



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



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM FITOPATOLOGIA**

**Dissertação de Mestrado**

**Efeitos de fermento, umidade e temperatura na  
virulência de espécies de *Lasiodiplodia*  
em frutos de manga**

**Soraya de Lima e Silva**

**Recife – PE  
Fevereiro - 2016**

**SORAYA DE LIMA E SILVA**

**EFEITOS DE FERIMENTO, UMIDADE E  
TEMPERATURA NA VIRULÊNCIA DE ESPÉCIES DE  
*LASIODIPLODIA* EM FRUTOS DE MANGA**

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

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE) – Orientador

Prof. Dr. Marcos Paz Saraiva Câmara (UFRPE) – Coorientador

Profa. Dra. Kamila Câmara Correia (UFCA) – Coorientadora

**RECIFE – PE  
FEVEREIRO – 2016**

Ficha catalográfica

S586e Silva, Soraya de Lima e  
Efeitos de fermento, umidade e temperatura na virulência  
de espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga / Soraya de  
Lima e Silva. – Recife, 2016.  
78 f. : il.

Orientador: Sami Jorge Michereff.

Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,  
Recife, 2016.

Referencias.

1. *Mangifera indica* 2. Podridão peduncular  
3. Botryosphaeriaceae 4. Epidemiologia comparativa I.

Michereff,

Sami Jorge, orientador II. Título

CDD 632

**EFEITOS DE FERIMENTO, UMIDADE E  
TEMPERATURA NA VIRULÊNCIA DE ESPÉCIES DE  
*LASIODIPLODIA* EM FRUTOS DE MANGA**

**SORAYA DE LIMA E SILVA**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 12/02/2016.

**ORIENTADOR:**

---

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE)

**EXAMINADORES:**

---

Prof. Dr. Alexandre Sandri Capucho (UNIVASF)

---

Profa. Dra. Kamila Câmara Correia (UFCA)

---

Prof. Dr. Alessandro Nicoli (UFRPE)

**RECIFE – PE  
FEVEREIRO – 2016**

*Aos meus pais Fátima e Severino (in memoriam),  
meus melhores exemplos de integridade e determinação.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por colocar em minha vida pessoas especiais e me conceder a força necessária ao longo desta caminhada;

À minha família, meus pais, meus irmãos Igor e Simara, minha avó Margarida, minha tia Lúcia, meu namorado Sandoval, por todo amor, incentivo e principalmente por acreditar no meu potencial. Vocês serão sempre meus principais motivos para vencer todo e qualquer obstáculo;

À Maria Regina, pela amizade e momentos felizes no convívio diário;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia (PPGF), por minha formação e todos os conhecimentos transmitidos;

Ao professor Dr. Sami J. Michereff, por toda compreensão, orientação e ensinamentos desde a graduação;

Aos professores Dra. Kamila C. Correia e Dr. Marcos P.S. Câmara, pela orientação e participação nesse trabalho;

Aos que fazem o Laboratório de Epidemiologia de Doenças de Plantas, pelos bons momentos vivenciados, por toda a ajuda durante a execução desse trabalho e também pela certeza de que sem vocês não seria possível;

Aos colegas do PPGF, pela amizade, convivência e auxílio, em especial às amigas: Carmem Abade, Daniele Barbosa, Evelyn Hayashi, Gabriela Calderón, Gerusa Santos e Michele Santiago, pelos momentos especiais;

Aos colegas de trabalho da Escola de Referência de Ensino Médio Deputado Oscar Carneiro, por todo apoio, compreensão e amizade.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	vi
RESUMO GERAL .....	viii
GENERAL ABSTRACT .....	ix
CAPÍTULO I – Introdução Geral .....	11
Referências Bibliográficas .....	29
CAPÍTULO II – Efeitos de ferimento, umidade e temperatura na virulência de espécies de <i>Lasiodiplodia</i> em frutos de manga .....	37
Resumo .....	39
Abstract .....	40
Introdução .....	41
Materiais e métodos .....	44
Resultados .....	49
Discussão .....	54
Agradecimentos .....	59
Referências .....	60
CONCLUSÕES GERAIS .....	77

## RESUMO GERAL

A morte descendente e a podridão peduncular, causadas por espécies de Botryosphaeriaceae, são importantes doenças da mangueira no Nordeste brasileiro. Essas doenças limitam a produção e reduzem drasticamente a qualidade dos frutos, afetando diretamente a exportação. Nesse estudo, foi investigado o efeito de ferimento, umidade e temperatura na virulência de cinco espécies de *Lasiodiplodia* prevalentes em pomares de mangueira do Nordeste brasileiro (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* e *L. viticola*). *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. pseudotheobromae* e *L. theobromae* não induziram sintomas em frutos sem ferimento, mas todas as espécies de *Lasiodiplodia* induziram sintomas em frutos feridos. Houve diferença entre as espécies em relação aos níveis de virulência tanto na ausência como na presença de ferimento. A idade do ferimento nos frutos influenciou no nível de virulência das espécies de *Lasiodiplodia* e todas as espécies expressaram a maior virulência quando inoculadas imediatamente após a realização do ferimento, reduzindo a virulência com a elevação da idade do ferimento. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* foi a espécie mais sensível à idade do ferimento. O tempo de duração da umidade relativa elevada influenciou na virulência das espécies de *Lasiodiplodia*, havendo um aumento na virulência com a elevação do período em umidade elevada. *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. iraniensis* e *L. theobromae* induziram sintomas na ausência de umidade elevada. A virulência das espécies de *Lasiodiplodia* foi influenciada significativamente pelo intervalo de tempo entre a inoculação e o início da umidade relativa elevada. Todas as espécies expressaram a maior virulência quando submetidas à umidade relativa elevada imediatamente após a inoculação e reduziram a virulência com o aumento do intervalo de tempo para início da umidade relativa elevada. *Lasiodiplodia iraniensis* e *L. viticola* foram as espécies mais sensíveis à demora para início da umidade relativa elevada. Nenhuma espécie de *Lasiodiplodia* induziu sintomas em frutos armazenados a 5 °C e somente *L. pseudotheobromae* induziu sintomas a 10 °C. Não houve diferença significativa entre as espécies em relação à temperatura ótima para expressão da máxima virulência, que variou entre 29,6 e 31,3 °C. Na maioria dos experimentos, a maior virulência foi evidenciada por *L. iraniensis*, enquanto *L. viticola* foi a menos virulenta.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica*, podridão peduncular, Botryosphaeriaceae, epidemiologia comparativa.



## GENERAL ABSTRACT

Dieback and stem-end rot, caused by species of Botryosphaeriaceae, are important diseases of mango in the Brazilian Northeast. These diseases limit the production and drastically reduce fruit quality, directly affecting exports. In this study, was investigated the effects of wound, humidity and temperature in virulence of five *Lasiodiplodia* species prevalent in the orchards of northeastern Brazil (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* and *L. viticola*). *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. pseudotheobromae* and *L. theobromae* did not induce symptoms in non-wounded fruits, but all *Lasiodiplodia* species induced symptoms in wounded fruits. There were differences between species in relation to virulence levels both in the absence and in the presence of wound. The wound age in fruits influenced the virulence of *Lasiodiplodia* species of all species has expressed increased virulence when inoculated immediately after the wound, reducing the virulence with increasing wound age. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* was the most sensitive species to the wound age. The high relative humidity length influenced the virulence of the *Lasiodiplodia* species, with an increase in virulence with the lifting of the period under high humidity. *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. iraniensis* and *L. theobromae* induced symptoms in the absence of high humidity. The virulence of *Lasiodiplodia* species was significantly influenced by the time interval between the inoculation and beginning of high relative humidity. All species expressed increased virulence when exposed to high relative humidity immediately after inoculation and decreased virulence with increasing time interval to beginning of high humidity. *Lasiodiplodia iraniensis* and *L. viticola* were the species most sensitive to the delay in onset of high relative humidity. No *Lasiodiplodia* species induced symptoms in fruit stored at 5 ° C and only *L. pseudotheobromae* induced symptoms at 10 ° C. There was no significant difference between species in relation to the optimum temperature for maximum virulence expression, ranging between 29.6 and 31.3 ° C. In most experiments, the increased virulence was demonstrated by *L. iraniensis* while *L. viticola* was less virulent.

**Keywords:** *Mangifera indica*, stem-end rot, Botryosphaeriaceae, comparative epidemiology.

# Capítulo I

---

---

## Introdução Geral

# EFEITOS DE FERIMENTO, UMIDADE E TEMPERATURA NA VIRULÊNCIA DE ESPÉCIES DE *LASIODIPLODIA* EM FRUTOS DE MANGA

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. A mangueira e seu cultivo

A mangueira (*Mangifera indica* L.), pertencente à família Anacardiaceae, é originária do subcontinente Indiano e tem sido cultivada na Índia por mais que 4.000 anos. Atualmente é cultivada em todas as regiões tropicais e na maioria das regiões subtropicais do mundo, atestando sua ampla adaptabilidade climática (PAULL; DUARTE, 2011). A mangueira é uma árvore frondosa, de porte médio a grande, com a copa arredondada, simétrica e de folhas sempre verdes, variando de baixa e densa a ereta e aberta. As folhas são lanceoladas com textura coriácea, possuindo a face superior plana e o pecíolo curto. A inflorescência gera flores perfeitas e masculinas na mesma panícula (polígama). Esta é geralmente terminal, às vezes lateral, ramificada e de contorno piramidal, tendo a raque normalmente ereta. As flores da mangueira são pequenas e rosadas, hermafroditas ou unissexuais e, em geral, pentâmeras (CASTRO NETO; CUNHA, 2000). As cultivares de mangueira são consideradas auto-férteis, mas a auto-incompatibilidade tem sido constatada. Auto-polinização produz de 0-1,7% de sucesso na fertilização, enquanto a polinização cruzada produz 6,2-23,4%. Portanto, agentes de polinização são requeridos para um maior sucesso na fertilização, incluindo abelhas, vespas e moscas, sendo as últimas as principais polinizadoras (PAULL; DUARTE, 2011).

A possibilidade de produção durante todo o ano é o diferencial de maior interesse na exploração da mangueira nas condições semiáridas. Assim, o manejo adequado da parte aérea sem alterar a atividade metabólica, para favorecer a floração, é o que vem orientando os trabalhos de escalonamento da produção de manga, visando atender todos os mercados disponíveis. O frio e o estresse hídrico são condições naturais que induzem o repouso dos ramos da mangueira, condição necessária à diferenciação das gemas vegetativas em florais, nas condições de clima subtropical e tropical, respectivamente. A ocorrência de temperaturas baixas nas condições subtropicais define o período de floração e a produção da mangueira. O primeiro passo no processo de indução floral da mangueira, nas condições tropicais

semiáridas, visa o repouso dos ramos. Nesta região, as práticas para alterar o período de floração e produção incluem e podem ser iniciadas com o manejo da irrigação. O método consiste na redução gradual da quantidade de água, visando uma maturação mais rápida e uniforme dos ramos. O grande inconveniente deste método é a dependência das condições climáticas (precipitação), o que restringe a produção a um determinado período do ano. Para superar essa limitação, são utilizados retardantes vegetais como o paclobutrazol, que regula o crescimento vegetativo da mangueira por meio da inibição da síntese das giberelinas, e permite o manejo da floração e a produção de manga em qualquer época do ano (MOUCO, 2010a).

A poda da mangueira objetiva a melhoria na sanidade das plantas, nas práticas culturais, produtividade, qualidade dos frutos e, também, permitir a condução da planta e adequar o formato da copa ao espaçamento eleito para o pomar. Com a poda é possível controlar a época de produção, podendo programar a colheita para períodos mais favoráveis à comercialização. O manejo da copa da mangueira é realizado pela prática de podas durante a formação do pomar, como também pelas podas anuais realizadas durante a fase produtiva da planta (MOUCO, 2010b).

O fruto da mangueira é uma drupa bastante variável em termos de tamanho, peso, forma e cor. No interior da polpa encontra-se o caroço ou semente, o qual é fibroso e apresenta formas similares, mas tamanhos diferentes nas variedades cultivadas (CASTRO NETO; CUNHA, 2000; PAULL; DUARTE, 2011). A manga é uma fruta com padrão climatérico de respiração, com um aumento da produção de etileno durante o amadurecimento. A respiração é muito alta após a formação do fruto e depois declina, sendo mantida numa taxa baixa até o início da maturação do fruto. A respiração e o amadurecimento são estimulados mediante o desprendimento do fruto da árvore. (YAHIA, 2011).

Vários parâmetros físicos, fisiológicos e químicos podem ser considerados para definir o estágio de maturação. Os índices de colheita são baseados, principalmente, em características relacionadas à forma e aspecto do fruto. Se as variáveis responsáveis pela aparência externa não forem suficientes para definição do ponto de colheita, devem ser observadas as variações da cor da polpa (ASSIS, 2010; PAULL; DUARTE, 2011; YAHIA, 2011). A idade do fruto é uma variável bastante segura para avaliar a maturação, pois entre 110-120 dias após a floração, os frutos encontram-se em ponto de colheita. Quando os frutos destinam-se a mercados distantes, podem ser colhidos com teor de sólidos solúveis totais de 7-8 °Brix e, para os mercados regionais, com 10 °Brix (ASSIS, 2010). Se os frutos são destinados à armazenagem ou exportação, precisam ser colhidos no estágio verde-maduro,

antes do início da fase climatérica (PAULL; DUARTE, 2011). Caso os frutos sejam colhidos neste estágio e imediatamente colocados sob refrigeração, podem ser armazenados por várias semanas. Em temperatura tropical ambiente, o tempo de prateleira da manga é de 7 a 14 dias até o amadurecimento completo. A duração do tempo de prateleira varia marcadamente com a cultivar, maturidade na colheita, injúrias, pulverizações com cálcio (Ca) e exposição a etileno (JOHNSON; HOFMAN, 2009; PAULL; DUARTE, 2011).

A temperatura é o fator mais importante que afeta a vida pós-colheita e a qualidade de frutas frescas. As melhores condições ambientais para o amadurecimento de frutas tropicais são 20-24 °C e 90-95% de umidade relativa. Temperaturas acima de 27 °C podem acelerar o amolecimento e causar a descoloração do tecido, deterioração excessiva e odores anormais. Temperaturas acima de 35 °C podem inibir a produção e a ação do etileno e, conseqüentemente, inibir o amadurecimento. A taxa de amadurecimento pode ser manipulada pelo manejo da temperatura entre 14 e 24 °C. A exposição a temperaturas inadequadas pode resultar em muitas desordens fisiológicas indesejáveis (KADER; YAHIA, 2011). Baixa temperatura é necessária para reduzir a atividade metabólica, atrasar a maturação e a senescência, reduzir a perda de água, prevenir ou reduzir as doenças e a atividade de insetos e, assim, manter a qualidade pós-colheita e aumentar a vida útil pós-colheita (KADER; YAHIA, 2011; PAULL; DUARTE, 2011; YAHIA, 2011). No entanto, a manga é muito sensível à baixa temperatura e haverá sérios problemas se a duração do armazenamento exceder um dia próximo de 0 °C ou apenas algumas semanas abaixo de 12 °C (YAHIA, 2005). Este problema limita o uso de baixas temperaturas durante o armazenamento e o transporte, reduzindo o potencial de vida pós-colheita. O grau de sensibilidade à injúria pelo frio em frutos de manga varia com a cultivar, o estágio de maturação e a duração da exposição à baixa temperatura (YAHIA, 2011), mas para a maioria das cultivares o limite de segurança de temperatura mínima é de 10-12 °C (KADER; YAHIA, 2011). Alta temperatura é usada para estimular o amadurecimento do fruto e para o controle de insetos e doenças, mas a exposição da manga por longos períodos à elevada temperatura pode causar danos (YAHIA, 2011).

A manga não é muito suscetível à perda de água em comparação com outras fruteiras, mas pode apresentar sintomas de murcha ao longo do tempo se os níveis de umidade não são devidamente gerenciados. A perda de água em manga, que ocorre por meio dos estômatos, lenticelas e outras aberturas, diminui o peso do fruto, resultando em dessecação, e pode reduzir ainda mais a qualidade devido ao pobre desenvolvimento da cor e o amadurecimento desigual (YAHIA, 2005). A perda de água é fortemente influenciada pela temperatura e pela umidade relativa no ambiente. Com umidade relativa constante e movimento de ar, a perda de

água aumenta significativamente com qualquer aumento da temperatura. A taxa de transpiração é influenciada pela cultivar e pelo estágio de maturação, estando correlacionada com a espessura da cutícula, estrutura morfológica, células epidérmicas e revestimento de cera da superfície. A manga deve ser mantida em ambiente com 85 a 90% de umidade relativa, pois acima de 95% ocorre condensação da água sobre o fruto, o que pode favorecer a ocorrência de patógenos e a deterioração (JOHNSON; HOFMAN, 2009; YAHIA, 2011). O resfriamento lento, como a colocação da manga quente diretamente em área refrigerada, vai promover a perda de água devido ao grande gradiente na concentração de água entre a fruta e o ar relativamente seco e frio (YAHIA, 2011).

A manga é suscetível a ferimentos de diferentes naturezas, podendo variar de fissuras superficiais na cutícula e nos tecidos subjacentes criadas durante o crescimento, maturação e amadurecimento do fruto, até injúrias mecânicas causadas durante a colheita e manuseio pós-colheita (YAHIA, 2005). Injúrias mecânicas podem acelerar a perda de água e fornecer locais para infecção fúngica, bem como estimular a produção de CO<sub>2</sub> e de etileno pelo fruto, que aceleram o processo de maturação e predispõem a infecções (ADASKAVEG; FÖRSTER; SOMMER, 2002; KADER; YAHIA, 2011). A redução das injúrias mecânicas é essencial para reduzir as perdas na qualidade e na vida pós-colheita da manga (YAHIA, 2011), motivo pelo qual devem ser consideradas decisões de manejo que incluam a seleção do tempo ideal para a colheita em relação à maturidade e as condições climáticas adequadas para a colheita (DROBY; WISNIEWSKI; BENKEBLIA, 2011).

