

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**ESCALA DIAGRAMÁTICA E INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO
CONTROLE DE PODRIDÕES E QUALIDADE DE FRUTOS DE
MAMOEIRO**

THIAGO DA SILVA COIMBRA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
AGOSTO – 2019**

ESCALA DIAGRAMÁTICA E INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE PODRIDÕES E QUALIDADE DE FRUTOS DE MAMOEIRO

THIAGO DA SILVA COIMBRA

Agrônomo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Coorientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Coorientadora: Dra. Viviane Peixoto Borges

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

AGOSTO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

C679e	<p>Coimbra, Thiago da Silva. Escala diagramática e indutores de resistência no controle de podridões e qualidade de frutos de mamoeiro / Thiago Da Silva Coimbra._ Cruz das Almas, BA, 2019. 60f.; il.</p> <p>Orientador: Sebastião de Oliveira e Silva. Coorientadora: Viviane Peixoto Borges.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Mamão – Cultivo. 2.Mamão – Doenças e pragas – Controle. 3.Pós-colheita – Avaliação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Sasaki, Fabiana Fumi Cerqueira. III.Título.</p> <p>CDD: 634.651</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

CURSO DE MESTRADO

**ESCALA DIAGRAMÁTICA E INDUTORES DE
RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE PODRIDÕES E
QUALIDADE DE FRUTOS DE MAMOEIRO**

**COMISSÃO EXAMINADORA PARA O DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
THIAGO DA SILVA COIMBRA**

Realizada em 09 de Agosto de 2019

Dr. Sebastião de Oliveira e Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Orientador)

Dra. Cristina Ferreira Nepomuceno
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno

Dr. Márcio Eduardo Canto Pereira
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À minha família, meu pai Domingos Coimbra dos Santos, minha mãe Rute Silva Rocha e meu irmão José dos Reis Coimbra de Almeida Netto, por me apoiarem desde o começo da jornada da vida, ensinando-me sempre a fazer o que é certo em todas as ocasiões.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por sempre caminhar comigo, em todos os passos de minha jornada, me dando forças para me manter em pé, sempre, durante todo e meu caminho.

À minha família, meu pai Domingos Coimbra dos Santos, minha mãe Rute Silva Rocha e meu irmão José do Reis Coimbra de Almeida Netto, que sempre me apoiaram e incentivaram em tudo o que faço, mesmo com sacrifícios e luta diários, para que sempre me mantivesse em pé e seguindo em frente.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva, Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki, Dra. Viviane Peixoto Borges, pela confiança, incentivo, apoio, ensinamento, orientação, amizade, e tantas outras coisas, em todo o decorrer do curso, razão pela qual consegui finalizar o projeto e todos os desafios acadêmicos.

À equipe do Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Elaine, Pedro, Julia, Eduardo, Flávio, Thiago, Ian, Isabela, que sempre me ajudaram nos experimentos conduzidos, com bom humor e boa vontade, agradeço a todos de coração.

Aos meus amigos Cide, Wallison, Leandro, Raphael, Tiago, Wendel, Wanderson, Italo, Kallebe, Alãn, André, Mateus, Teyson, Victor, Will Gustavo, Kaique, Moisés, Túllio, Ulysses, entre tantos outros, que mesmo muito longe, sempre se mantiveram perto, com momentos de alegria e descontração e também nos momentos difíceis enfrentados, desde já, agradeço a todos por me terem como amigo, pois considero todos como grandes amigos e parceiros.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e à Embrapa Mandioca e fruticultura, pelo apoio dado, e oportunidade de realizar esse trabalho.

*“A nossa maior glória não reside no fato de
nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos
sempre depois de cada queda.”*

Oliver Goldsmith

SUMÁRIO

REFERENCIAL TEÓRICO	1
1. Origem e descrição botânica	1
2. Produção e aspectos socioeconômicos.....	1
3. Características dos frutos e cuidados na colheita e pós-colheita.....	2
4. Doenças pós-colheita.....	4
5. Indutores de resistência na pós-colheita	5
6. Escala diagramática de doenças.....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DE ANTRACNOSE E PINTA PRETA EM FRUTOS DE MAMOEIRO.....	18
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
INDUTORES DE RESISTÊNCIA ABIÓTICOS NA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MAMOEIRO	32
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÃO	46
ANEXOS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52

