) após a inoculação. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS ( $p < 0,05$ ).

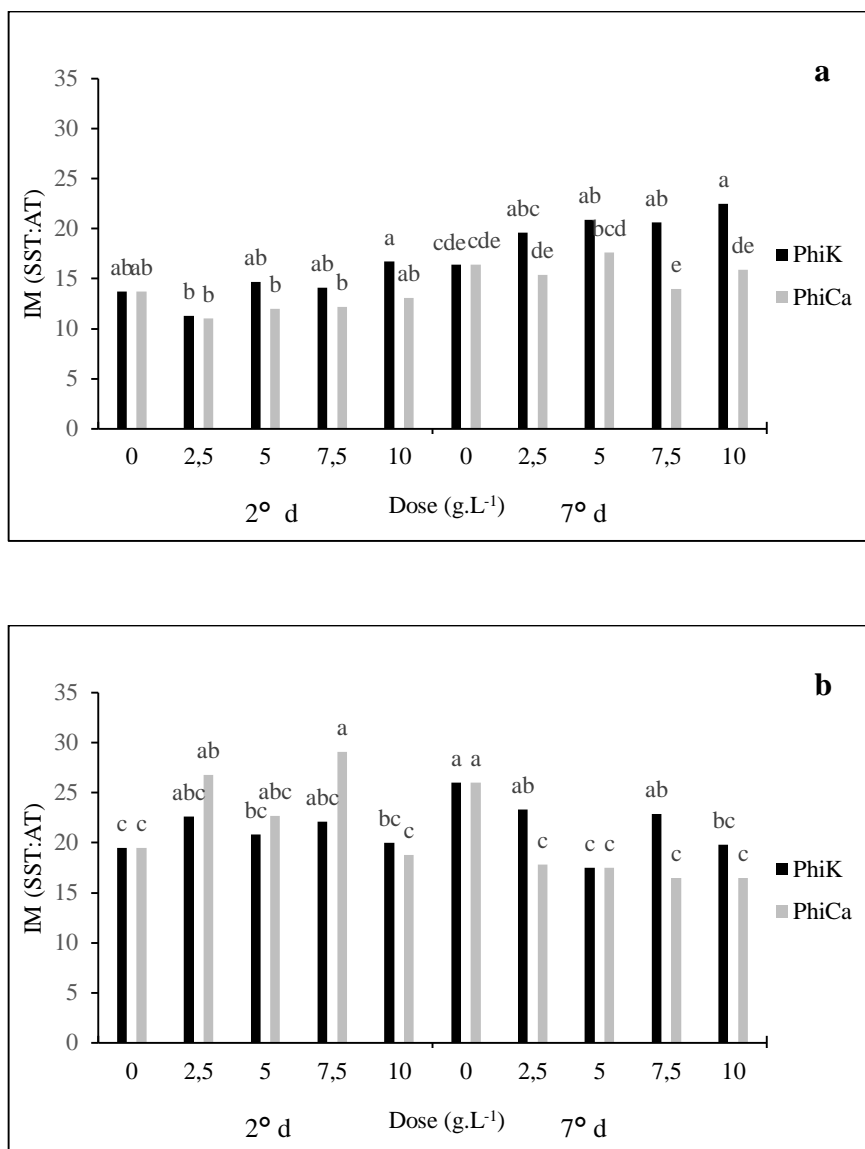


**Figura 4.** Sólidos solúveis totais (SST) de morangos cv. San Andreas (a) e Benicia (b) não tratados e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup>. A avaliação foi realizada no 2° d e 7° d de armazenamento a 4 °C. \*Médias seguidas por letras iguais em cada período não diferem significativamente entre si pelo teste de Fisher DMS (p<0,05).