## **2. A cadeia produtiva da fruticultura e a produção de manga**

O Brasil é o terceiro colocado entre as principais nações produtoras de frutas frescas, com cerca de 40 milhões de toneladas/ano, estando atrás da China (220 milhões de toneladas) e da Índia (83 milhões de toneladas) (REETZ et al., 2015). A evolução da produção de frutas frescas no Brasil tem assegurado o abastecimento da crescente demanda do mercado interno e, ao mesmo tempo, propiciado expressiva e crescente participação na pauta de exportações do agronegócio. Apesar da sua capacidade produtiva, a exportação brasileira de frutas frescas não alcança 2% do mercado mundial (BUAINAIN; BATALHA, 2007), enquanto o mercado interno absorve cerca de 60% da produção (REETZ et al, 2015), apresentando excedente considerável que poderia ser destinado à exportação.

Na cadeia produtiva da fruticultura, a produção de frutas tropicais constitui importante alicerce do mercado interno e das exportações brasileiras. Nesse contexto, a região Nordeste produz grande parte das frutas tropicais consumidas no mercado interno e exportadas, ocupando o primeiro lugar na produção de abacaxi (*Ananas comosus* L.), banana (*Musa* spp.), caju (*Anacardium occidentale* L.), coco (*Cocos nucifera* L.), mamão (*Carica papaya* L.), manga, maracujá (*Passiflora edulis* Sims) e melão (*Cucumis melo* L.) (AGRIANUAL, 2015). As principais áreas produtoras de frutas tropicais no Nordeste localizam-se no Vale do São Francisco (PE e BA), nos polos de Mossoró (RN) e Baixo Jaguaribe (CE), na Zona da Mata Paraibana (PB) e no Sul da Bahia (BA) (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Entre as fruteiras tropicais cultivadas no Brasil, a mangueira tem destacada importância pela representatividade da área plantada, da produção e da receita financeira. É estimada uma área cultivada de 73.000 hectares e produção de 1.175.000 toneladas, sendo a região Nordeste responsável por 66,5% dessa produção. Em 2014, o Brasil exportou 133.033 toneladas de manga com um valor aproximado de 163,7 milhões de dólares, tendo como principais destinos a União Europeia e os Estados Unidos da América. Esse desempenho posicionou a manga como a principal fruta exportada em termos de receita financeira (REETZ et al., 2015).

A região semiárida do Vale do São Francisco, localizada no Nordeste brasileiro, é responsável pela produção de 85% da manga exportada por ano pelo Brasil, em cerca de 30 mil hectares cultivados com mangueira (REETZ et al., 2015). A produção de manga também desempenha um importante papel social, gerando mais de 25.000 empregos diretos e de 75.000 empregos indiretos somente no Vale do São Francisco (SILVA; COELHO, 2010). Além do volume produzido, essa região se destaca, principalmente, pelos altos rendimentos obtidos e excelente qualidade dos frutos produzidos (SILVA; COELHO, 2010). Esse desempenho se deve a fatores climáticos, uso de tecnologias avançadas de produção, execução da atividade por empresas de grande porte e elevada organização da cadeia de comercialização. Um aspecto a ser destacado é a possibilidade da obtenção de duas safras/ano com o uso da indução floral (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011).

As variedades de manga com maior aceitação no mercado apresentam alta produtividade e regularidade de produção, aliadas à qualidades como coloração dos frutos, poucas fibras, bom sabor, resistência ao manuseio e ao transporte e resistência a doenças. Atualmente, a variedade mais produzida e com maior participação na comercialização mundial é a Tommy Atkins, sendo que no Brasil essa variedade representa 90% das exportações (SILVA; COELHO, 2010).

Em busca de uma produção voltada para o mercado de produtos de qualidade, a mangicultura passa a exigir, cada vez mais, novas tecnologias, mão-de-obra qualificada e serviços especializados no processo produtivo, e também nas atividades pós-colheita (SILVA; COELHO, 2010). Existem vários fatores que influem diretamente na produção e comercialização de frutas frescas que, se não forem devidamente considerados, irão reduzir a competitividade das frutas no mercado interno e diante dos outros países produtores. No Brasil são estimadas perdas anuais de 28% da manga produzida, ocasionadas por fatores de natureza biótica e abiótica (REETZ et al, 2015).

### 3. Doenças da mangueira

A intensificação no cultivo da mangueira no Nordeste brasileiro, buscando atender a demanda comercial nacional e internacional, bem como o uso de cultivares de grande aceitação no mercado, mas com elevada suscetibilidade ao ataque de patógenos, tem propiciado o aumento acentuado da incidência de doenças. Os danos ocasionados pelas doenças ocorrem na fase de produção e na pós-colheita, resultando em queda da produtividade e da qualidade dos frutos (ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004).

A produção de manga é afetada por várias doenças em todos os estádios fenológicos de desenvolvimento (PLOETZ, 2003; PRAKASH, 2004; PRUSKY et al., 2009). As doenças da mangueira podem ser classificadas em doenças-chave e doenças secundárias, baseado na frequência com que ocorrem nos pomares e nas perdas de produção ocasionadas. No Brasil, as doenças-chave da mangueira são antracnose, morte descendente e podridão peduncular, oídio (*Oidium mangiferae* Bert.) e malformação floral e vegetativa (*Fusarium mangiferae* Wollenweb & Reinking). As doenças secundárias são mancha-angular (*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae* (Patel, Moniz & Kulkarni) Robbs, Ribeiro & Kimura), verrugose (*Elsinoe mangiferae* Bit & Jenkins) e seca da mangueira (*Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halsted) (MICHEREFF; CORREIA, 2015). A antracnose, causada por espécies de *Colletotrichum*, é considerada a doença mais importante da mangueira no Brasil (LIMA et al., 2013; LIMA et al., 2015; VIEIRA et al., 2014), seguida pela morte descendente e podridão peduncular, causadas por um complexo de fungos, com destaque para membros da família Botryosphaeriaceae (COSTA et al., 2010; MARQUES et al., 2013a,b).



#### 4. Sintomas causados por espécies de Botryosphaeriaceae em mangueira

A morte descendente e a podridão peduncular da mangueira foram registradas pela primeira vez no Brasil em 1991 (TAVARES; MENEZES; CHOUDHURY, 1991) e, desde então, vêm aumentando de intensidade e importância no Nordeste brasileiro (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011; COSTA et al., 2010; MARQUES et al. 2013a,b), levando em alguns casos à completa perda da produção e eliminação de pomares inteiros (TAVARES, 2002).

Fungos da família Botryosphaeriaceae podem causar diferentes sintomas em mangueira, incluindo seca de ponteiros, queima de inflorescências e abortamento de frutos, bem como podridão peduncular em frutos na pós-colheita (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011; MARQUES et al., 2013a; NIETO-ÁNGEL et al., 2006; PLOETZ, 2003; PRAKASH, 2004; PRUSKY et al., 2009; RIBEIRO, 2005; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004). Em ramos verdes, causa lesões escuras de forma irregular, não deprimida, geralmente associada à base do pecíolo da folha. Sintoma semelhante pode ser observado nas gemas apicais, com frequente exsudação de goma. Os sintomas em ramos evoluem para uma seca e morte do ponteiro, onde as folhas secam e ficam presas ao ramo. Caso os ramos infectados não sejam retirados da planta, a infecção pode progredir lentamente de cima para baixo, deixando toda área afetada necrosada. (RIBEIRO, 2005; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004) A seca pode progredir para os ramos mais velhos, tronco e até matar a planta. Geralmente, quando esse tipo de sintoma é detectado, a planta já está debilitada e de difícil recuperação. Os fungos podem causar morte de mudas quando a infecção se dá na região da enxertia (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011). Nas inflorescências, ocorrem lesões escuras e morte de frutos jovens. A infecção ocorre frequentemente na ponta da raque e progride da ponta para a base, causando o secamento da inflorescência. Em frutos jovens, por meio do pedúnculo, a doença provoca podridão e queda dos mesmos. Em frutos maduros, os patógenos causam uma podridão de aspecto mole e aquoso, deixando os frutos indesejáveis para o consumo (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011; RIBEIRO, 2005; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004). A infecção pode permanecer quiescente na região do pedúnculo dos frutos, manifestando-se na pós-colheita (NIETO-ÁNGEL et al., 2006; PRUSKY et al., 2009). Perdas em pós-colheita têm deixado os produtores apreensivos, em virtude de riscos de devolução das mangas destinadas à União Européia e aos Estados Unidos devido à podridão peduncular (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011).

Os membros da família Botryosphaeriaceae têm uma ampla gama de hospedeiros, são conhecidos como agentes patogênicos oportunistas bem sucedidos, que ocasionalmente, causam doença quando as suas plantas hospedeiras são submetidas a condições de estresse ou quando as condições ambientais são favoráveis ao patógeno (PHILLIPS et al, 2013; SAKALIDIS et al, 2011; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007).

A morte descendente e a podridão peduncular da mangueira associadas à Botryosphaeriaceae já foram relatadas em quase todos os continentes, em países como: Barbados, Brasil, El Salvador, Estados Unidos da América, México, Porto Rico e Peru, na América; Egito e África do Sul, na África; Coreia, Emirados Árabes Unidos, Índia, Irã, Japão, Omã, Paquistão, Tailândia e Taiwan, na Ásia; Austrália, na Oceania; (CABI, 2016; FARR; ROSSMAN, 2016). Além da mangueira, várias outras culturas de grande importância econômica são afetadas por Botryosphaeriaceae no Brasil, especialmente abacateiro (*Persea americana* Mill.), aceroleira (*Malpighia glabra* L.), ateira (*Annona squamosa* L.), bananeira, cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), cajueiro, citrus (*Citrus* spp.), coqueiro, goiabeira (*Psidium guajava* L.), gravioleira (*Annona muricata* L.), guaranazeiro (*Paullinia cupana* Ducke), mamoeiro, mamoneira (*Ricinus communis* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), maracujazeiro, melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), meloeiro e videira (*Vitis* spp.) (CORREIA et al., 2016; FREIRE et al., 2003; FREIRE et al., 2011; MACHADO et al., 2014; NETTO et al., 2014; TAVARES, 2002).

## 5. Filogenia de Botryosphaeriaceae

A família Botryosphaeriaceae pertence à ordem Botryosphaeriales, classe Dothideomycetes, filo Ascomycota e Reino Fungi (PHILLIPS et al, 2013). Essa família engloba uma gama de fungos de grande diversidade morfológica, que tanto podem ser agentes patogênicos quanto endófitos ou até mesmo saprófitos, principalmente em hospedeiros lenhosos. Esses fungos são encontrados em quase todas as áreas geográficas e climáticas do mundo, com a exceção das regiões polares. A frequente associação como agentes patogênicos de plantas tem estimulado o interesse de estudos relacionados a estes fungos (PHILLIPS et al, 2013; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007; ÚRBEZ-TORRES, 2011).

Vários gêneros de fungos mitospóricos têm sido relatados como anamorfos de Botryosphaeriaceae, incluindo *Diplodia* Fr. in Mont., *Dothiorella* Sacc., *Fusicoccum* Corda, *Lasiodiplodia* Ellis & Everh., *Macrophomina* Petr. e *Sphaeropsis* Sacc. (JACOBS; REHNER,

1998; SLIPPERS et al., 2004). Espécies de *Diplodia*, *Dothiorella* e *Lasiodiplodia* são claramente separadas das espécies de *Fusicoccum* por apresentar conídios de parede espessa e de menor razão comprimento e largura (LUQUE; MARTOS; PHILLIPS, 2005; PHILLIPS et al., 2005). Quando maduros, os conídios da maioria das espécies de *Diplodia*, *Dothiorella* e *Lasiodiplodia* são escuros e septados (ZHOU; STANOSZ, 2001). Apesar da semelhança dos tamanhos dos conídios entre esses gêneros, no geral, os de *Lasiodiplodia* são asseptados e hialinos quando jovem e tornam-se escuros, septados, mais largos e ovoides e possuem parede estriada na maturidade (BURGESS et al., 2006). Conídios de *Dothiorella* tornam-se marrons e septados no seu estágio inicial de desenvolvimento, antes mesmo de serem liberados da célula conidiogênica, enquanto conídios em *Diplodia* são hialinos e tornam-se escuros e septados somente com o amadurecimento e após a liberação da célula conidiogênica (PHILLIPS et al., 2005).

A identificação morfológica das espécies de Botryosphaeriaceae é complexa por vários aspectos. Os teleomorfos de muitas espécies de Botryosphaeriaceae raramente são encontrados na natureza e os anamorfos muitas vezes apresentam sobreposição de características morfológicas, ocasionando confusão e incorreta identificação das espécies. Esses caracteres incluem: tamanho, forma, cor, septação, espessura da parede e textura dos conídios, bem como detalhes da conidiogênese. Algumas espécies apresentam características morfológicas com plasticidade extensa. Um conceito de espécie ecológica, centrada na especialização do hospedeiro, também tem sido utilizado para identificar novas espécies de Botryosphaeriaceae, no entanto, uma única espécie é capaz de colonizar uma ampla gama de hospedeiros e várias espécies podem ocorrer no mesmo hospedeiro, não sendo um critério confiável para determinação de espécies (SLIPPERS et al., 2007). Verifica-se com isso que duas espécies intimamente relacionadas podem diferir em pequenas diferenças morfológicas tornando a identificação uma tarefa difícil, necessitando de ferramentas que possam fornecer identificações mais precisas e reprodutíveis para espécies de Botryosphaeriaceae. Com isso, a aplicação de métodos de biologia molecular tem fornecido importantes contribuições (ALVES et al., 2007; PHILLIPS et al., 2013).

A análise filogenética dos genes ribossomais nucleares, especialmente a região do espaço transcrito interno (ITS), proporcionou uma significativa contribuição para estudos filogenéticos de Botryosphaeriaceae. Contudo, o uso desse único gene pode subestimar a verdadeira diversidade, especialmente entre espécies estreitamente relacionadas ou crípticas (TAYLOR et al., 2000). Portanto, a região ITS associada aos genes fator de alongação (EF1-

$\alpha$ ) e  $\beta$ -tubulina, têm sido aplicado com sucesso para discriminar espécies crípticas e elucidar as relações filogenéticas em Botryosphaeriaceae (PHILLIPS et al, 2013).

Atualmente, baseado na filogenia molecular e em características morfológicas, considera-se a existência de 17 gêneros na família Botryosphaeriaceae, sendo estes: *Barriopsis* A.J.L. Phillips, A. Alves & Crous; *Botryobambusa* R. Phookamsak, J.K. Liu & K.D. Hyde; *Botryosphaeria* (= *Fusicoccum*) Ces. & De Not. emend. Sacc.; *Cophinforma* Doilom, J.K. Liu & K.D. Hyde; *Diplodia* Fr., In: Mont.; *Dothiorella*; *Endomelanconiopsis* Rojas & Samuels; *Lasiodiplodia*; *Macrophomina*; *Neodeightonia* Booth; *Neofusicoccum* Crous, Slippers & A.J.L. Phillips; *Neoscytalydium* Crous & Slippers; *Phaeobotryon* Theiss. & Syd.; *Pseudofusicoccum* Mohali, Slippers & M.J. Wingf.; *Spencermartinsia* A.J.L. Phillips, A. Alves & Crous; *Sphaeropsis* e *Tiarosporella* Höhn. Nos últimos anos, diversas novas espécies de Botryosphaeriaceae associadas a vários hospedeiros foram registradas. Esse aumento no número de espécies é reconhecido em grande parte devido à utilização de dados filogenéticos, mas é também devido à amostragem em regiões relativamente pouco exploradas (PHILLIPS et al., 2013), incluindo o Brasil.

Em relação à *Lasiodiplodia*, nos últimos 150 anos esse fungo tem recebido muitos nomes e tem sido tratado como muitas espécies diferentes. Essa situação chegou ao fim com a monografia de Punithalingam (1980), que reduziu muitas espécies a sinonímia de *L. theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl. Estudos baseados nas sequências da região ITS e do gene EF1- $\alpha$  levaram à identificação de espécies crípticas dentro de espécies *L. theobromae*, passando a ser considerado como um complexo de espécies (ABDOLLAHZADEH et al., 2010; ALVES et al., 2008; BEGOUDE et al., 2010; BURGESS et al., 2006; DAMM et al., 2007; ISMAIL et al., 2012; PAVLIC et al., 2008; PHILLIPS et al., 2013; ÚRBEZ-TORRES et al., 2012). Atualmente, 28 espécies são reconhecidas no gênero *Lasiodiplodia* (MYCOBANK, 2016).

## 6. Espécies de *Lasiodiplodia* associadas à mangueira

Os estudos sobre as espécies de *Lasiodiplodia* associadas com a morte descendente e a podridão peduncular da mangueira são recentes em nível mundial, sendo que os primeiros resultados envolvendo filogenia molecular foram divulgados a partir de 2010. Até o momento, oito espécies de *Lasiodiplodia* foram associadas com as doenças em mangueira, sendo: *Lasiodiplodia crassispora* Burgess & Barber, no Brasil (MARQUES et al., 2013a);

*Lasiodiplodia egyptiaca* A.M. Ismail, L. Lombard & Crous, no Egito (ISMAIL et al., 2012) e no Brasil (MARQUES et al., 2013a); *Lasiodiplodia hormozganensis* Abdollahzadeh, Zare & A.J.L. Phillips, no Brasil (MARQUES et al., 2013a), nos Emirados Árabes Unidos, em Oman (AL-SADI et al., 2013) e no Iran (ABDOLLAHZADEH et al., 2010); *Lasiodiplodia iraniensis* Abdollahzadeh, Zare & A.J.L. Phillips, na Austrália (SAKALIDIS et al., 2011), no Brasil (MARQUES et al., 2013a), nos Emirados Árabes Unidos, em Oman (AL-SADI et al., 2013), no Iran (ABDOLLAHZADEH et al., 2010) e na Tailândia (TRAKUNYINGCHAROEN et al., 2013); *Lasiodiplodia pseudotheobromae* A.J.L. Phillips, A. Alves & Crous, na Austrália (SAKALIDIS et al., 2011), no Brasil (MARQUES et al., 2013a), no Egito (ISMAIL et al., 2012), no México (SANDOVAL-SÁNCHEZ et al., 2013) e na Tailândia (TRAKUNYINGCHAROEN et al., 2013, 2014); *Lasiodiplodia thailandica* T. Trakuningcharoen, L. Lombard & Crous, na Tailândia (TRAKUNYINGCHAROEN et al., 2015); *L. theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl, na África do Sul (TRAKUNYINGCHAROEN et al., 2014), na Austrália SAKALIDIS et al., 2011), no Brasil (COSTA et al., 2010; MARQUES et al., 2013a), na China (LI et al., 2013), na Coreia (HONG et al., 2012), no Egito (ISMAIL et al., 2012), nos Emirados Árabes Unidos, em Oman (AL-SADI et al., 2013), no Iran (ABDOLLAHZADEH et al., 2010), no Japão (TAKUSHI et al., 2013), no México (SANDOVAL-SÁNCHEZ et al., 2013), em Porto Rico (SERRATO-DIAZ et al., 2013), e em Taiwan (NI et al., 2012) e *Lasiodiplodia viticola* Úrbez-Torres, Peduto & Gubler, na Tailândia (TRAKUNYINGCHAROEN et al., 2013). Em todos os estudos, *L. theobromae* foi a espécie mais prevalente associada à mangueira.