ESCALA DIAGRAMÁTICA E INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE PODRIDÕES E QUALIDADE DE FRUTOS DE MAMOEIRO

Autor: Thiago da Silva Coimbra

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-orientadora: Dra. Viviane Peixoto Borges

RESUMO

A cultura do mamoeiro sofre com a ocorrência de diversas doenças que depreciam os frutos e reduzem o seu valor comercial. A antracnose e podridão peduncular são as doenças mais comuns na pós-colheita, sendo o controle geralmente feito com aplicações de fungicidas, que deixam resíduos nos frutos. O uso de indutores de resistência é um meio alternativo para o controle destas doenças, possuem grande potencial para inibir a ação dos fungos. Sendo assim, objetivou-se neste trabalho, desenvolver uma escala para avaliar a severidade de antracnose e pinta preta em frutos, além de determinar a eficiência de indutores de resistência no controle da antracnose em frutos de mamoeiro. Foram testados os indutores, Ácido Salicílico, Metil Salicilato e Ácidos Carboxílicos e Flavonoides (Ecolife®). Antes dos testes, foi desenvolvida uma escala diagramática para avaliar e quantificar a severidade das podridões ocorridas nos frutos, a qual foi usada no estudo. A escala elaborada resultou em 10 níveis de severidade: 1%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 80% e a validação foi feita por 16 avaliadores que apresentaram aumento da precisão e acurácia com uso da escala ($R^2= 0,90$) em comparação à não utilização ($R^2= 0,77$). Desta forma, a escala mostra ser eficaz na avaliação da severidade das lesões nos frutos de mamoeiro. O ácido salicílico reduziu as lesões nos frutos tratados e prolongou a sua maturação, bem como favoreceu a sua firmeza. O metil salicilato provoca sintomas de fitotoxidez nos frutos, tornando seu uso inviável nas doses testadas. O Ecolife® foi eficiente na inibição da antracnose nos frutos, nas doses de 7,5% e 10,0% não ocorre nenhuma lesão, mantendo as características pós-colheita adequadas nos frutos.

Palavras chave: Elicitores, manejo de doenças, pós-colheita, *Carica papaya*.

DIAGRAMMATIC SCALE AND INDICATORS OF RESISTANCE IN THE CONTROL OF ROT AND FRUIT QUALITY OF PAPAYA FRUITS

Pedir ao Márcio para verificar a tradução

Author: Thiago da Silva Coimbra

Adviser: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-Advisor: Dr. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-Advisor: Dra. Viviane Peixoto Borges

ABSTRACT

The papaya crop suffers from the occurrence of several diseases that depreciate the fruits and reduce their commercial value. Anthracnose and peduncular rot are the most common postharvest diseases, and control is usually done with fungicide applications that leave residues on the fruits. The use of resistance inducers is an alternative means for the control of these diseases, having great potential to inhibit the action of fungi. Thus, the objective of this study was to develop a scale to evaluate the severity of postharvest rot in fruits, and to determine the efficiency of resistance inducers in the control of anthracnose in papaya fruits. The inducers, Salicylic Acid, Methyl Salicylate and Carboxylic Acids and Flavonoids (Ecolife®) were tested. Before the tests, a diagrammatic scale was developed to evaluate and quantify the severity of fruit rot, which is one of the parameters evaluated in the study. The elaborated scale resulted in 10 levels of severity: 1%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% and 80% and the validation was done by 16 evaluators who showed an increase of precision and accuracy using the scale ($R^2 = 0.90$) compared to not using it ($R^2 = 0.77$). Thus, the scale proves to be effective in assessing the severity of papaya fruit lesions. Salicylic acid reduced the lesions in the treated fruits and prolonged the ripening of the fruits, as well as favoring their firmness. Methyl salicylate caused phytotoxicity symptoms in fruits, making its use unfeasible at the doses tested. Ecolife® was effective in inhibiting anthracnose in fruits, at doses of 7.5% and 10.0%, no injury occurred, maintaining the proper postharvest characteristics in fruits.

Keywords: Elicitors, disease management, postharvest, *Carica papaya*.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Origem e descrição botânica

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertence a família Caricaceae, composta pelos gêneros *Vasconcellea*, *Jacaratia*, *Carica*, *Jarilla*, *Horovitzia* e *Cylicomorpha*. É a única espécie que compõe o gênero *Carica*, originário da América Central. O mamoeiro possui sua máxima diversidade genética na região que compreende o Sul do México até a Bacia Amazônica Superior, o que justifica ser uma planta de clima tipicamente tropical (BADILLO, 2000; VAN DROOGENBROECK et al., 2002; FARIA et al, 2009).