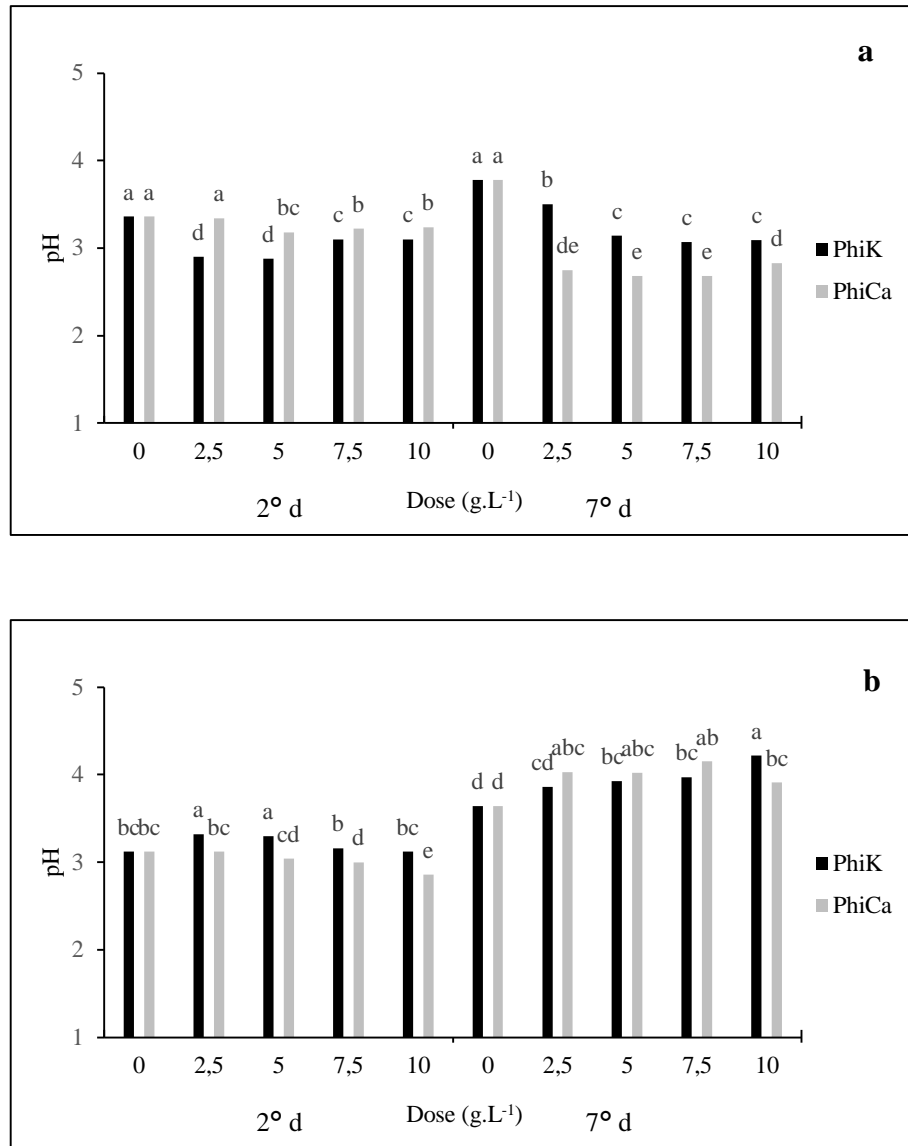




**Figura 5.** Acidez titulável (AT) de morangos cv. San Andreas (a) e Benicia (b) não tratados e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup>. A avaliação foi realizada no 2º d e 7º d de armazenamento a 4 °C. \*Médias seguidas por letras iguais em cada período não diferem significativamente entre si pelo teste de Fischer DMS (p<0,05).



**Figura 6.** Índice de maturação (IM) de morangos cv. San Andreas (a) e Benicia (b) não tratados e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup>. A avaliação foi realizada no 2° d e 7° d de armazenamento a 4 °C. \*Médias seguidas por letras iguais em cada período não diferem significativamente entre si pelo teste de Fischer DMS (p<0,05).



**Figura 7.** pH de morangos cv. San Andreas (a) e Benicia (b) não tratados e tratados com PhiK e PhiCa nas doses 2,5; 5,0; 7,5 e 10 g.L<sup>-1</sup>. A avaliação foi realizada no 2° d e 7° d de armazenamento a 4 °C. \*Médias seguidas por letras iguais em cada período não diferem significativamente entre si pelo teste de Fischer DMS (p<0,05).

## CONCLUSÕES GERAIS

- *Lasiodiplodia theobromae* isolado de morango foi patogênico aos hospedeiros maracujá, mamão, acerola e manga e as cultivares de morango Benícia, San Andreas e Aromas, mostrando-se agressivo na deterioração do tecidos das frutas;
- A podridão por *L. theobromae* foi severa em morangos oriundos dos sistemas de cultivo orgânico e convencional;
- Ferimento e duração da umidade não foram determinantes para a ocorrência da podridão, no entanto a severidade foi maior em morangos completamente maduros e inoculados na concentração de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup> oriundos de ambos os sistemas de cultivo;
- Os fosfitos de potássio (PhiK) e cálcio (PhiCa) apresentaram ação direta sobre *L. theobromae in vitro*;
- Os Phi não foram eficientes no controle da podridão por *L. theobromae* em morangos cv. San Andreas, além de promoverem a redução da firmeza das frutas;
- Phi Ca 10 g.L<sup>-1</sup> apresentou efeito protetor no controle da podridão por *L. theobromae* em morangos cv. Benícia e aumentou a firmeza nos mesmos;
- De modo geral, Phi Ca 10 g.L<sup>-1</sup> atrasou o amadurecimento por aumentar a acidez titulável e reduzir o índice de maturação dos morangos na cv. Benícia.