No Brasil, a morte descendente e a podridão peduncular da mangueira eram atribuídas, até recentemente, exclusivamente à *L. theobromae* (FREIRE et al., 2003; PEREIRA; SILVA; RIBEIRO, 2006; COSTA et al., 2010). No entanto, estudos recentes usando métodos moleculares revelaram que essas doenças eram causadas no Nordeste brasileiro por sete espécies de *Lasiodiplodia* (*L. crassispora*, *L. egyptiaca*, *L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* e *Lasiodiplodia viticola*) (MARQUES et al., 2013a) e outras sete espécies de Botryosphaeriaceae (*Botryosphaeria dothidea* (Moug. : Fr.) Ces. & De Not.; *Cophinforma mamane* (= *Botryosphaeria mamane*) (D.E. Gardner) A.J.L. Phillips & A. Alves; *Botryosphaeria fabicerciana* (= *Fusicoccum fabicercianum*) (S.F. Chen, D. Pavlic, M.J. Wingf. & X.D. Zhou) A.J.L. Phillips & A. Alves; *Neofusicoccum parvum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips; *Neofusicoccum brasiliense* M.W. Marques, A.J.L. Phillips & M.P.S. Câmara; *Neoscytalidium hyalinum* (= *Neoscytalidium dimidiatum*) (C.K. Campb. & J.L. Mulder) A.J.L. Phillips, Groenewald & Crous; e *Pseudofusicoccum*

*stromaticum* (Mohali, Slippers & M.J. Wingf.) Mohali, Slippers & M.J. Wingf.) (MARQUES et al., 2013b).

## **7. Epidemiologia da morte descendente e da podridão peduncular da mangueira**

Epidemias de doenças de plantas se desenvolvem como resultado da combinação de plantas hospedeiras suscetíveis, patógenos virulentos e condições ambientais favoráveis, sob determinado período de tempo e a influência humana (AGRIOS, 2005).

As doenças de plantas geralmente ocorrem sob uma ampla faixa de condições ambientais, no entanto, a intensidade e a frequência de determinada doença são influenciadas pelo grau de desvio de cada condição ambiental do ponto ótimo para o desenvolvimento da doença (AGRIOS, 2005; XU, 2006). A temperatura e a umidade são os fatores ambientais que mais afetam o desenvolvimento de epidemias de doenças de plantas (AGRIOS, 2005; CAMPBELL; MADDEN, 1990; KRANZ, 2003; ROTEM, 1978; STRUCK, 2006; VALE et al., 2004).

A temperatura é fator condicionante da doença, pois o desenvolvimento desta vai estagnar se a temperatura estiver abaixo do mínimo ou acima dos valores máximos de limiar (XU, 2006). O efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de uma doença, em particular após a infecção, depende da relação específica patógeno-hospedeiro. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença parece ser diferente da considerada ótima para o patógeno ou para o hospedeiro. Temperaturas altas ou baixas podem operar no mecanismo genético da célula a fim de favorecer ou inibir a expressão de determinados genes envolvidos na resistência ou susceptibilidade a doenças (AGRIOS, 2005).

A umidade, assim como a temperatura, tem influência sobre o início e o desenvolvimento das doenças, sendo indispensável para a germinação de esporos de fungos e penetração no hospedeiro. A umidade, em formas como salpicos de chuva e água corrente, também desempenha um papel importante na distribuição e dispersão de muitos agentes patogênicos na mesma planta ou de uma planta para outra. As doenças pós-colheita são muito favorecidas por umidade e temperatura elevadas. Frutas suculentas, como a manga, são geralmente mantidas em alta umidade relativa para evitar o murchamento, sendo facilmente infectadas por patógenos, especialmente quando existem cortes e ferimentos disponíveis para a penetração nos frutos (AGRIOS, 2005).

A intensidade de doenças pós-colheita é diretamente proporcional ao período entre a colheita e o consumo, sendo a ocorrência influenciada pelas condições ambientais prevalentes nesse período (BARKAI-GOLAN, 2001; BARTZ; BRECHT, 2003; DROBY; WISNIEWSKI; BENKEBLIA, 2011). Embora as condições de armazenamento afetem diretamente o desenvolvimento de doenças pós-colheita em manga, a intensidade dos danos durante a armazenagem também é influenciada pelas condições ambientais durante o crescimento da planta no campo, pela nutrição da planta, pelas práticas culturais e pela aplicação de produtos químicos (JOHNSON; HOFMAN, 2009; REHMAN et al, 2015).

Fungos fitopatogênicos exploram três rotas principais para penetrar o tecido do hospedeiro: por ferimentos; por aberturas naturais, como lenticelas e pedúnculo; e por rompimento direto da cutícula (PRUSKY et al., 2013). Portanto, dentre os fatores associados ao hospedeiro, a presença e a idade do ferimento podem ser determinantes para a ocorrência e a intensidade das doenças (STRUCK, 2006). Em vários patossistemas, principalmente envolvendo frutos, a presença de ferimento é essencial para o início do processo de infecção, indicando que o patógeno não tem habilidade para penetrar o hospedeiro diretamente (ADASKAVEG; FÖRSTER; SOMMER, 2002; DROBY; WISNIEWSKI; BENKEBLIA, 2011). A idade do ferimento pode influenciar a severidade da doença de diferentes maneiras, mas na maioria das vezes ocorre redução da severidade com o aumento da idade do ferimento. No caso de frutos, a maior severidade de podridões em frutos submetidos a ferimento e imediatamente inoculados pode ser decorrente da maior disponibilidade de água livre liberada na forma de exsudatos logo após a realização do ferimento, pois alta umidade estimula o processo de infecção e/ou aumenta a suscetibilidade do hospedeiro (AGRIOS, 2005). O processo de cicatrização do tecido lesionado pode também influenciar na severidade da doença, pois durante a cicatrização dos tecidos em frutos ocorre a produção de suberina e lignina, bem como sua deposição nas paredes celulares do lado injuriado para formar a periderme da lesão (JACOMINO et al., 2004), o que pode constituir um mecanismo estrutural de resistência ao processo infeccioso. Outro aspecto a considerar é que ferimentos frescos aceleram as taxas de respiração e síntese de etileno em virtude da alta atividade metabólica das células feridas, minutos após o corte. O etileno produzido em decorrência dos tecidos feridos acelera a deterioração e a senescência do tecido vegetativo, e promove o rápido amadurecimento dos frutos climatéricos, como a manga, tornando-os mais suscetíveis às infecções por microrganismos patogênicos (JACOMINO et al., 2004). A menor intensidade de lesões em ferimentos mais antigos pode também ser atribuída ao acúmulo de fitoalexinas e

proteínas relacionadas à patogênese (PR), em resposta à injúria mecânica, que podem inibir as ações de agentes patogênicos (ADASKAVEG; FÖRSTER; SOMMER, 2002).

A virulência de um fitopatógeno pode ser definida como o grau ou medida da patogenicidade, ou seja, a capacidade relativa do patógeno para causar doença (MILGROOM, 2015; SHURTLEFF; AVERRE, 1997; SCHUMAN; D'ARCY, 2010). O nível de virulência do patógeno é outro fator que afeta o desenvolvimento de uma epidemia de doença de planta, pois patógenos mais virulentos são capazes de infectar o hospedeiro rapidamente, garantindo uma produção mais rápida de grandes quantidades de inóculo e doença, diferente de patógenos de menor virulência (AGRIOS, 2005).

Os fungos causadores da morte descendente e da podridão peduncular em mangueira sobrevivem como saprófitas em ramos secos, restos de inflorescências, frutos mumificados e material vegetal podado, onde podem se reproduzir abundantemente formando picnídios, principalmente sob condições de alta umidade, como por exemplo, em restos de cultura próximos aos microaspersores e em períodos de chuva (BATISTA, 2010; PLOETZ, 2003; PRAKASH, 2004). Os esporos são dispersos dos picnídios em condições de alta umidade, preferencialmente com chuvas, ou quando são secos após elevada umidade (ZHANG, 2014). A disseminação do inóculo ocorre pelo vento, respingos de chuva, mudas infectadas e instrumentos de poda e de outros tratamentos culturais infestados. Os esporos dos fungos germinam e podem penetrar na planta principalmente por ferimentos causados pela prática da poda, mas também por ferimentos resultantes de injúrias mecânicas e da ação de pragas e outras doenças, aberturas naturais, rachaduras na casca do tronco e dos ramos, permanecendo endofíticos nos ramos (BATISTA, 2010; PLOETZ, 2003). As hifas dos fungos colonizam a inflorescência e depois de várias semanas após o início da floração atingem o pedúnculo do fruto, permanecendo quiescentes até a maturação deste. Os frutos também podem ser infectados no pedúnculo quando são colocados na superfície do solo durante a colheita (JOHNSON et al., 1992; PLOETZ, 2003; PRUSKY et al., 2009). Na pós-colheita, as penetrações ocorrem somente através de ferimentos (SNOWDON, 1990).

A indução floral com uso do estresse hídrico e regulador de crescimento vegetal (paclobutrazol), bem como a utilização intensiva de podas, têm sido apontados como os principais fatores de predisposição à infecção e aumento da ocorrência de morte descendente e podridão peduncular (BATISTA; BARBOSA; TERAU, 2011; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004).

Clima quente e úmido favorece a sobrevivência, a proliferação e a infecção de *Lasiodiplodia*, bem como chuvas durante os meses de verão favorecem a esporulação em



restos culturais, a disseminação dos esporos e a infecção de plantas e frutos (ZHANG, 2014). As condições ambientais favoráveis à infecção da mangueira por espécies de Botryosphaeriaceae situam-se em temperaturas entre 27 e 32 °C e umidade relativa do ar superior a 80% (PRAKASH, 2004; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004). O desenvolvimento da doença é favorecido por chuvas, com temperatura mínima de 25,9 °C e máxima de 31,3° C (PRAKASH, 2004). Os danos aumentam consideravelmente quando os frutos amadurecem em temperaturas superiores a 28 °C, bem como quando são tratados com etileno e, em seguida, armazenados a 13 °C (PRUSKY et al., 2009). Armazenagem a 10 °C retarda o desenvolvimento da podridão peduncular, mas é extremamente rápida e destrutiva em temperaturas entre 30 e 35 °C (SNOWDON, 1990; YAHIA, 2011). A ocorrência de infecção quiescente em frutos de manga é um aspecto relevante na epidemiologia da podridão peduncular, pois os sintomas permaneçam imperceptíveis visualmente até 3 a 7 dias após a colheita a 25 °C ou, esse período pode se estender, de 7 a 12 dias a 13 °C, o que pode retardar e/ou dificultar a adoção de medidas de manejo na pós-colheita (JOHNSON et al., 1992; PLOETZ, 2003).

Até o momento, os estudos realizados em nível mundial com as espécies de *Lasiodiplodia* associadas à mangueira se limitaram a caracterizar as espécies e, em alguns poucos casos, a comparar a virulência entre estas. Em estudo realizado no Brasil com sete espécies de *Lasiodiplodia*, os sintomas de podridão ocorreram somente em frutos de manga submetidos a fermento, independente da espécie inoculada. Todos os isolados foram patogênicos e houve diferença significativa em virulência entre as espécies. *Lasiodiplodia hormozganensis* foi a mais virulenta, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. crassispora* e *L. egyptiaca* as menos virulentas, enquanto *L. theobromae* diferiu desses extremos, representando virulência intermediária (MARQUES et al., 2013a). Na Austrália foram comparadas quatro espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae* e *Lasiodiplodia* sp.), sendo *L. pseudotheobromae* a espécie mais virulência (SAKALIDIS et al., 2011). No Egito foram comparadas três espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em plântulas e foi constatada diferença de virulência entre isolados de uma mesma espécie. Sendo *L. pseudotheobromae* a mais virulenta, seguida de *L. theobromae* e *L. egyptiaca* (ISMAIL et al., 2012). Nos Emirados Árabes Unidos e em Oman foi comparada a virulência de três espécies de *Lasiodiplodia* (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis* e *L. theobromae*) inoculadas em plântulas e observada diferença de virulência entre as espécies, sendo *L. hormozganensis* a mais virulência (AL-SADI et al., 2013). Na Tailândia, foram comparadas quatro espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos (*L. iraniensis*, *L.*

*pseudotheobromae*, *L. viticola* e *Lasiodiplodia* sp.), sendo *L. pseudotheobromae* a espécie mais virulência (TRAKUNYINGCHAROEN et al., 2013). Discrepâncias na virulência entre as espécies de Botryosphaeriaceae de diferentes países ou regiões podem estar relacionadas com as diferenças na origem e virulência dos isolados, no tipo de tecido inoculado, nos períodos de incubação, no tipo de inóculo utilizado, na idade do hospedeiro ou na diferença de suscetibilidade da cultivar, entre outros fatores (ÚRBEZ-TORRES, 2011).

Pouco é conhecido sobre os aspectos epidemiológicos da morte descendente e da podridão peduncular na mangueira, o que dificulta o desenvolvimento de estratégias de manejo das doenças (DROBY; WISNIEWSKI; BENKEBLIA, 2011).

## **8. Controle da morte descendente e da podridão peduncular da mangueira**

Com o objetivo de minimizar os danos ocasionados pela morte descendente e podridão peduncular em mangueira, devem ser empregadas medidas integradas de controle, incluindo: a) vistoria do pomar para verificar a presença de manchas e desidratação de ramos, morte dos ramos ponteiros, panículas podadas que não foram eliminadas nas podas de limpeza e proteção das partes podadas com fungicidas. Também é necessário ficar atento aos primeiros sintomas da doença nas épocas de estresse hídrico, indução floral, floração e frutificação do pomar; b) na enxertia, evitar a utilização de garfos que emitiram inflorescências; c) na implantação do pomar, utilizar mudas saudáveis, sem qualquer sinal de estresse, lesão ou sinal no local da enxertia; d) adubar adequadamente o pomar no que se refere a macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), principalmente Ca e Mg, e a micronutrientes, com ênfase em B e Zn, durante ou após a colheita; e) evitar submeter as plantas a estresse hídrico ou nutricional prolongado; f) aplicar corretamente e na época adequada, os indutores de florescimento; g) podar e eliminar sistematicamente os ramos, galhos e ponteiros afetados ou secos que possam favorecer a sobrevivência do fungo no pomar; h) eliminar todas as plantas mortas ou que apresentem a doença em estágio avançado, reduzindo o potencial de inóculo no campo; i) proteger com pasta cúprica ou thiabendazole os locais podados antes do surgimento das rachaduras dos troncos, a fim de evitar novas infecções; j) desinfestar com frequência as ferramentas de poda com solução sanitizante, como hipoclorito de sódio a 2%; k) controlar adequadamente as coleobrocas ou outros insetos que possam causar ferimentos nas árvores que sirvam de porta de entrada para o fungo. Outras medidas de controle são: a) pulverizar as plantas com fungicidas à base de difenoconazol, nos períodos críticos da cultura, ou seja, na poda, no

estresse hídrico, na indução floral, na floração e na frutificação; b) pulverizar as plantas com fungicidas à base de cobre, tiofanato metílico e mancozeb, indicados para o controle da antracnose, que reduzem a incidência da doença no campo; c) efetuar a colheita do fruto no estágio de maturação ideal para o mercado pretendido; d) manusear cuidadosamente os frutos durante a colheita e na pós-colheita para minimizar os danos físicos; e) não retirar o pedúnculo totalmente, mantendo a 1-2 cm do fruto; f) fazer o tratamento hidrotérmico em pós-colheita com água quente à temperatura de 52 °C, durante 5 minutos; g) armazenar e transportar em condições ótimas de temperatura e atmosfera para manter a alta qualidade do fruto (BATISTA, 2010; PRUSKY et al., 2009; PLOETZ, 2003; SANTOS FILHO; MATOS, 2000; YAHIA, 2005, 2011; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004).

No Brasil, difenoconazol (grupo dos triazóis) é o único fungicida registrado para o controle da morte descendente e podridão peduncular em manga, restrito ao tratamento em campo (MAPA, 2016). No entanto, vários outros princípios ativos são aplicados nos pomares de mangueira do Nordeste brasileiro para o controle de outras doenças, incluindo fungicidas dos grupos das anilidas (boscalida), benzimidazóis (tiabendazol e tiofanato metílico), carboximidas (fluxapiraxade), estrobirulinas (azoxistrobina, piraclostrobina), imidazóis (imazalil, procloraz e triflumizol), triazóis (bromuconazol, tebuconazol e tetraconazol), ditiocarbamato (mancozeb) e inorgânicos (bicarbonato de potássio, enxofre, hidróxido de cobre, oxiclureto de cobre e óxido cuproso) (BATISTA, 2010; BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011; MAPA, 2016).

O manejo das doenças-chave das fruteiras tropicais constitui desafio constante, pois as modificações nos sistemas de produção exercidas pelo homem interferem na manifestação e intensidade das doenças, havendo, muitas vezes, necessidade de mudanças nas estratégias de manejo. Outro aspecto a considerar é a grande diversidade de espécies de agentes fitopatogênicos, principalmente de fungos que causam um mesmo tipo de doença, o que até recentemente era atribuído a somente uma espécie. Portanto, a busca do conhecimento da biologia e ecologia dos agentes patogênicos, bem como a compreensão dos fatores predisponentes e da epidemiologia das doenças, deve ser o foco das investigações, uma vez que o esclarecimento desses aspectos é fundamental para o sucesso no manejo das doenças em fruteiras tropicais (MICHEREFF; CORREIA, 2015).