A planta é herbácea, tem porte médio a pequeno que varia entre 2 m a 10 m de altura, caule herbáceo lenhoso cilíndrico de 10 cm a 30 cm de diâmetro, ereto, sem ramificações com várias cicatrizes foliares e seu ápice termina com uma grande concentração folhas. As folhas do mamoeiro são alternadas, tem forma de coroa, sendo grandes de 20 cm a 60 cm com pecíolos fistulados, que chegam até 70 cm de comprimento. A coloração das folhas na face superior é verde-claro e verde-brancacento na face inferior, sendo cobertas por uma substância cerosa. Possui sistema radicular do tipo pivotante com várias ramificações (BADILLO, 1993).

As flores são divididas em três tipos, masculina (andróica), feminina (ginóica) e hermafrodita (androginóica), esta última é a mais importante, pois produz fruto com característica comercial. A importância da descrição do sexo das plantas se dá pelo formato do fruto que será originado, sendo o fruto oriundo de plantas hermafroditas, o que apresenta o formato mais aceitável comercialmente, o qual varia de piriforme a cilíndrico além de possuir maior espessura de polpa, isto resulta em maior valor comercial em comparação ao fruto originado da planta com flor feminina, com menor espessura de polpa e formato mais arredondado. Por isso as plantas com flores hermafroditas são as mais cultivadas comercialmente (BADILLO, 1993; MING, et al., 2007).

2. Produção e aspectos socioeconômicos

O mamoeiro é cultivado comercialmente em grande escala no Brasil e no mundo, tendo grande importância no cenário agrícola nacional como fonte de alimentação e renda. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, com uma produção de 1.057.101 toneladas e área colhida de 26.526 hectares (FAO, 2017), sendo que no Nordeste ocorre a maior produção do país, e os estados da Bahia e Espírito Santo são os maiores produtores, responsáveis por mais da metade da produção nacional (IBGE, 2017). Em se tratando de exportação, cerca de 2% da produção brasileira é dirigida para a comercialização com outros países, sendo o mercado europeu o principal comprador, importando 85% do que o Brasil exporta. Assim, se observa que o mercado interno é o maior beneficiário da produção nacional (SECEX, 2015; AGRIANUAL, 2016).

A cultura do mamoeiro tem grande importância socioeconômica, uma vez que necessita de mão-de-obra constante durante o cultivo, desde a fase de plantio até a colheita, beneficiamento e comercialização, assim, os tratamentos culturais são primordiais para o sucesso da produção, e por isso, é responsável por gerar empregos o ano todo em resposta ao ciclo da cultura até a renovação dos plantios, a cada dois ou três anos (DANTAS; JUNGHANS; LIMA, 2013).

3. Características dos frutos e cuidados na colheita e pós-colheita

O tamanho e peso dos frutos varia de acordo com o grupo heterótico da cultivar. As plantas do grupo Solo produzem frutos de tamanho pequeno mais arredondado com peso variável de 300 g a 650 g, cor de polpa vermelho/alaranjada e casca lisa e firme. Já as variedades do Grupo Formosa, apresentam frutos mais piriformes de tamanho médio, formato mais alongado e com peso entre 1.000 g e 1.300 g e cor de polpa mais avermelhada (FARIA et al., 2009). Dependendo da variedade cultivada e do clima, o fruto de mamão completa seu ciclo numa faixa de quatro a seis meses depois da abertura da flor e o ponto de colheita se caracteriza pela cor da casca, com cerca de 50% de coloração amarelada, entretanto, frutos destinados à exportação ou a períodos prolongados de armazenamento, devem ser colhidos no estágio 1 de maturação, ou seja, até 15% da casca amarelada (PEREIRA; MEDINA, 2013).

O mamão é um fruto climatérico, sendo assim, suas transformações desencadeadas pelo amadurecimento acontecem principalmente, após a colheita, onde o fruto se encontra em estado “fisiologicamente maduro”, isto se dá pela produção de etileno e elevada taxa de respiração, o que o torna altamente perecível e com vida útil pós-colheita muito curta, que completa o processo de amadurecimento em torno de uma semana após a colheita (PAULL, 1993; COSTA FILHO et al., 2011).