A carência de estudos sobre a interação Botryosphaeriaceae-mangueira-ambiente para fins de manejo é uma fragilidade dentro da cadeia produtiva da manga, necessitando tanto de pesquisas básicas quanto aplicadas (BATISTA; BARBOSA; TERAQ, 2011). Embora existam vários estudos de identificação, prevalência e distribuição de espécies de *Lasiodyplodia* em

regiões produtoras de manga no mundo, até o momento não foram realizadas pesquisas sobre os fatores que podem afetar a virulência das espécies mais prevalentes, com ênfase para os efeitos de ferimento, umidade e temperatura. Diante disso, o objetivo dessa dissertação foi comparar a virulência de cinco espécies de *Lasiodiplodia* prevalentes em pomares de mangueira do Nordeste brasileiro em relação à presença e idade do ferimento, tempo de início e duração da umidade elevada, e temperatura, quando inoculadas em frutos de manga.

## Referências Bibliográficas

- ABDOLLAHZADEH, J.; JAVADI, A.; MOHAMMADI-GOLTAPPEH, E.; ZARE, R.; PHILLIPS, A. J. L. Phylogeny and morphology of four new species of *Lasiodiplodia* from Iran. **Persoonia**, Leiden, v. 25, n. 10, p.1–10, 2010.
- ADASKAVEG, J. E.; FÖRSTER, H.; SOMMER, N. F. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In: KADER, A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis: University of California Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 163-195.
- AGRIBUS 2015. **Anuário da agricultura brasileira**. Informa Economics South America FNP, 2015. 504 p.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. 952 p.
- AL-SADI, A. M.; AL-WEHAIBI, A. N.; AL-SHARIQI, R. M.; AL-HAMMADI, M. S.; AL-HOSNI, I. A.; AL-MAHMOOLI, I. H.; AL-GHAITHI, A. G. Population genetic analysis reveals diversity in *Lasiodiplodia* species infecting date palm, *Citrus*, and mango in Oman and the UAE. **Plant Disease**, St. Paul, v. 97, n. 10, p.1363-1369, 2013.
- ALVES, A.; PHILLIPS, A. J. L.; HENRIQUES, I.; CORREIA, A. Rapid differentiation of species of Botryosphaeriaceae by PCR fingerprinting. **Research in Microbiology**, Paris, v. 158, n. 2, p. 112-121, 2007.
- 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.
- ASSIS, J. S. Colheita e pós-colheita. In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **Cultivo da mangueira**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010 [online]. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/index.htm)>. Acesso em: 05 jan. 2016.
- BARKAI-GOLAN, R. **Postharvest diseases of fruits and vegetables**: development and control. Amsterdam: Elsevier, 2001. 418 p.
- BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2003. 733 p.
- BATISTA, D.C. Doenças. In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **Cultivo da mangueira**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/doencas.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/doencas.htm)> Acesso em: 04 de jan. de 2016.
- BATISTA, D. C.; BARBOSA, M. A.G.; TERAPO, D. Epidemiologia e manejo de fungos associados com morte descendente e podridão peduncular em mangueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 44., 2011, Bento Gonçalves, Brasil. **Resumos ... Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, Suplemento, p. 35-36.

BEGOUDE, B. A. D.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J.; ROUX, J. Botryosphaeriaceae associated with *Terminalia catappa* in Cameroon, South Africa and Madagascar. **Mycological Progress**, Heidelberg, v. 9, n. 1, p. 101-123, 2010.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coords.). **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA-MAPA/SPA, 2007. 102 p. (Agronegócios, v. 7).

BURGESS, T. I.; BARBER, P. A.; MOHALI, S.; PEGG, G.; DE BEER, W.; WINGFIELD, M. J. Three new *Lasiodiplodia* spp. from the tropics, recognized based on DNA sequence comparisons and morphology. **Mycologia**, New York, v. 98, n. 3, p. 423-435, 2006.

CABI. *Lasiodiplodia theobromae*. In: CABI. **Invasive species compendium**. Wallingford: CAB International, 2016 [online]. Disponível em: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/40844>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.

CASTRO NETO, M. T.; CUNHA, G. A. P. Aspectos botânicos. In: Matos, A. P. (Org.). **Manga produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 15. (Frutas do Brasil, 4).

CORREIA, K. C.; SILVA, M. A.; MORAIS JÚNIOR, 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**, London, v. 65, n. 1, p. 92-103, 2016.

COSTA, V. S. O.; MICHEREFF, S. J.; MARTINS, R. B.; GAVA, C. A. T.; MIZUBUTI, E. S. G.; CÂMARA, M. P. S. Species of Botryosphaeriaceae associated on mango in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 127, n. 4, p. 509-519, 2010.

DAMM, U.; CROUS, P. W.; FOURIE, P. H. Botryosphaeriaceae as potential pathogens of *Prunus* in South Africa, with descriptions of *Diplodia Africana* and *Lasiodiplodia plurivora* sp. nov. **Mycologia**, New York, v. 99, n. 5, p. 664-680, 2007.

DROBY, S.; WISNIEWSKI, M.; BENKEBLIA, N. 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: fundamental issues**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. v. 1, p. 194-223.

FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y. **Fungal database: fungus–host distributions** [online]. In: USDA. Beltsville: Systematic Mycology and Microbiology Laboratory – ARS/USDA, 2016. Disponível em: <<http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/fungushost/fungushost.cfm>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 687 p.

- FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. Status of *Lasiodiplodia theobromae* as a plant pathogen in Brazil. **Essentia**, Sobral, v. 12, n. 1, p. 53-71, 2011.
- HONG, S. K.; LEE, S. Y.; CHOI, H. W.; LEE, Y. K.; JOA, J-H.; SHIM, H. Occurrence of stem-end rot on mango fruits caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Korea. **Plant Pathology Journal**, Seoul, v. 28, n. 4, p. 455, 2012.
- ISMAIL, A. M.; CIRVILLERI, G.; POLIZZI, G.; CROUS, P. W.; GROENEWALD, J. Z.; LOMBARD, L. *Lasiodiplodia* species associated with dieback disease of mango (*Mangifera indica*) in Egypt. **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 41, n. 6, p. 649-660, 2012.
- JACOBS, K. A.; REHNER, S. A. Comparison of cultural and morphological characters and ITS sequences in anamorphs of *Botryosphaeria* and related taxa. **Mycologia**, New York, v. 90, n. 5, p.601-610, 1998.
- JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C.; KLUGE, R. A. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: GONZÁLES-AGUILAR, G. (Ed.). **Estado actual del mercado de frutas y vegetales cortados em Iberoamérica**. San Jose: Universidad de Costa Rica, 2004. p. 79-86.
- JOHNSON, G. I.; HOFMAN, P. J. Postharvest technology and quarantine treatments. In: LITZ, R. E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2009. p. 529-605.
- JOHNSON, G. I.; MEAD, A. J.; COOKE, A. W.; DEAN, J. R. Mango stem end rot pathogens - fruit infection by endophytic colonization of the inflorescence and pedicel. **Annals of Applied Biology**, London, v. 120, n. 2, p. 225-234, 1992.
- KADER, A. A.; YAHIA, E. M. Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In: YAHIA, E. M. (Ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Fundamental issues**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. v. 1, p. 79-111.
- KRANZ, J. **Comparative epidemiology of plant diseases**. Berlin: Springer-Verlag, 2003. 206 p.
- LI, Q-L.; GUO, T-X.; PAN, Z-B.; HUANG, S-P.; MO, J-Y.; NING, P.; HSIANG, T. An outbreak of gummosis of mango trees caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Guangxi, South China. **Plant Disease**, St. Paul, v. 97, n. 5, p. 690, 2013.
- LIMA, N. B.; BATISTA, M. V. A.; MORAIS JUNIOR, M. A.; BARBOSA, M. A.G.; MICHEREFF, S. J.; HYDE, K. D.; CÂMARA, M. P. S. Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in northeastern Brazil. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 61, n. 1, p. 75-88, 2013.
- LIMA, N. B.; LIMA, W. G.; TOVAR-PEDRAZA, J. M.; MICHEREFF, S. J.; CÂMARA, M. P. S. Comparative epidemiology of *Colletotrichum* species from mango in northeastern Brazil. **European Journal Plant Pathology**, Dordrecht, v. 141, n. 6, p. 679-688, 2015.

LUQUE, J.; MARTOS, S.; PHILLIPS, A. J. L. *Botryosphaeria viticola* sp. nov. on grapevines: a new species with a *Dothiorella* anamorph. **Mycologia**, New York, v. 97, n. 5, p. 1111-1121, 2005.

MACHADO, A. R.; PINHO, D. B.; PEREIRA, O. L. Phylogeny, identification and pathogenicity of the Botryosphaeriaceae associated with collar and root rot of the biofuel plant *Jatropha curcas* in Brazil, with a description of new species of *Lasiodiplodia*. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 67, N. 1, P. 231-47, 2014.

MAPA. **AGROFIT** - sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília: Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 15 jan. 2016.

MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; MORAIS JUNIOR, M. A.; BARBOSA, M. A. G.; SOUZA, B. O.; MICHEREFF, S. J.; PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S. Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 61, n. 1, p.181–193, 2013a.

MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; MORAIS JUNIOR, M. A.; MICHEREFF, S. J.; PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S. *Botryosphaeria*, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium* and *Pseudofusicoccum* species associated with mango in Brazil. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 61, n. 1, p. 195-208, 2013b.

MICHEREFF, S. J.; CORREIA, K. C. Manejo de doenças em fruteiras tropicais. In: COLMÁN, A.; BARROS, A. V.; MACHADO, F. J. (Eds.). **Doenças em espécies florestais e fruteiras**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 36-53.

MILGROOM, M. G. **Population biology of plant pathogens**: genetics, ecology and evolution. St. Paul: APS Press, 2015. 399 p.

MOUCO, M. A. C. Manejo da floração. In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **Cultivo da mangueira**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010a [online]. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/index.htm)>. Acesso em: 05 jan. 2016.

MOUCO, M. A. C. Manejo de podas. In: EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Cultivo da mangueira**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010b [online]. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/index.htm)>. Acesso em: 05 jan. 2016.

MYCOBANK. **Fungal database** [online]. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Center, 2016. Disponível em: <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=58151&Fields=All>> Acesso em: 04 jan. 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.



- NI, H. F.; YANG, H. R.; CHEN, R. S.; LIO, R. F.; HUNG, T. H. New Botryosphaeriaceae fruit rot of mango in Taiwan: identification and pathogenicity. **Botanical Studies**, Taipei, v. 53, n. 4, p. 467-478, 2012.
- NIETO-ÁNGEL, D.; RAMOS, M. A.; ORTIZ, D. T.; JOSE, A. R. Enfermedades del mango. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (Eds). **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 733-774.
- PAULL, R. E.; DUARTE, O. **Tropical fruits**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2011. 400 p.
- PAVLIC, D.; WINGFIELD, M. J.; BARBER, P.; SLIPPERS, B.; HARDER, G. E. S.; BURGESS, T. I. Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. **Mycologia**, New York, v. 100, n. 6, p. 851-866, 2008.
- 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.
- PHILLIPS, A. J. L.; ALVES, A.; ABDOLLAHZADEH, J.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 76, n. 1, p. 51-167, 2013.
- PHILLIPS, A.; ALVES, A.; CORREIA, A.; LUQUE, J. Two new species of *Botryosphaeria* with brown, 1-septate ascospores and *Dothiorella* anamorphs. **Mycologia**, New York, v. 97, n. 2, p. 513-529, 2005.
- PLOETZ, R. C. Diseases of mango. In: PLOETZ, R. C. (Ed.). **Diseases of tropical fruit crops**. Wallingford: CAB International, 2003. p. 327-363.
- PRAKASH, O. Diseases and disorders of mango and their management. In: NAQVI, S. A. M. H. (Ed.). **Diseases of fruits and vegetables**. Dordrecht: Kluwer, 2004. v. 1, p. 511-619.
- PRUSKY, D.; ALKAN, N.; MENGISTE, T.; FLUHR, R. Quiescent and necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 51, p. 155-176, 2013.
- PRUSKY, D.; KOBILER, I.; MIYARA, I.; ALKAN, N. Fruit diseases. In: LITZ, R. E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2009. p. 210-230.
- PUNITHALINGAM, E. **Plant diseases attributed to *Botryodiplodia theobromae* Pat.** Vaduz: Cramer, 1980. 123 p.
- REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Anuário brasileiro da fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015. 104 p.

REHMAN, A.; MALIK, A. U.; ALI, H.; ALAM, M. W.; SARFRAZ, B. Preharvest factors influencing the postharvest disease development and mango fruit quality. **Journal of Environmental & Agricultural Sciences**, Dera Ghazi Khan, v. 3, n. 1, p. 42-47, 2015.

RIBEIRO, I. J. A. Doenças da mangueira (*Mangifera indica* L.) In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 457-465.

ROTEM, J. Climate and weather influences on epidemics. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Eds.). **Plant disease: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1978. v. 2, p. 317-337.

SAKALIDIS, M. L.; RAY, J. D.; LANOISELET, V.; HARDY, G. E. StJ.; BURGESS, T. I. Pathogenic Botryosphaeriaceae associated with *Mangifera indica* in the Kimberley Region of Western Australia. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 130, n. 3, p. 379-391, 2011.

SANDOVAL-SÁNCHEZ, M.; NIETO-ÁNGEL, D.; SANDOVAL-ISLAS, J. S.; TÉLIZ-ORTIZ, D.; OROZCO-SANTOS, M.; SILVA-ROJAS, H. V. Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). **Agrociencia**, Montecillo, v. 47, n. 1, p. 61-73, 2013.

SANTOS FILHO, H. P.; MATOS, A. P. Doenças e seu controle. In: In: Matos, A. P. (Org.). **Manga produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 50-54. (Frutas do Brasil, 4).

SCHUMAN, G. L.; D'ARCY, C. J. **Essential plant pathology**. 2. ed. St. Paul: APS Press, 2010. 369 p.

SERRATO-DIAZ, L. M.; PEREZ-CUEVAS, M.; RIVERA-VARGAS, L. I.; FRENCH-MONAR, R. D. First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing inflorescence blight of mango. **Plant Disease**, v. 97, n. 11, p. 1380, 2013.

SHURTLEFF, M. C.; AVERRE III, C. W. **Glossary of plant-pathological terms**. St. Paul: APS Press, 1997. 361 p.

SILVA, P. C. G.; COELHO, R. C. Socioeconomia. In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **Cultivo da mangueira**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010 [online]. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/index.htm)>. Acesso em: 05 jan. 2016.

SLIPPERS, B.; CROUS, P. W.; DENMAN, S.; COUTINHO, T. A.; WINGFIELD, B. D.; WINGFIELD, M. J. Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified as *Botryosphaeria dothidea*. **Mycologia**, New York, v. 96, n. 1, p. 83-101, 2004.

SLIPPERS, B.; SMIT, W. A.; CROUS, P. W.; COUNTINHO, T. A.; WINGFIELD, B. D.; WINGFIELD, M. J. Taxonomy, phylogeny and identification of Botryosphaeriaceae

associated with pome and stone fruit trees in South Africa and other regions of the world. **Plant Pathology**, London, v. 56, n. 1, p. 128-139, 2007.

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

SNOWDON, A. L. **Color Atlas of post-harvest diseases and disorders of fruit and vegetables**: general introduction and fruits. Boca Raton: CRC Press, 1990. v.1, 302 p.

STRUCK, C. Infection strategies of plant parasitic fungi. In: COOKE, B.M.; GARETH JONES, D.; KAYE, B. (Eds). **The epidemiology of plant diseases**. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2006. p. 117-138.

TAKUSHI, T.; TABA, S.; MOROMIZATO, Z.; SATO, T. Stem-end rot of mango (*Mangifera indica*) caused by *Lasiodiplodia theobromae sensu stricto*. **Japanese Journal of Phytopathology**, Tokyo, v. 79, n. 1, p. 15-19, 2013

TAVARES, S. C. C. H. Epidemiologia e manejo integrado de *Botryodiplodia theobromae* - situação atual no Brasil e no mundo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 46-52, 2002.

TAVARES, S. C. C. H.; MENEZES, M.; CHOUDHURY, M. M. Infecção da mangueira por *Botryodiplodia theobromae* Lat. na região Semi-Árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 13, n. 1, p. 163-166, 1991.

TAYLOR, J. W.; JACOBSON, D.J.; KROKEN, S.; KASUGA, T.; GEISER, D.M.; HIBBETT, D. S.; FISHER, M. C. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. **Fungal Genetics and Biology**, Orlando, v. 31, n. 1, p. 21-32, 2000.

TRAKUNYINGCHAROEN, T.; CHEEWANGKOON, R.; TO-ANUN, C.; CROUS, P. W.; VAN NIEKERK, J. M.; LOMBARD, L. Botryosphaeriaceae associated with diseases of mango (*Mangifera indica*). **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 43, n. 4, p. 425-438, 2014.

TRAKUNYINGCHAROEN, T.; LOMBARD, L.; GROENEWALD, J. Z.; CHEEWANGKOON, R.; TO-ANUN, C.; CROUS, P. W. Caulicolous *Botryosphaeriales* from Thailand. **Persoonia**, Leiden, v. 34, n. 4, p. 87-99, 2015.

TRAKUNYINGCHAROEN, T.; CHEEWANGKOON, R.; TO-ANUN, C. Phylogeny and pathogenicity of fungal species in the family Botryosphaeriaceae associated with mango (*Mangifera indica*) in Thailand. **International Journal of Agricultural Technology**, Bangkok, v. 9, n. 6, p. 1535-1543, 2013.

ÚRBEZ-TORRES, J. R. The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. **Phytopathologia Mediterranea**, Firenze, v. 50, Supplement, p. 5-45, 2011.

ÚRBEZ-TORRES, J. R.; PEDUTO, F.; STRIEGLER, R. K.; URREA-ROMERO, K. E.; RUPE, J. C.; CARTWRIGHT, R. D.; GUBLER, W. D. Characterization of fungal pathogens

associated with grapevine trunk diseases in Arkansas and Missouri. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 52, n. 1, p. 169-189, 2012.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, L. C.; LIBERATO, J. R.; DIAS, A. P. Influência do clima no desenvolvimento de doenças de plantas. In: JESUS JR., W. C.; VALE, F. X. R.; JESUS JR., W. C.; ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. p. 49-87.