Em estudo desenvolvido por Godoy et al. (2010), constatou-se que o mamão é o fruto com maiores índices de perdas pós-colheita, entre as fruteiras tropicais, causadas por diversos fatores como danos mecânicos, desordens fisiológicas, amadurecimento excessivo e contaminações microbiológicas. O rápido amadurecimento do fruto, acompanhado da alta perecibilidade, exige o uso de técnicas para tentar inibir esses fatores, além do cuidado máximo com o fruto, por ser muito suscetível a podridões causadas por patógenos que se aproveitam de lesões na casca (JACOMINO et al., 2002).

3.1. Tratamento Pós-Colheita

- **Tratamento hidrotérmico**

Para potencializar a vida útil do fruto, durante a pós-colheita são utilizadas técnicas para manter a sua qualidade, a exemplo do uso de tratamentos hidrotérmicos, que consistem em imergir os frutos em água quente (48 °C) por cerca de 20 minutos, visando o controle da antracnose e podridão peduncular (NERY-SILVA et al., 2001).

- **Aplicação de ceras**

A aplicação ou imersão dos frutos em ceras consiste em formar uma camada ou película que age como retardante da maturação e reduz a perda de peso do fruto, inibe as trocas gasosas e modifica a atmosfera (PEREIRA et al., 2006).

- **Fungicidas**

O uso de fungicidas ainda é o método mais utilizado para controlar a incidência de doenças nos frutos, sendo aplicados em pré e pós-colheita.

Atualmente os fungicidas mais utilizados para controle de doenças pós-colheita são imidazóis, tiabendazóis e benzimidazóis, com principal foco, o controle da antracnose e podridão peduncular (MORAES et al., 2008; AGROFIT, 2014). Entretanto, a resistência dos fungos aos fungicidas, além do efeito residual no ambiente que esses defensivos provocam, são entraves para uso desse método, o que induz a busca por novos fungicidas ou métodos de controle para as doenças (ZAMBOLIM et al., 2002). Além disso, cada país importador exige um certificado de produção integrada, que constata a produção dos frutos com uso reduzido e controlado de agroquímicos, de forma a enquadrá-los nas legislações dos países exportadores quanto à quantidade de resíduos presentes nos frutos (FARIA, et al., 2009).

4. Doenças pós-colheita

Além das perdas pós-colheita de ordem abiótica, as doenças podem se destacar como as principais causadoras de prejuízos nesta etapa. As doenças fúngicas são as mais comuns e ocorrem com maior frequência, sendo as principais, a podridão peduncular e antracnose que são causadas pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), a pinta-preta, causada por *Asperisporium caricae*, a mancha de phoma causada pelo fungo *Phoma caricae-papayae* e podridão de fusarium causada por *Fusarium solani* (REZENDE; FRANCELLI, 1997; NASCIMENTO et al., 2010; FERREIRA et al., 2014)

A antracnose é a mais importante doença do fruto de mamão na pós-colheita e provoca grande impacto econômico para os produtores (RIBEIRO, et al., 2016). O fungo coloniza os tecidos do fruto, formando lesões necróticas arredondadas caracterizadas pela coloração alaranjada e uma leve depressão no centro. No mesmo fruto é muito comum o aparecimento de várias lesões que variam de tamanho e coloração e que depreciam a sua qualidade. O controle dessa doença é feito normalmente com uso de fungicidas, entretanto, a resistência do patógeno ao defensivo e os efeitos nocivos causados no meio ambiente são entraves para esse tipo de controle, gerando a busca por outros métodos de controle mais eficazes e menos adversos (LIMA FILHO et al., 2003; OLIVEIRA; FILHO, 2007; GOMES, et al., 2013).

A podridão peduncular ocorre com a presença de conídios de fungo que fica próximo da região peduncular do fruto, e se aproveita de feridas resultantes da colheita. A região infectada apresenta sintomas semelhantes ao da antracnose, inclusive, vários são os fungos que podem ser associados à ocorrência de podridão peduncular, além do *Colletotrichum gloesporioides* e *Phoma caricae-papayae* (NERY-SILVA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2010).