VIEIRA, W. A. S.; MICHEREFF, S. J.; DE MORAIS JR., M. A.; HYDE, K. D.; CÂMARA, M. P. S. Endophytic species of *Colletotrichum* associated with mango in northeastern Brazil. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 67, n. 1, p. 181-202, 2014.

XU, X. Modelling and interpreting disease progress in time. In: COOKE, B.M.; GARETH JONES, D.; KAYE, B. (Eds.). **The epidemiology of plant Diseases**. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2006. p. 215-238.

YAHIA, E. M. Postharvest technology and handling of mango. In: DRIS, R. (Ed.). **Crops: quality, growth and biotechnology**. Helsinki: WFL Publisher, 2005. p. 478-512.

YAHIA, E. M. Mango (*Mangifera indica* L.). In: YAHIA, E. M. (Ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: cocona to mango**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. v. 3, p. 492-565.

ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Manejo integrado de doenças da mangueira, In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 377-408.

ZHANG, J. *Lasiodiplodia theobromae* in citrus fruit (Diplodia stem-end rot). In: BAUTISTA-BAÑOS, S. (Ed.). **Postharvest decay: control strategies**. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 309-335.

ZHOU, S.; STANOSZ, G. R. Relationships among *Botryosphaeria* species and associated anamorphic fungi inferred from the analyses of ITS and 5.8S rDNA sequences. **Mycologia**, New York, v. 93, n. 3, p. 516-527, 2001.

## Capítulo II

---

---

# **Efeitos de ferimento, umidade e temperatura na virulência de espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga**

**Efeitos de fermento, umidade e temperatura na virulência de espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga**

**Soraya de Lima e Silva • Tamiris Joana dos Santos Rêgo • Cinthia Conforto • Kamila Câmara Correia • Marcos Paz Saraiva Câmara • Sami Jorge Michereff**

Accepted: / Published online:

S. L. Silva • T. J. S. Rêgo • C. Conforto • M. P. S. Câmara • S. J. Michereff (✉)

Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900 Recife, PE, Brazil.

E-mail: sami.michereff@ufrpe.br

K. C. Correia

Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Universidade Federal do Cariri, 63133-610 Crato, CE, Brasil.

**Resumo** A morte descendente e a podridão peduncular, causadas por espécies de Botryosphaeriaceae, são importantes doenças da mangueira no Nordeste brasileiro. Nesse estudo, foi investigado o efeito de ferimento, umidade e temperatura na virulência de cinco espécies de *Lasiodiplodia* prevalentes em pomares de mangueira do Nordeste brasileiro (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* e *L. viticola*). Apenas *L. iraniensis* e *L. viticola* induziram sintomas em frutos sem ferimento, mas em frutos feridos todas as espécies induziram sintomas. Todas as espécies expressaram a maior virulência quando inoculadas imediatamente após a realização do ferimento, reduzindo a virulência com a elevação da idade do ferimento. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* foi a espécie mais sensível à idade do ferimento. *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. iraniensis* e *L. theobromae* induziram sintomas na ausência de umidade elevada. Todas as espécies expressaram a maior virulência quando submetidas à umidade relativa elevada imediatamente após a inoculação e reduziram a virulência com o aumento do intervalo de tempo para início da umidade relativa elevada. *Lasiodiplodia iraniensis* e *L. viticola* foram as espécies mais sensíveis à demora para início da umidade relativa elevada. Nenhuma espécie induziu sintomas em frutos armazenados a 5 °C e somente *L. pseudotheobromae* induziu sintomas a 10 °C. Não houve diferença entre as espécies em relação à temperatura ótima para expressão da máxima virulência, que variou entre 29,6 e 31,3 °C. Houve diferença entre as espécies em relação aos níveis de virulência em quase todos os efeitos avaliados. Na maioria dos experimentos, a maior virulência foi evidenciada por *L. iraniensis*, enquanto *L. viticola* foi a menos virulenta.

**Palavras-chave** *Mangifera indica* · Podridão peduncular · Botryosphaeriaceae · Epidemiologia

**Abstract** Dieback and stem-end rot, caused by species of Botryosphaeriaceae, are important diseases of mango in the Brazilian Northeast. In this study, was investigated the effects of wound, humidity and temperature in virulence of five *Lasiodiplodia* species prevalent in the mango orchards of northeastern Brazil (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* and *L. viticola*). Only *L. iraniensis* and *L. viticola* induced symptoms in non-wounded fruits, but all species induced symptoms in wounded fruits. All species has expressed increased virulence when inoculated immediately after the wound, reducing the virulence with increasing wound age. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* was the most sensitive species to the wound age. *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. iraniensis* and *L. theobromae* induced symptoms in the absence of high humidity. All species expressed increased virulence when exposed to high relative humidity immediately after inoculation and decreased virulence with increasing time interval to beginning of high humidity. *Lasiodiplodia iraniensis* and *L. viticola* were the species most sensitive to the delay in onset of high relative humidity. No *Lasiodiplodia* species induced symptoms in fruit stored at 5 ° C and only *L. pseudotheobromae* induced symptoms at 10 ° C. There was no difference between species in relation to the optimum temperature for maximum virulence expression, which ranged between 29.6 and 31.3 ° C. There were differences between the species in respect of virulence levels in almost all the evaluated effects. In most experiments, the increased virulence was demonstrated by *L. iraniensis* while *L. viticola* was less virulent.

**Keywords** *Mangifera indica* · Stem-end rot · Botryosphaeriaceae · Epidemiology



## Introdução

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é cultivada em todas as regiões tropicais e na maioria das regiões subtropicais do mundo, atestando sua ampla gama de adaptabilidade climática (Paull e Duarte 2011). No Brasil, essa fruteira tem destacada importância pela representatividade da área plantada, produção e receita financeira. É estimada uma área cultivada de 73.000 hectares e produção de 1.175.000 toneladas, sendo a região Nordeste responsável por 66,5% dessa produção. Em 2014, o Brasil exportou 133.033 toneladas de manga com um valor aproximado de 163,7 milhões de dólares, posicionando como a principal fruta exportada pelo Brasil em termos de receita financeira (Reetz et al. 2015).

A região semiárida do Vale do São Francisco, localizada no Nordeste brasileiro, é responsável pela produção de 85% da manga exportada pelo país (Reetz et al. 2015). Além do volume produzido, essa região se destaca, principalmente, pelos altos rendimentos obtidos e excelente qualidade dos frutos produzidos (Silva e Coelho 2010). Esse desempenho se deve a fatores climáticos, uso de tecnologias avançadas de produção, execução da atividade por empresas de grande porte e elevada organização da cadeia de comercialização. Um aspecto a ser destacado é a possibilidade da obtenção de duas safras/ano com o uso da indução floral (Batista et al. 2011).

A intensificação no cultivo da mangueira no Nordeste brasileiro tem propiciado o aumento acentuado da incidência de doenças (Batista et al. 2011). Os danos ocasionados pelas doenças ocorrem na fase de produção e na pós-colheita, resultando em queda da produtividade e da qualidade dos frutos (Batista 2010; Batista et al. 2011). A morte descendente e a podridão peduncular estão entre as doenças que impactam na produção de manga no Brasil. Essas doenças foram relatadas pela primeira vez no Brasil em 1991 (Tavares et al. 1991) e, desde então, vêm aumentando de intensidade e importância na região Nordeste

(Costa et al. 2010; Batista et al. 2011; Marques et al. 2013), levando, em alguns casos, à completa perda da produção e eliminação de pomares inteiros (Tavares 2002).

A morte descendente e a podridão peduncular da mangueira são causadas por um complexo de fungos, sendo os membros da família Botryosphaeriaceae considerados os mais importantes (Prusky et al. 2009; Costa et al. 2010; Sakalidis et al. 2011; Ismail et al. 2012; Marques et al. 2013; Trakunyingcharoen et al. 2014). Esses fungos podem causar diferentes sintomas em mangueira, incluindo seca de ponteiros, queima de inflorescências e abortamento de frutos, bem como podridão peduncular em frutos na pós-colheita (Ploetz 2003; Prakash 2004; Zambolim e Junqueira 2004; Prusky et al. 2009). A podridão peduncular causa sérios danos na fase de pós-colheita, pois se caracteriza pela formação de lesões necróticas marrons escuras de aspecto aquoso na região do pedúnculo, deixando os frutos impróprios para o consumo. A infecção pode permanecer quiescente na região do pedúnculo e se manifestar na pós-colheita (Johnson et al. 1992; Ploetz 2003; Prusky et al. 2009), o que têm causado muita preocupação aos produtores devido ao risco de rechaço das remessas de frutas pelos países importadores, resultando em grandes prejuízos (Batista et al. 2011).

A indução floral com uso do estresse hídrico e regulador de crescimento vegetal (paclobutrazol), bem como a utilização intensiva de podas, têm sido apontados como os principais fatores de predisposição à infecção e aumento da ocorrência de morte descendente e podridão peduncular na mangueira (Zambolim e Junqueira 2004; Batista et al. 2011). As condições ambientais favoráveis à infecção da mangueira por espécies de Botryosphaeriaceae situam-se em temperaturas entre 27 e 32 °C e umidade relativa do ar superior a 80% (Prakash 2004; Zambolim e Junqueira 2004). Os danos aumentam consideravelmente quando os frutos amadurecem em temperaturas superiores a 28 °C, bem como quando são tratados com etileno e, em seguida, armazenados a 13 °C (Prusky et al. 2009). Armazenamento a 10 °C retarda o desenvolvimento da podridão peduncular, sendo extremamente rápido em temperaturas entre

30 e 35 °C (Snowdon 1990; Yahia 2011). A presença de fermento é considerada essencial para que infecções ocorram na pós-colheita (Snowdon 1990; Ploetz 2003; Prusky et al. 2009). Pouco é conhecido sobre os aspectos epidemiológicos da morte descendente e da podridão peduncular na mangueira, o que dificulta o desenvolvimento de estratégias eficientes de manejo das doenças (Droby et al. 2011).

No Brasil, a morte descendente e a podridão peduncular da mangueira eram atribuídas, até recentemente, exclusivamente à *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maub (Freire et al. 2003; Pereira et al. 2006; Costa et al. 2010). No entanto, um estudo com 120 isolados de *Lasiodiplodia* obtidos de pomares do Nordeste brasileiro, combinando análises morfológicas e inferência filogenética baseada na sequência completa da região do espaço transcrito interno (ITS) e na sequência parcial do gene fator de alongação 1- $\alpha$  (EF1- $\alpha$ ), revelou que além de *L. theobromae*, seis espécies de *Lasiodiplodia* causavam as doenças em mangueira: *L. crassispora* Burgess & Barber; *L. egyptiaca* A.M. Ismail, L. Lombard & Crous; *L. hormozganensis* Abdollahzadeh, Zare & A.J.L. Phillips; *L. iraniensis* Abdollahzadeh, Zare & A.J.L. Phillips; *L. pseudotheobromae* A.J.L. Phillips, A. Alves & Crous; e *L. viticola* Úrbez-Torres, Peduto & Gublersp. Em relação à distribuição das espécies, *L. theobromae* foi a predominante (44%), seguida por *Lasiodiplodia viticola* (18%), *L. iraniensis* (17%), *L. pseudotheobromae* (13%), *L. hormozganensis* (5%), *L. egyptiaca* (2%) e *L. crassispora* (1%) (Marques et al. 2013).

Embora existam vários estudos de identificação, prevalência e distribuição de espécies de *Lasiodiplodia* em regiões produtoras de manga no mundo (Abdollahzadeh et al. 2010; Costa et al. 2010; Sakalidis et al. 2011; Hong et al. 2012; Ismail et al. 2012; Ni et al. 2012; Al-Sadi et al. 2013; Li et al., 2013; Marques et al. 2013; Sandoval-Sánchez et al. 2013; Serrato-Diaz et al. 2013; Takushi et al. 2013; Trakunyingcharoen et al. 2013, 2014, 2015), até o momento não foram realizadas pesquisas sobre os fatores que podem afetar a virulência das

espécies mais prevalentes, com ênfase para os efeitos de ferimento, umidade e temperatura. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi comparar a virulência de cinco espécies de *Lasiodiplodia* prevalentes em pomares de mangueira do Nordeste brasileiro em relação à presença e idade de ferimento, tempo de início e duração de umidade elevada, e temperatura, quando inoculadas em frutos de manga. Virulência é definida como o efeito observável do patógeno no hospedeiro em relação à quantidade de doença induzida (Sacristán e García-Arenal 2008; Milgroom 2015).

## **Materiais e métodos**

### Isolados fúngicos

Em todos os experimentos foram utilizados 15 isolados de *Lasiodiplodia*, pertencentes a cinco espécies (*L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* e *L. viticola*), e três isolados de cada espécie. Os isolados foram obtidos de frutos de manga coletados em pomares do Nordeste brasileiro (Tabela 1) e identificados por inferência filogenética baseada na sequência completa da região ITS e na sequência parcial do gene EF1- $\alpha$  por Marques et al. (2013). Os isolados foram depositados na Coleção de Culturas de Fungos Fitopatogênicos “Prof. Maria Menezes” (CMM) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (Recife, Pernambuco, Brasil). Culturas estoque foram mantidas em tubos de ensaio com meio batata-dextrose-ágar (BDA; Acumedia, Lansing, EUA) inclinado a 5 °C no escuro. Antes dos experimentos, os isolados foram cultivados em placas de Petri com BDA e incubados a 28 °C no escuro por 5 dias.

## Frutos

Frutos de manga (cv. Tommy Atkins) no estágio 4 de maturação (Assis 2010) foram selecionados pela uniformidade do tamanho, maturação e ausência de injúrias. Antes da inoculação, os frutos foram lavados com detergente e água corrente, desinfestados pela imersão em solução de NaOCl 1% por 3 min, lavados com água destilada esterilizada por 5 min, enxaguados duas vezes em água destilada e colocados para secar em uma bancada do laboratório.

## Efeito do ferimento

Frutos feridos e não feridos foram usados nesse experimento. Para obtenção de frutos feridos, a região mediana de cada fruto foi perfurada pela introdução de três pinos esterilizados através da superfície da casca a uma profundidade de 3 mm e largura de 0,8 mm. Imediatamente após o ferimento, um disco de BDA (5 mm de diâmetro) contendo micélio foi removido da margem da colônia de cada isolado de *Lasiodiplodia* e transferido para o ponto perfurado na epiderme do fruto. Em frutos não feridos o disco de micélio foi colocado na região mediana. Frutos com discos de BDA não colonizados pelo fungo foram utilizados como testemunha. Imediatamente após a inoculação, os frutos foram colocados em bandejas plásticas (50x30x20 cm) com o fundo coberto por quatro folhas de papel toalha umedecidas com água esterilizada (80 ml/bandeja) e cobertas com sacos plásticos para manter a umidade relativa elevada (próximo a 100%). O contato dos frutos com a água foi evitado pela colocação de cada fruto sobre uma tampa de placa de Petri esterilizada. As bandejas foram colocadas em sala de crescimento a 30 °C no escuro. Após 24 h, os sacos plásticos e os papéis toalhas foram removidos das bandejas e os frutos foram mantidos na mesma temperatura por

um período adicional de 72 h no escuro. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 15x2, com quatro repetições por combinação isolado/situação de ferimento e quatro frutos por repetição. A virulência dos isolados foi avaliada às 96 h após a inoculação pela mensuração do diâmetro das lesões (mm) em direções perpendiculares com um paquímetro digital (Mitutoyo Co., Tóquio, Japão) e cálculo do diâmetro médio da lesão.

#### Efeito da idade do ferimento

Frutos feridos foram inoculados com um disco de micélio (5 mm de diâmetro) de cada isolado de *Lasiodiplodia*. A inoculação foi realizada imediatamente após o ferimento e 6, 12, 24, 48 e 72 h depois. Frutos com discos de BDA não colonizados pelo fungo foram utilizados como testemunha. As condições de incubação e avaliação da virulência foram as mesmas descritas para o experimento de efeito do ferimento. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 15x6, com quatro repetições por combinação isolado/idade de ferimento e quatro frutos por repetição.

#### Efeito duração da umidade

Frutos feridos foram inoculados com um disco de micélio (5 mm de diâmetro) de cada isolado de *Lasiodiplodia* imediatamente após o ferimento. Frutos com discos de BDA não colonizados pelo fungo foram utilizados como testemunha. Os frutos foram submetidos a oito períodos de câmara úmida: 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48 e 72 h. As outras condições de incubação e a avaliação da virulência foram as mesmas descritas para o experimento de efeito do ferimento. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial

15x8, com quatro repetições por combinação isolado/período de câmara úmida e quatro frutos por repetição.

#### Efeito do início da umidade

Frutos feridos foram inoculados com um disco de micélio (5 mm de diâmetro) de cada isolado de *Lasiodiplodia* imediatamente após o ferimento. Frutos com discos de BDA não colonizados pelo fungo foram utilizados como testemunha. Os frutos foram submetidos a câmara úmida imediatamente e após 6, 12, 18, 24, 36, 48 e 72 h da inoculação. As outras condições de incubação e a avaliação da virulência foram as mesmas descritas para o experimento de efeito do ferimento. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 15x8, com quatro repetições por combinação isolado/tempo de início da câmara úmida e quatro frutos por repetição.

#### Efeito da temperatura

Frutos feridos foram inoculados com um disco de micélio (5 mm de diâmetro) de cada isolado de *Lasiodiplodia* imediatamente após o ferimento. Frutos com discos de BDA não colonizados pelo fungo foram utilizados como testemunha. Os frutos foram armazenados em câmaras de incubação a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C. As outras condições de incubação e a avaliação da virulência foram as mesmas descritas para o experimento de efeito do ferimento. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 15x8, com quatro repetições por combinação isolado/temperatura e quatro frutos por repetição.

## Análises dos dados

Todos os experimentos foram repetidos. Os dados das duas replicações independentes, para cada experimento, foram agrupados após a realização da análise de homogeneidade das variâncias usando o teste de Levene e nenhuma heterogeneidade ter sido detectada ( $P > 0,05$ ). Os dados obtidos para cada experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em todos os experimentos, os isolados da mesma espécie de *Lasiodiplodia* não diferiram significativamente ( $P > 0,05$ ) em relação às variáveis analisadas. Portanto, somente as médias das espécies de *Lasiodiplodia* foram consideradas em todas as análises estatísticas. No experimento de efeito de ferimento, os valores de tamanhos de lesões induzidos pelas espécies de *Lasiodiplodia* sem e com ferimento foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste da diferença mínima significativa (LSD) de Fisher ( $P = 0,05$ ). Nos demais experimentos, os dados foram submetidos às análises de regressão linear e não-linear para relacionar idade do ferimento, duração da umidade, início da umidade e temperatura aos tamanhos das lesões induzidos pelos isolados de *Lasiodiplodia*. A escolha do modelo para cada experimento foi determinado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), distribuição dos resíduos e quadrado médio dos erros. As significâncias das regressões e de seus parâmetros foram verificadas pelo teste t ( $P \leq 0,05$ ). Os valores das variáveis estimadas pelos modelos de regressão em cada experimento foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste LSD de Fisher ( $P = 0,05$ ). O teste de Levene, as análises de variância e as comparações de médias foram realizadas com auxílio do programa Statistix 9.0 (Analytical Software, Tallahassee, EUA). As análises de regressão foram realizadas com auxílio do programa TableCurve™ 2D 5.01 (Systat Software Inc., Chicago, EUA).



## Resultados

Os três isolados de cada espécie de *Lasiodiplodia* não diferiram significativamente entre si ( $P>0,05$ ) em relação à virulência em frutos de manga, induzindo níveis similares de severidade da doença (tamanho de lesão) em todos os experimentos. Nenhum sintoma foi constatado nos frutos testemunhas nos experimentos realizados.

### Efeito do ferimento

As espécies de *Lasiodiplodia* diferiram em relação à necessidade de ferimento para indução de sintomas em frutos de manga (Figura 1). *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. pseudotheobromae* e *L. theobromae* não induziram sintomas em frutos sem ferimento, enquanto *L. iraniensis* e *L. viticola* induziram lesões necróticas marrons escuras de formato aproximadamente circular e aspecto aquoso nos locais de inoculação. Na presença de ferimento, todas as espécies de *Lasiodiplodia* induziram sintomas. Houve diferença significativa ( $P\leq 0,05$ ) entre as espécies de *Lasiodiplodia* em relação aos níveis de virulência na ausência e na presença de ferimento. Em frutos sem ferimento, *L. iraniensis* foi a mais virulenta. Em frutos feridos, *L. iraniensis* e *L. theobromae* foram as mais virulentas, sem diferirem entre si, enquanto *L. viticola* e *L. pseudotheobromae* evidenciaram as menores virulências, não diferindo entre si, mas diferindo das demais. Apesar de não induzir sintomas em frutos sem ferimento, *L. hormozganensis* demonstrou virulência intermediária nos frutos com ferimento (Figura 1).

### Efeito da idade do ferimento

A idade do ferimento nos frutos influenciou significativamente no nível de virulência das espécies de *Lasiodiplodia*. Todas as espécies expressaram a maior virulência quando inoculadas imediatamente após a realização do ferimento (0 hora) e reduziram a virulência com a elevação da idade do ferimento. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* induziu sintomas somente em frutos com ferimentos de até 12 horas de idade, enquanto *L. hormozganensis* e *L. theobromae* em frutos com ferimentos de até 24 e 48 horas de idade, respectivamente. *Lasiodiplodia iraniensis* e *L. viticola* induziram sintomas em frutos com ferimentos de todas as idades avaliadas, ou seja, até 72 horas (Figura 2).

O modelo de regressão logística de dose-resposta com três parâmetros [ $y = a/(1+(x/b)^c$ ] proporcionou excelente ajuste aos dados de tamanho das lesões em função da idade do ferimento para todas as espécies de *Lasiodiplodia*, com valores de  $R^2$  variando entre 0,9461 e 0,9643. Neste modelo,  $y$  representa o tamanho da lesão em determinada idade do ferimento ( $x$ ). O parâmetro  $a$  representa o valor de  $y$  antes da transição, ou seja, antes de  $y$  começar a diminuir, o que pode ser interpretado como o tamanho máximo da lesão na menor idade do ferimento. O parâmetro  $b$  representa o valor de  $x$  no centro da transição, ou seja, valor de  $x$  que vai reduzir em 50% o valor de  $y$ , o que pode ser interpretado como a idade do ferimento em que o tamanho máximo da lesão é reduzido pela metade (50%). Houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre as espécies de *Lasiodiplodia* em relação aos níveis de virulência, indicado pelo tamanho da lesão na menor idade do ferimento (0 hora). A maior virulência foi evidenciada por *L. iraniensis*, seguida de *L. hormozganensis* e *L. theobromae*, enquanto *L. viticola* foi a menos virulenta (Tabela 2). As espécies também diferiram significativamente ( $P \leq 0,05$ ) quanto à idade do ferimento em que o tamanho máximo da lesão foi reduzido pela metade. A maior sensibilidade à idade do ferimento foi apresentada por *L. pseudotheobromae*, pois com ferimento de apenas 7,6 horas houve redução do tamanho máximo da lesão pela metade, enquanto *L. iraniensis* foi a menos sensível, necessitado de

36,2 horas para a mesma redução. As outras espécies apresentaram comportamento intermediário em relação à influência da idade do ferimento (Tabela 2).

#### Efeito duração da umidade

Os frutos inoculados foram mantidos em câmara úmida sob umidade relativa elevada (próxima a 100%) durante diversos períodos. O tempo de duração da umidade influenciou significativamente ( $P \leq 0,05$ ) na virulência das espécies de *Lasiodiplodia*. Todas as espécies expressaram a maior virulência quando os frutos inoculados foram mantidos em umidade elevada por 72 horas, havendo um aumento na virulência com o aumento do período de manutenção em umidade elevada. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* e *L. viticola* não induziram sintomas na ausência de umidade, necessitando de no mínimo 3 horas de umidade para a indução de sintomas. Por outro lado, *L. hormozganensis*, *L. iraniensis* e *L. theobromae* induziram sintomas na ausência de umidade (Figura 3).

O modelo de regressão sigmóide com três parâmetros [ $y = a/(1 + \exp(-(x-b/c)))$ ] propiciou excelente ajuste aos dados de tamanho das lesões em função do tempo de duração da umidade relativa elevada para todas as espécies de *Lasiodiplodia*, com valores de  $R^2$  variando entre 0,9528 e 0,9976. Neste modelo,  $y$  representa o tamanho da lesão em determinado tempo de umidade relativa elevada ( $x$ ). O parâmetro  $a$  representa o valor de  $y$  antes da transição, sendo interpretado como o tamanho máximo da lesão no maior tempo de duração da umidade elevada. O parâmetro  $b$  representa o valor de  $x$  no centro da transição, sendo interpretado como tempo de duração da umidade elevada para que a lesão atinja a metade do tamanho máximo. Houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre as espécies de *Lasiodiplodia* em relação aos níveis de virulência, indicado pelo tamanho da lesão no maior tempo de duração da umidade (72 horas). As maiores virulências foram evidenciadas por *L.*

*iraniensis* e *L. hormozganensis*, que não diferiram significativamente entre si. Por outro lado, *L. viticola* foi a menos virulenta, diferindo das demais (Tabela 3). As espécies diferiram em relação ao tempo de duração da umidade elevada para que as lesões atingissem a metade do tamanho máximo. *Lasiodiplodia iraniensis* e *L. hormozganensis* necessitaram os menores tempos de duração da umidade elevada (6,6 e 8,2 horas, respectivamente) para induzirem lesões com a metade do tamanho máximo, enquanto *L. viticola* evidenciou maior necessidade de umidade elevada, precisando de 22,6 horas. As outras espécies apresentaram comportamento intermediário em relação ao efeito da duração da umidade (Tabela 3).

#### Efeito do início da umidade

A virulência das espécies de *Lasiodiplodia* foi influenciada significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo intervalo de tempo entre a inoculação e o início da umidade relativa elevada. Todas as espécies expressaram a maior virulência quando submetidas à umidade elevada imediatamente após a inoculação (0 hora) e reduziram a virulência com o aumento do intervalo de tempo para início da umidade, não induzindo sintomas com o início da umidade após 72 horas da inoculação. *Lasiodiplodia iraniensis* e *L. viticola* foram as espécies mais sensíveis à demora para início da umidade relativa elevada após a inoculação, induzindo sintomas somente quando a umidade iniciou em até 24 horas. Por outro lado, *L. hormozganensis* foi a menos sensível à demora para início da umidade elevada, pois induziu sintomas com a umidade iniciando 48 horas após a inoculação (Figura 4).

O modelo de regressão exponencial inverso [ $\ln y = a + bx$ ] propiciou excelente ajuste aos dados de tamanho das lesões em função do tempo de início da umidade relativa elevada para todas as espécies de *Lasiodiplodia*, com valores de  $R^2$  variando entre 0,9598 e 0,9950. Neste modelo,  $y$  representa o tamanho da lesão em determinado tempo de início da umidade

(x). O parâmetro  $a$  representa o valor de  $y$  antes da transição, sendo interpretado como o tamanho máximo da lesão no menor tempo de início da umidade. O parâmetro  $b$  representa a taxa de redução do valor de  $y$  em função da elevação de  $x$ , sendo interpretado como a taxa de redução do tamanho da lesão em função da demora no início da umidade. As espécies de *Lasiodiplodia* diferiram significativamente ( $P \leq 0,05$ ) em relação aos níveis de virulência, indicado pelo tamanho da lesão no menor tempo para início da umidade (0 hora). As maiores virulências foram evidenciadas por *L. iraniensis* e *L. hormozganensis*, que não diferiram significativamente entre si. Por outro lado, *L. viticola* foi a menos virulenta, diferindo das demais (Tabela 4). Houve diferença entre as espécies de *Lasiodiplodia* quanto à taxa de redução do tamanho da lesão em função da demora no início da umidade. *Lasiodiplodia hormozganensis* evidenciou a menor sensibilidade à demora no início da umidade elevada, com taxa de redução na virulência de 0,0416 mm/h, diferindo significativamente das demais. Por outro lado, *L. iraniensis* e *L. viticola* foram as mais sensíveis à demora no início da umidade, com taxa de redução na virulência de 0,0661 e 0,0608 0,0416 mm/h, sem diferirem entre si e diferindo das demais espécies. As outras espécies apresentaram comportamento intermediário em relação ao tempo para início da umidade (Tabela 4).

#### Efeito da temperatura

Nenhuma espécie de *Lasiodiplodia* induziu sintomas em frutos armazenados a 5 °C e todas induziram sintomas a 40 °C, limites extremos de temperatura avaliados. Somente *L. pseudotheobromae* induziu sintomas a 10 °C, enquanto as outras espécies precisaram no mínimo 15 °C para induzirem sintomas. Em geral, a severidade da doença aumentou quando a temperatura se elevou de 15 para 30 °C, enquanto as lesões foram menores quando a temperatura foi maior que 30 °C (Figura 5).

O modelo de regressão polinomial de terceiro grau [ $y=a+bx+cx^2+dx^3$ ] proporcionou excelente ajuste aos dados de tamanho das lesões em função da temperatura para todas as espécies de *Lasiodiplodia*, com valores de  $R^2$  variando entre 0,9518 e 0,9826. Neste modelo,  $y$  representa o tamanho da lesão em determinada temperatura ( $x$ ), enquanto  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são parâmetros da regressão. Com o cálculo das derivadas desses parâmetros é possível estimar o pico máximo de  $y$  em função de  $x$ , sendo interpretado como o tamanho máximo da lesão, bem como o pico máximo de  $x$  em função de  $y$ , sendo interpretado como a temperatura ótima para o tamanho máximo da lesão. As espécies de *Lasiodiplodia* diferiram significativamente ( $P \leq 0,05$ ) em relação aos níveis de virulência, indicado pelo tamanho da lesão nas diferentes temperaturas. A maior virulência foi evidenciada por *L. iraniensis*, enquanto *L. viticola* foi a menos virulenta. As outras espécies apresentaram virulência intermediária em função da temperatura. Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as espécies em relação à temperatura ótima para expressão da máxima virulência, variando entre 29,6 e 31,3 °C (Tabela 5).

## Discussão

Este é o primeiro estudo em que os efeitos de fermento, umidade e temperatura foram determinados em relação à virulência de espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga.

A ocorrência de diferentes isolados da mesma espécie de *Lasiodiplodia* com níveis similares de virulência em frutos de manga pode ser devido ao pequeno número de isolados utilizados de cada espécie, a exemplo do registrado previamente em outros estudos (Ni et al. 2012; Al-Sadi et al. 2013; Marques et al. 2013; Trakunyingcharoen et al., 2013). Por outro lado, variabilidade intra-específica na virulência em manga tem sido constatada em nível mundial, como entre isolados de *L. hormozganensis*, *L. iraniensis* e *L. pseudotheobromae* na

Austrália (Sakalidis et al. 2011), *L. theobromae* no Brasil (Costa et al. 2010) e *L. egyptiaca*, *L. pseudotheobromae* e *L. theobromae* no Egito (Ismail et al. 2012).

A manga é suscetível a ferimentos de diferentes naturezas, podendo variar de fissuras superficiais na cutícula e nos tecidos subjacentes durante o crescimento, maturação e amadurecimento do fruto, até injúrias mecânicas causadas durante a colheita e manuseio pós-colheita (Yahia, 2005). Ferimentos fornecem locais para infecção microbiana, aceleram a taxa de respiração, a perda de água e a síntese de etileno. O etileno produzido em decorrência dos tecidos feridos acelera a deterioração e a senescência do tecido vegetativo, promovendo o rápido amadurecimento dos frutos climatéricos, como a manga, tornando-os mais suscetíveis às infecções por microrganismos patogênicos (Adaskaveg et al. 2002; Jacomino et al. 2004; Kader e Yahia, 2011). A diferença entre as espécies de *Lasiodiplodia* quanto à necessidade de ferimento para indução de sintomas em frutos de manga é uma informação relevante desse estudo, pois, até o momento, a presença de ferimento era considerada essencial para que infecções de *Lasiodiplodia* ocorressem na pós-colheita (Snowdon 1990; Ploetz 2003; Prusky et al. 2009), indicando que o patógeno não tinha habilidade para penetrar o hospedeiro diretamente (Adaskaveg et al. 2002; Droby et al. 2011). A capacidade de *L. iraniensis* e *L. viticola* induzirem lesões em tecidos sem ferimento pode estar associada a mecanismos particulares de patogênese, uma vez que tem sido constatada a capacidade diferencial de espécies de Botryosphaeriaceae para produzir metabólitos fitotóxicos e outros compostos bioativos envolvidos na indução da doença (Martos et al. 2008; Djoukeng et al. 2009; Andolfi et al. 2014; Abou-Mansour et al. 2015; Cimmino et al. 2016).

A idade do ferimento nos frutos influenciou significativamente no nível de virulência das espécies de *Lasiodiplodia*, mas todas as espécies expressaram a maior virulência quando inoculadas imediatamente após a realização do ferimento e reduziram a virulência com a elevação da idade do ferimento. Isso pode ser decorrente da maior disponibilidade de água

liberada na forma de exsudatos logo após a realização do ferimento, pois alta umidade estimula o processo de infecção e/ou aumenta a suscetibilidade do hospedeiro (Agrios, 2005). O processo de cicatrização do tecido lesionado pode também influenciar na severidade da doença, pois durante a cicatrização dos tecidos em frutos ocorre a produção de suberina e lignina, bem como sua deposição nas paredes celulares do lado injuriado para formar a periderme da lesão (Jacomino et al., 2004), o que pode constituir um mecanismo estrutural de resistência ao processo infeccioso (Droby et al. 2011). Outro aspecto a considerar é que ferimentos frescos normalmente aceleram a taxa de respiração, a perda de água e a síntese de etileno em virtude da elevada atividade metabólica das células feridas que ocorre dentro de minutos após a injúria (Adaskaveg et al. 2002; Jacomino et al. 2004; Kader e Yahia, 2011). A menor intensidade das lesões observada em ferimentos mais velhos pode também ser atribuída ao acúmulo de fitoalexinas e proteínas relacionadas à patogênese (PR), em resposta à injúria mecânica, que podem inibir as ações de agentes patogênicos (Adaskaveg et al. 2002).

Ficaram evidentes as diferenças entre as espécies de *Lasiodiplodia* quanto às necessidades de umidade relativa elevada para terem sucesso nas infecções dos frutos de manga, pois *L. pseudotheobromae* e *L. viticola* não induziram sintomas na ausência de umidade, enquanto *L. hormozganensis*, *L. iraniensis* e *L. theobromae* induziram sintomas mesmo na ausência de umidade. O desenvolvimento de sintomas na ausência de umidade indica que a água livre não foi necessária, pelo menos não na forma de condensação na superfície do fruto, para a penetração do hospedeiro. A ocorrência de infecções por essas espécies de *Lasiodiplodia*, na ausência de umidade elevada indica que a pouca umidade associada com os exsudatos liberados pelo fruto após o ferimento foi suficiente para iniciar os processos envolvidos na patogênese, como constatado em estudos envolvendo frutos e infecção fúngica em outros patossistemas (Silveira et al. 1981; Oliveira et al. 2014).



O aumento na virulência das espécies de *Lasiodiplodia* com a elevação do período de manutenção em umidade elevada indica que a alta umidade estimulou o processo de infecção e/ou aumentou a suscetibilidade do hospedeiro. A umidade influencia no início e no desenvolvimento das doenças pós-colheita, sendo indispensável para a germinação de esporos de fungos e penetração no hospedeiro (Adaskaveg et al. 2002; Droby et al. 2011), mas também é importante para manter a turgescência e reduzir a perda de água nos frutos de manga (Yahia 2011). A manga deve ser mantida em ambiente com 85 a 90% de umidade relativa, pois acima de 95% ocorre condensação da água sobre o fruto, o que pode acelerar o ataque de patógenos e a deterioração (Johnson e Hofman, 2009; Yahia 2011).

A redução nos níveis de doença induzidos pelas espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga com o aumento do intervalo de tempo entre a inoculação e o início da umidade elevada indica que o dessecação no sítio de inoculação pode ser um fator importante na eficiência da infecção. Portanto, espécies que apresentam maior capacidade de suportar o período de dessecação antes da presença de umidade, como verificada para *L. hormozganensis*, têm um potencial adaptativo maior sob condições subótimas, refletindo em maior habilidade competitiva no sítio de infecção, eficiência da infecção e virulência (Milgroom, 2015).

A ausência de sintomas em frutos de manga inoculados com as espécies de *Lasiodiplodia* e armazenados a 5 °C confirma a importância da baixa temperatura para prevenir ou reduzir as doenças pós-colheita em frutos (Adaskaveg et al. 2002. Droby et al. 2011). A baixa temperatura é necessária para reduzir a atividade metabólica, atrasar a maturação e a senescência, reduzir a perda de água, prevenir ou reduzir a atividade de insetos e, assim, aumentar a vida útil pós-colheita. No entanto, a manga é muito sensível à baixa temperatura e para a maioria das cultivares o limite de segurança de temperatura mínima é de 10-12 °C (Kader e Yahia, 2011). Nesse estudo, *L. pseudotheobromae* demonstrou capacidade

de induzir sintomas a 10 °C, indicando que mesmo em condições de refrigeração o fruto de manga poderá desenvolver lesões causadas por essa espécie.

As temperaturas ótimas próximas a 30 °C para expressão da máxima virulência pelas espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga confirmam a observação de que os danos pela podridão peduncular aumentam consideravelmente quando os frutos amadurecem em temperaturas superiores a 28 °C (Prusky et al. 2009). A similaridade entre as espécies de *Lasiodiplodia* em relação às temperaturas ótimas para expressão da máxima virulência pode ser decorrente de os isolados terem sido obtidos de plantios localizados na região semiárida, cujas temperaturas permanecem próximas a 30 °C ou mais durante todo o ano.

O nível de virulência do patógeno é um fator que afeta o desenvolvimento de uma epidemia de doença de planta, pois patógenos mais virulentos são capazes de infectar o hospedeiro rapidamente, garantindo uma produção mais rápida de grandes quantidades de inóculo e doença, diferente de patógenos de menor virulência (Agrios, 2005; Milgroom 2015). Em todos os experimentos realizados nesse estudo foram constatadas diferenças de virulência entre as espécies de *Laisodiplodia* inoculadas em frutos de manga, assemelhando-se ao registrado previamente com espécies obtidas de manga no Nordeste brasileiro (Marques et al. 2013). Na maioria dos experimentos desse estudo, *L. iraniensis* foi a espécie mais virulenta e *L. viticola* a menos virulenta. O comportamento diferencial na virulência entre as espécies de *Lasiodiplodia* e outras Botryosphaeriaceae permanece inexplicado (Úrbez-Torres, 2011). Além disso, discrepâncias na virulência entre espécies de *Laisodiplodia* têm sido verificadas entre isolados obtidos de uma mesma região, bem como de diferentes regiões e países. Como exemplo, espécies de *Lasiodiplodia* obtidas no Nordeste brasileiro apresentaram comportamentos distintos em diferentes estudos envolvendo inoculação em frutos de manga da cultivar Tommy Atkins, pois *L. pseudotheobromae* foi a mais virulenta em um estudo (Costa et al. 2010) e *L. hormozganensis* em outro (Marques et al. 2013). Na Austrália foram

comparadas quatro espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos e *L. pseudotheobromae* foi a espécie mais virulência (Sakalidis et al. 2011). No Egito foram comparadas três espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em plântulas e *L. pseudotheobromae* foi a mais virulenta (Ismail et al. 2012). Nos Emirados Árabes Unidos e em Oman foram comparadas três espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em plântulas e *L. hormozganensis* foi a mais virulenta (Al-Sadi et al. 2013). Na Tailândia, foram comparadas quatro espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos e *L. pseudotheobromae* foi a mais virulenta (Trakunyingcharoen et al. 2013). Discrepâncias na virulência entre as espécies de Botryosphaeriaceae podem estar relacionadas com as diferenças na origem e virulência dos isolados, no tipo de tecido inoculado, nos períodos de incubação, no tipo de inóculo utilizado, na idade do hospedeiro ou na diferença de suscetibilidade da cultivar, entre outros fatores (Úrbez-Torres, 2011).

Fatores como presença e idade do ferimento, tempo de início e duração da umidade elevada, e temperatura afetam a indução de podridões em frutos de manga pelas espécies *L. hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* e *L. viticola*, as mais prevalentes nos pomares de mangueira do Nordeste brasileiro. O conjunto dos resultados indica que não existem explicações simples para os efeitos dessas variáveis na virulência das espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga. Essa complexidade é consequência do comportamento diferencial das espécies de *Lasiodiplodia* em relação às variáveis analisadas e de fatores que podem ocorrer simultaneamente, como diferentes isolados de uma mesma espécie, ferimentos de diferentes tipos e idades, além de diferentes condições de umidade e temperatura predominantes na pós-colheita.

## **Agradecimentos**

Essa pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). M. P. S. Câmara e S. J. Michereff são bolsistas de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

- Abdollahzadeh, J., Javadi, A., Mohammadi-Goltapeh, E., Zare, R., & Phillips, A. J. L. (2010). Phylogeny and morphology of four new species of *Lasiodiplodia* from Iran. *Persoonia*, *25*, 1–10.
- Abou-Mansour, E., Débieux, J. L., Ramírez-Suero, M., Bénard-Gellon, M., Magnin-Robert, M., Spagnolo, A., Chong, J., Farine, S., Bertsch, C., L'Haridon, F., Serrano, M., Fontaine, F., Rego, C., & Larignon, P. (2015). Phytotoxic metabolites from *Neofusicoccum parvum*, a pathogen of *Botryosphaeria dieback* of grapevine. *Phytochemistry*, *115*, 207–217.
- Adaskaveg, J. E., Förster, H., & Sommer, N. F. (2002). Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In A. Kader (Ed.), *Postharvest technology of horticultural crops*, 3rd ed (pp. 163–195). Davis: University of California Agriculture and Natural Resources.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. 5th ed. San Diego: Elsevier Academic Press.
- Andolfi, A., Maddau, L., Cimmino, A., Linaldeddu, B. T., Basso, S., Deidda, A., Serra, S., & Evidente, A. (2014) Lasiojasmonates A–C, three jasmonic acid esters produced by *Lasiodiplodia* sp., a grapevine pathogen. *Phytochemistry*, *103*, 145–153.
- Al-Sadi, A. M., Al-Wehaibi, A. N., Al-Shariqi, R. M., Al-Hammadi, M. S., Al-Hosni, I. A., Al-Mahmooli, I. H., Al-Ghaithi, A. G. (2013). Population genetic analysis reveals

diversity in *Lasiodiplodia* species infecting date palm, *Citrus*, and mango in Oman and the UAE. *Plant Disease*, 97, 1363–1369.

Assis, J. S. (2010). Cultivo da mangueira: Colheita e pós-colheita. Resource document. [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/colheita.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/colheita.htm). Accessed on 15 January 2015.

Batista, D. C. (2010). Cultivo da mangueira: Colheita e pós-colheita. Resource document. [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/colheita.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/colheita.htm). Accessed on 05 January 2016.

Batista, D. C., Barbosa, M. A.G., & Terao, D. (2011). Epidemiologia e manejo de fungos associados com morte descendente e podridão peduncular em mangueira. *Tropical Plant Pathology*, 36, S35–S36.

Cimmino, A., Cinelli, T., Evidente, M., Masi, M., Mugnai, L., Silva, M.A., Michereff, S., Surico, G., & Evidente, A. (2016). Phytotoxic fungal exopolysaccharides produced by fungi involved in grapevine trunk diseases. *Natural Product Communications* (aceito para publicação).

Costa, V. S. O., Michereff, S. J., Martins, R. B., Gava, C. A. T., Mizubuti, E. S. G., & Câmara, M. P. S. (2010). Species of Botryosphaeriaceae associated on mango in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 127, 509–519.

Djoukeng, J. D., Polli, S., Larignon, P., & Mansour, E. A. (2009). Identification of phytotoxins from *Botryosphaeria obtusa*, a pathogen of black dead arm disease of grapevine. *European Journal of Plant Pathology*, 124, 303–308.

Droby, S., Wisniewski, M., & Benkeblia, N. (2011). Postharvest pathology of tropical and subtropical fruit and strategies for decay control. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: fundamental issues* (pp. 194–223) Cambridge: Woodhead Publishing.

- Freire, F. C. O., Cardoso, J. E., & Viana, F. M. P. (2003). *Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Hong, S. K., Lee, S. Y., Choi, H. W., Lee, Y. K., Joa, J-H., & Shim, H. (2012). Occurrence of stem-end rot on mango fruits caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Korea. *Plant Pathology Journal*, 28, 455.
- Ismail, A. M., Cirvilleri, G., Polizzi, G., Crous, P. W., Groenewald, J. Z., & Lombard, L. (2012). *Lasiodiplodia* species associated with dieback disease of mango (*Mangifera indica*) in Egypt. *Australasian Plant Pathology*, 41, 649–660.
- Jacomino, A. P., Arruda, M. C., Moreira, R. C., & Kluge, R. A. (2004). Processamento mínimo de frutas no Brasil. In G. Gonzáles-Aguilar (Ed.), *Estado actual del mercado de frutas y vegetales cortados em Iberoamérica* (pp. 79–86) San Jose: Universidad de Costa Rica, 2004..
- Johnson, G. I., & Hofman, P. J. (2009). Postharvest technology and quarantine treatments. In R. E. Litz (Ed.), *The mango: botany, production and uses*, 2nd ed. (pp. 529–605). Wallingford: CAB International.
- Johnson, G. I., Mead, A. J., Cooke, A. W., & Dean, J. R. (1992). Mango stem end rot pathogens - fruit infection by endophytic colonisation of the inflorescence and pedicel. *Annals of Applied Biology*, 120, p. 225–234.
- Kader, A. A., & Yahia, E. M. (2011) Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: fundamental issues* (pp. 79–111) Cambridge: Woodhead Publishing.
- Li, Q-L., Guo, T-X., Pan, Z-B., Huang, S-P., Mo, J-Y., Ning, P., & Hsiang, T. (2013). An outbreak of gummosis of mango trees caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Guangxi, South China. *Plant Disease*, 97, 690.

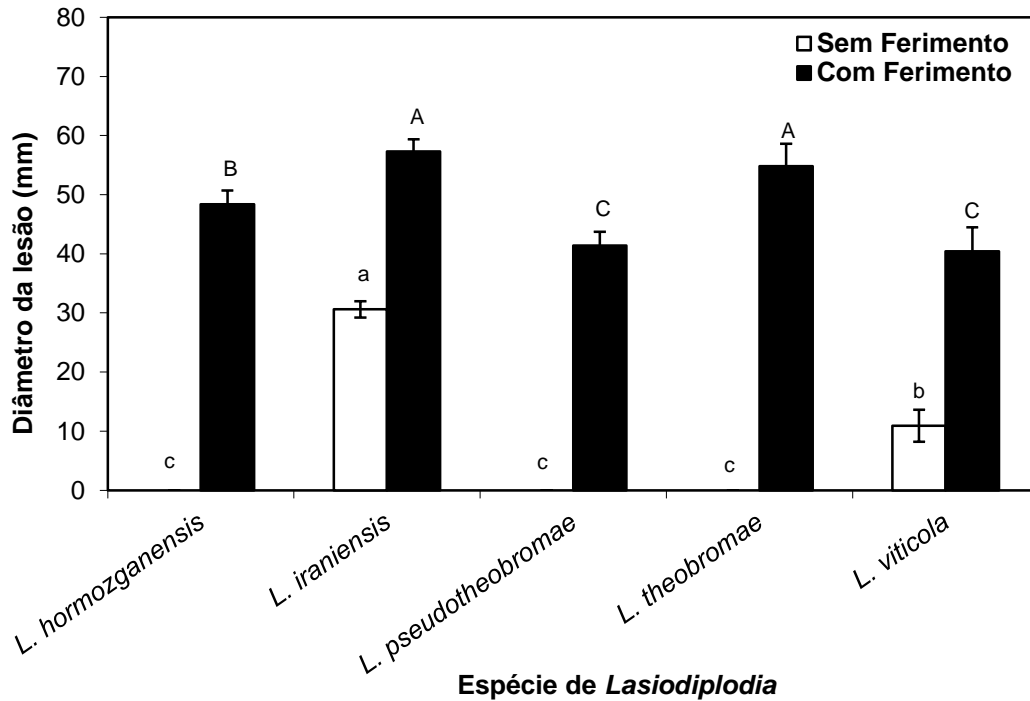
- Marques, M. W., Lima, N. B., Morais Junior, M. A., Barbosa, M. A. G., Souza, B. O., Michereff, S. J., Phillips, A. J. L., & Câmara, M. P. S. (2013). Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity*, *61*, 181–193.
- Martos, S., Andolfi, A., Luque, J., Mugnai, L., Surico, G., Evidente, A. (2008). Production of phytotoxic metabolites by five species of Botryosphaeriaceae causing decline on grapevines, with special interest in the species *Neofusicoccum luteum* and *N. parvum*. *European Journal of Plant Pathology*, *121*, 451–461.
- Milgroom, M. G. (2015). *Population biology of plant pathogens: genetics, ecology and evolution*. St. Paul: APS Press.
- Ni, H. F., Yang, H. R., Chen, R. S., Lio, R. F., & Hung, T. H. (2012). New Botryosphaeriaceae fruit rot of mango in Taiwan: identification and pathogenicity. *Botanical Studies*, *53*, 467–478.
- Oliveira, M. J., Laranjeira, D., Câmara, M. P. S., Laranjeira, F. F., Armengol, J., & Michereff, S. J. (2014). Effects of wounding, humidity, temperature, and inoculum concentrations on the severity of corky dry rot caused by *Fusarium semitectum* in melon fruits. *Acta Scientiarum. Agronomy*, *36*, 281–289.
- Paull, R. E., & Duarte, O. (2011), *Tropical fruits*, v. 1, 2nd ed. Wallingford: CAB International.
- Pereira, A. L., Silva, G. S., Ribeiro, V. Q. (2006). Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. *Fitopatologia Brasileira*, *31*, 572–578.
- Ploetz, R. C. (2003). Diseases of mango. In: R. C. Ploetz (Ed.), *Diseases of tropical fruit crops* (pp. 327–363). Wallingford: CAB International.
- Prakash, O. (2004). Diseases and disorders of mango and their management. In: S. A. M. H. Naqvi (Ed.), *Diseases of fruits and vegetables*, v. 1 (pp. 511–619). Dordrecht: Kluwer.

- Prusky, D., Kobiler, I., Miyara, I., & Alkan, N. Fruit diseases. In R. E. Litz (Ed.), *The mango: botany, production and uses*, 2nd ed. (pp. 210–230). Wallingford: CAB International.
- Reetz, E. R., Kist, B. B., Santos, C. E., Carvalho, C., & Drum, M. (2015). *Anuário brasileiro da fruticultura 2015*. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.
- Sacristán, S., García-Arenal, F. (2008). The evolution of virulence and pathogenicity in plant pathogen populations. *Molecular Plant Pathology*, 9, 369–384.
- Sakalidis, M. L., Ray, J. D., Lanoiselet, V., Hardy, G. E. Stj., & Burgess, T. I. (2011). Pathogenic Botryosphaeriaceae associated with *Mangifera indica* in the Kimberley Region of Western Australia. *European Journal of Plant Pathology*, 130, 379–391.
- Sandoval-Sánchez, M., Nieto-Ángel, D., Sandoval-Islas, J. S., Téliz-Ortiz, D., Orozco-Santos, M., & Silva-Rojas, H. V. (2013). Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). *Agrociencia*, 47, 61–73.
- Serrato-Díaz, L. M., Pérez-Cuevas, M., Rivera-Vargas, L. I., & French-Monar, R. D. (2013). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing inflorescence blight of mango. *Plant Disease*, 97, 1380.
- Shurtleff, M. C., & Averre III, C. W. (1997). *Glossary of plant-pathological terms*. St. Paul: APS Press.
- Silva, P. C. G.; Coelho, R. C. Cultivo da mangueira: Socioeconomia. Resource document. [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/colheita.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/colheita.htm). Accessed on 05 January 2016.
- Silveira, N. S. S., Michereff, S. J., Mariano, R. L. 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.

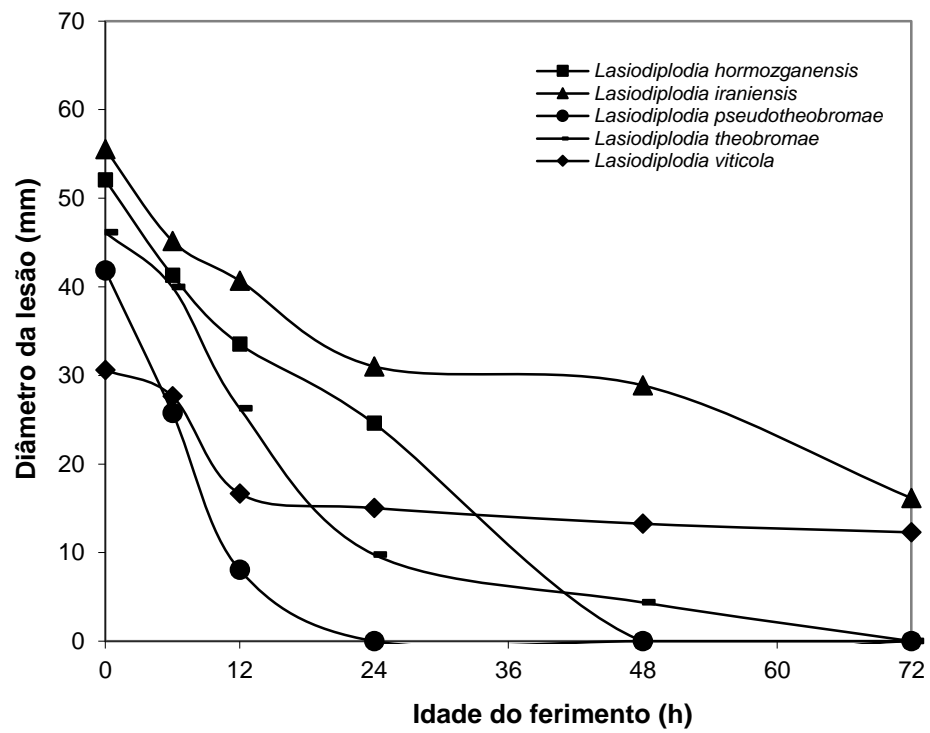


- Snowdon, A. L. (1990). *Color Atlas of post-harvest diseases and disorders of fruit and vegetables: general introduction and fruits*, v. 1. Boca Raton: CRC Press.
- Takushi, T., Taba, S., Moromizato, Z., & Sato, T. (2013). Stem-end rot of mango (*Mangifera indica*) caused by *Lasiodiplodia theobromae sensu stricto*. *Japanese Journal of Phytopathology*, 79, 15–19.
- Tavares, S. C. C. H. (2002). Epidemiologia e manejo integrado de *Botryodiplodia theobromae* - situação atual no Brasil e no mundo. *Fitopatologia Brasileira*, 27, 46–52.
- Tavares, S. C. C. H., Menezes, M., & Choudhury, M. M. (1991). Infecção da mangueira por *Botryodiplodia theobromae* Lat. na região Semi-Árida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 13, 163–166.
- Trakunyingcharoen, T., Cheewangkoon, R., To-Anun, C., Crous, P. W., Van Niekerk, J. M., & Lombard, L. (2014). Botryosphaeriaceae associated with diseases of mango (*Mangifera indica*). *Australasian Plant Pathology*, 43, 425–438.
- Trakunyingcharoen, T., Lombard, L., Groenewald, J. Z., Cheewangkoon, R., To-Anun, C., & Crous, P. W. (2015). Caulicolous *Botryosphaeriales* from Thailand. *Persoonia*, 34, 87–99.
- Trakunyingcharoen, T., Cheewangkoon, R., & To-Anun, C. (2013). Phylogeny and pathogenicity of fungal species in the family Botryosphaeriaceae associated with mango (*Mangifera indica*) in Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*, 9, 1535–1543.
- Úrbez-Torres, J. R. (2011). The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. *Phytopathologia Mediterranea*, 50, S5–S45.
- Yahia, E. M. (2005). Postharvest technology and handling of mango. In R. Dris (Ed.), *Crops: quality, growth and biotechnology* (pp. 478–512). Helsinki: WFL Publisher.

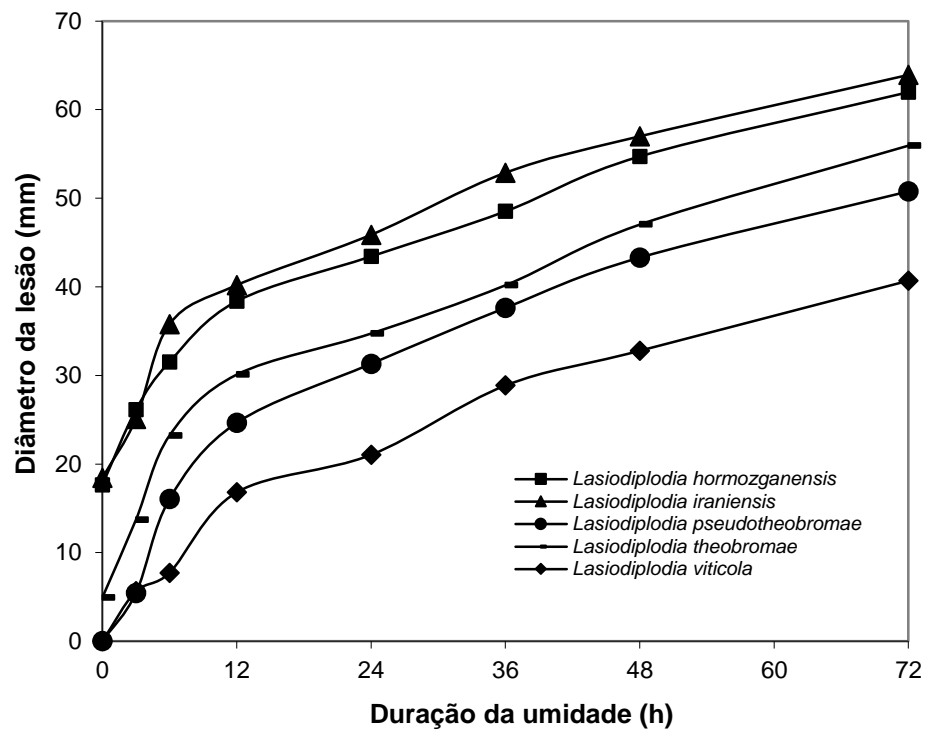
- Yahia, E. M. (2011). Mango (*Mangifera indica* L.). In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: fundamental issues* (pp. 492–565). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Zambolin, L., & Junqueira, N. T. V. (2004). Manejo integrado de doenças da mangueira, In: D. E. Rozane, R. J. Darezzo, R. L. Aguiar, G. H. A. Aguilera, G. H. A., & L. Zambolim (Ed.), *Manga: produção integrada, industrialização e comercialização* (pp. 377–408). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.



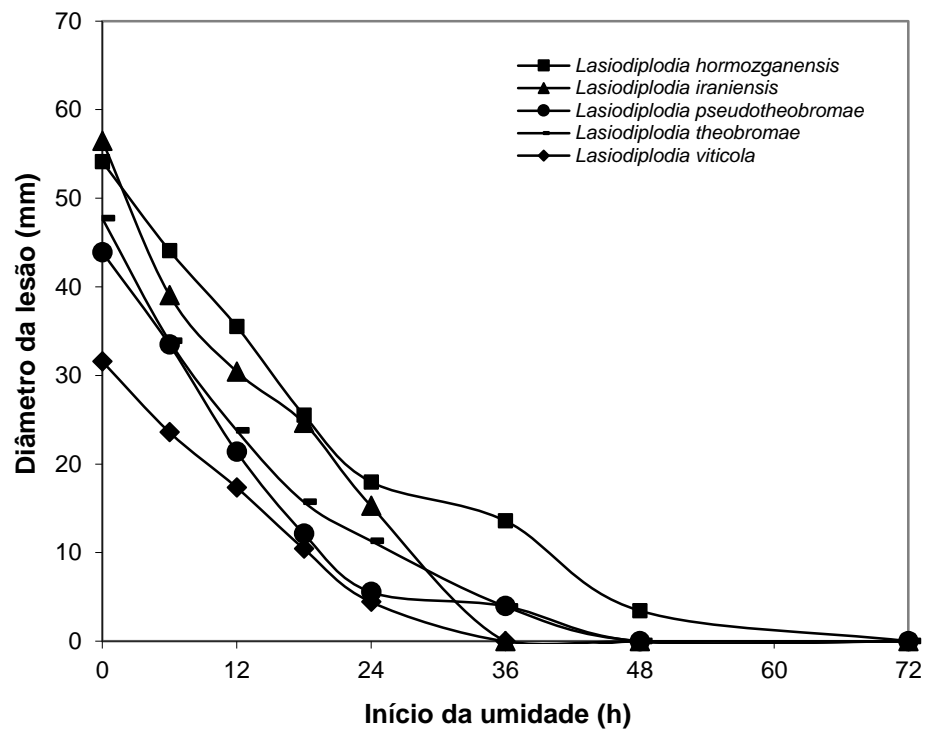
**Fig. 1** Efeito do ferimento na virulência (diâmetro da lesão) de cinco espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga (cv. Tommy Atkins). Barras acima das colunas representam os erros padrões das médias. Colunas (médias) com a mesma letra minúscula na inoculação sem ferimento e maiúscula na inoculação com ferimento não diferem significativamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $P=0,05$ )



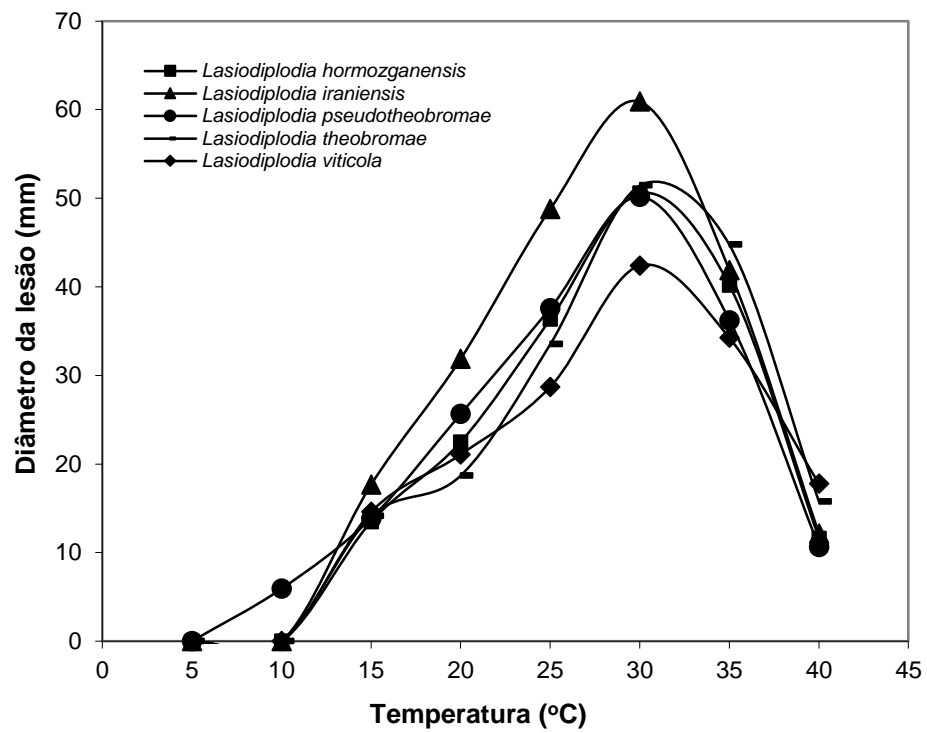
**Fig. 2** Efeito da idade do ferimento na virulência (diâmetro da lesão) de cinco espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga (cv. Tommy Atkins)



**Fig. 3** Efeito da duração da umidade na virulência (diâmetro da lesão) de cinco espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga (cv. Tommy Atkins)



**Fig. 4** Efeito do início da umidade na virulência (diâmetro da lesão) de cinco espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga (cv. Tommy Atkins)



**Fig. 5** Efeito da temperatura na virulência (diâmetro da lesão) de cinco espécies de *Lasiodiplodia* em frutos manga

**Tabela 1** Isolados de cinco espécies de *Lasiodiplodia* obtidos de frutos de manga coletados em pomares do Nordeste brasileiro e utilizados no estudo

Isolado <sup>1</sup>	Espécie	Município (Estado) <sup>2</sup>	No. Acesso GenBank	
			ITS	EF1- $\alpha$
CMM 3983	<i>Lasiodiplodia hormozganensis</i>	Petrolina (PE)	JX464069	JX464033
CMM 3985	<i>L. hormozganensis</i>	Petrolina (PE)	JX464084	JX464101
CMM 3986	<i>L. hormozganensis</i>	Petrolina (PE)	JX464085	JX464022
CMM 3990	<i>Lasiodiplodia iraniensis</i>	Ipanguaçu (RN)	JX464067	JX464028
CMM 3995	<i>L. iraniensis</i>	Juazeiro (BA)	JX464097	JX464046
CMM 4051	<i>L. iraniensis</i>	Petrolina (PE)	JX464071	JX464030
CMM 3999	<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>	Ipanguaçu (RN)	JX464075	JX464018
CMM 4001	<i>L. pseudotheobromae</i>	Afonso Bezerra (BA)	JX464092	JX464039
CMM 4002	<i>L. pseudotheobromae</i>	Petrolina (PE)	JX464086	JX464020
CMM 4019	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Petrolina (PE)	JX464096	JX464026
CMM 4033	<i>L. theobromae</i>	Ipanguaçu (RN)	JX464033	JX464032
CMM 4041	<i>L. theobromae</i>	Afonso Bezerra (BA)	KC184891	JX464042
CMM 4010	<i>Lasiodiplodia viticola</i>	Ipanguaçu (RN)	JX464078	JX464043
CMM 4011	<i>L. viticola</i>	Ipanguaçu (RN)	JX464074	JX464037
CMM 4013	<i>L. viticola</i>	Ipanguaçu (RN)	JX464066	JX464055

<sup>1</sup> CMM = Coleção de Culturas de Fungos Fitopatogênicos "Prof. Maria Menezes" da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Recife, Pernambuco, Brasil)

<sup>2</sup> BA = Bahia, PE = Pernambuco, RN = Rio Grande do Norte



**Tabela 2** Idade máxima do ferimento para indução de sintomas (IFmax), tamanho máximo da lesão (Ymax) e idade do ferimento em que o tamanho máximo da lesão é reduzido pela metade (IFmet) induzido por cinco espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos de manga com idades de ferimento entre 0 e 72 horas

Espécie	IFmax (h)	Ymax (mm) <sup>1</sup>	IFmet (h) <sup>1</sup>
<i>Lasiodiplodia hormozganensis</i>	24,0 c <sup>2</sup>	48,9 b	18,9 c
<i>L. iraniensis</i>	72,0 a	55,3 a	36,2 a
<i>L. pseudotheobromae</i>	12,0 d	41,9 c	7,6 d
<i>L. theobromae</i>	48,0 b	46,1 bc	13,3 cd
<i>L. viticola</i>	72,0 a	31,2 d	28,9 b

<sup>1</sup> Valores estimados pelo ajuste do modelo de regressão logística de dose-resposta com três parâmetros:  $y = a/(1+(x/b)^c)$ , em que  $y$  = diâmetro da lesão (mm);  $a$ ,  $b$  e  $c$  são parâmetros da regressão;  $x$  = tempo de duração da umidade elevada

<sup>2</sup>Dados são a média de 24 repetições por espécie, considerando quatro repetições por isolado e duas replicações do experimento. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $P=0,05$ )

**Tabela 3** Tempo mínimo de duração da umidade relativa elevada (próx. 100%) para indução de sintomas (DUmin), tamanho máximo da lesão (Ymax) e tempo de umidade relativa elevada para que a lesão atinja a metade do tamanho máximo (DUmet) induzido por cinco espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos de manga mantidos em umidade relativa elevada entre 0 e 72 horas após a inoculação

Espécie	DUmin (h)	Ymax (mm) <sup>1</sup>	DUmet (h) <sup>1</sup>
<i>Lasiodiplodia hormozganensis</i>	0,0 b <sup>2</sup>	61,8 a	8,2 c
<i>L. iraniensis</i>	0,0 b	63,6 a	6,6 c
<i>L. pseudotheobromae</i>	3,0 b	48,7 b	16,2 b
<i>L. theobromae</i>	0,0 b	54,8 b	15,4 b
<i>L. viticola</i>	3,0 a	40,2 c	22,6 a

<sup>1</sup> Valores estimados pelo ajuste do modelo de regressão sigmóide com três parâmetros:  $y = a/(1 + \exp(-(x-b/c)))$ , em que  $y$  = diâmetro da lesão (mm);  $a$ ,  $b$  e  $c$  são parâmetros da regressão;  $x$  = tempo de duração da umidade elevada

<sup>2</sup> Dados são a média de 24 repetições por espécie, considerando quatro repetições por isolado e duas replicações do experimento. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $P=0,05$ )

**Tabela 4** Tempo máximo de início da umidade relativa elevada (próx. 100%) para indução de sintomas (IUmax), tamanho máximo da lesão (Ymax) e taxa de redução do tamanho da lesão em função do retardamento do início da umidade relativa elevada (TRL) induzido por cinco espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos de manga com umidade relativa elevada iniciando entre 0 e 72 horas após a inoculação

Espécie	IUmax (h)	Ymax (mm) <sup>1</sup>	TRL (mm/h) <sup>1</sup>
<i>Lasiodiplodia hormozganensis</i>	48,0 a <sup>2</sup>	55,3 a	0,0416 c
<i>L. iraniensis</i>	24,0 c	55,6 a	0,0661 a
<i>L. pseudotheobromae</i>	36,0 b	45,7 b	0,0502 b
<i>L. theobromae</i>	36,0 b	48,1 b	0,0528 b
<i>L. viticola</i>	24,0 c	32,4 c	0,0608 a

<sup>1</sup> Valores estimados pelo ajuste do modelo de regressão exponencial inversa :  $\ln y = a + bx$ , em que  $y$  = diâmetro da lesão (mm);  $a$  e  $b$  são parâmetros da regressão;  $x$  = tempo de início da umidade elevada

<sup>2</sup>Dados são a média de 24 repetições por espécie, considerando quatro repetições por isolado e duas replicações do experimento. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $P=0,05$ )

**Tabela 5** Temperatura mínima (Tmin), temperatura ótima (Topt) e tamanho máximo da lesão (Ymax) induzido por cinco espécies de *Lasiodiplodia* inoculadas em frutos de manga armazenados em temperaturas entre 5 e 40 °C

Espécie	Tmin (°C)	Topt (°C) <sup>1</sup>	Ymax (mm) <sup>1</sup>
<i>Lasiodiplodia hormozganensis</i>	15,0 a <sup>2</sup>	30,6 a	49,6 b
<i>L. iraniensis</i>	15,0 a	29,6 a	58,9 a
<i>L. pseudotheobromae</i>	10,0 b	30,2 a	48,2 b
<i>L. theobromae</i>	15,0 a	31,3 a	49,8 b
<i>L. viticola</i>	15,0 a	30,8 a	42,1 c

<sup>1</sup> Valores estimados pelo ajuste do modelo de regressão polinomial cúbica:  $y=a+bx+cx^2+dx^3$ , onde  $y$  = diâmetro da lesão (mm);  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são parâmetros da regressão;  $x$  = temperatura

<sup>2</sup>Dados são a média de 24 repetições por espécie, considerando quatro repetições por isolado e duas replicações do experimento. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $P=0,05$ )

## **Conclusões Gerais**

---

---

## CONCLUSÕES GERAIS

1. Fatores como presença e idade do ferimento, tempo de início e duração da umidade elevada, e temperatura afetam a indução de podridões em frutos de manga pelas espécies *Lasiodiplodia hormozganensis*, *L. iraniensis*, *L. pseudotheobromae*, *L. theobromae* e *L. viticola*, prevalentes nos pomares de mangueira do Nordeste brasileiro;
2. As espécies de *Lasiodiplodia* apresentaram comportamento diferencial em relação aos níveis de virulência em frutos de manga sob a influência de ferimento, umidade e temperatura;
3. Não existem explicações simples para os efeitos de ferimento, umidade e temperatura na virulência das espécies de *Lasiodiplodia* em frutos de manga em função do comportamento diferencial evidenciado;
4. É fundamental considerar o comportamento diferencial das espécies de *Lasiodiplodia* para o direcionamento das pesquisas visando o manejo de podridões em frutos de manga.