A pinta-preta ou varíola ocorre com a infecção pelo fungo *Asperisporium caricae*, seus sintomas típicos são pequenas lesões circulares salientes e escurecidas. No estágio final da doença surgem manchas brancas no centro das lesões, que se limitam apenas à casca, porém, provocam depreciação do fruto gerando grande desvalorização comercial (FARIA et al., 2009)

O controle de fitopatógenos geralmente é feito por meio de aplicações de agroquímicos. Fungicidas são amplamente utilizados para controle e prevenção de doenças, entretanto, a resistência do fungo aos agroquímicos se torna um entrave para a sua aplicação, além dos efeitos causados ao meio ambiente e o risco à saúde das pessoas. Tanto para a fase de desenvolvimento da planta, quanto nos estágios finais até a colheita, a aplicação de fungicidas está limitada ao uso de poucas substâncias, como imidazol e tiabendazol, o que torna um problema quando se usa o produto de forma indiscriminada, podendo prejudicar o amadurecimento natural do fruto e, como já foi dito, levar ao aparecimento de fungos resistentes (GAMAGAE et al., 2003).

Nesse sentido, a busca por meios alternativos para o controle dessas doenças é explorada a fim de diminuir o uso de agroquímicos. O uso dos indutores de resistência já se mostrou eficaz em vários estudos, onde sua ação é indireta ao patógeno, tendo papel de ativar os genes responsáveis pela defesa, que, podem assumir diferentes meios para inibir a ação do patógeno, desde a formação de barreiras (cutícula, ceras e tricomas) até a produção de substâncias tóxicas ao fungo (fitoalexinas e Pr-Proteínas) (GURGEL et al., 2017).

5. Indutores de resistência na pós-colheita

Dentre as novas possibilidades de controlar doenças de forma alternativa, em plantas, os indutores de resistência vêm se destacando por apresentarem

eficiência no controle e por serem pouco tóxicos ou praticamente atóxicos, dependendo da concentração utilizada, por reduzirem a ocorrência de doenças nos pomares, principalmente na pós-colheita, e minimizar os problemas ambientais causados pela utilização repetitiva e abusiva de agroquímicos (KIRINUS, 2017).

Os indutores de resistência atuam como eliciadores, agem na planta como moduladores do mecanismo de defesa, tendo potencial para melhorar a resposta dos vegetais quando infectados por patógenos (BONALDO, et al., 2005). Assim, os elicitores ou eliciadores de resistência são definidos como moléculas que tem capacidade de induzir ou sinalizar qualquer resposta aos mecanismos de defesa das plantas. O elicitor se liga a um receptor na membrana plasmática da célula vegetal e a partir daí, acontece a sinalização para a resistência (LABLANCA, 2002). Compostos salicilatos, fosfitos, acibenzolar-S-metil entre outros, são considerados agentes abióticos para indução de resistência, podendo desencadear ou agirem de diferentes formas para induzir resistência (PASCHOLATI, 1994).

O funcionamento dos eliciadores se dá por meio da capacidade em ativar os mecanismos de defesa das plantas, agindo como mensageiros secundários que induzem a ação de genes associados à resistência da planta, como por exemplo, o ácido salicílico, composto fenólico presente nas plantas, que tem função de sinalização nos mecanismos de defesa, e age na ativação de genes codificadores de proteínas associadas à defesa (NOJOSA, et al., 2006).

De uma maneira geral, a resistência natural das plantas à entrada de patógenos é modulada por meio de barreiras e outros mecanismos que ficam ativos ou latentes no sistema e podem ser ativados quando se submete eliciadores às plantas. A resistência da planta aos patógenos ocorre pela capacidade em inibir ou impedir a entrada dos microrganismos, onde os mecanismos de defesa modulam condições contrárias à colonização do patógeno, como o acúmulo de fitoalexinas, compostos tóxicos às bactérias e aos fungos nos tecidos (PASCHOLATI; LEITE, 1995; BONALDO 2005).

Anterola; Lewis (2002) verificaram que a atividade de fenilalanina amônia-liases (PAL) e peroxidases de guaiacol (POX) resultaram em fortalecimento da parede celular, agindo como mecanismo de resistência a patógenos. A POX é associada ao mecanismos fisiológicos da lignina e suberina, compostos presentes na estrutura da parede celular, agindo em resposta a estresses bióticos e abióticos.

A PAL tem papel fundamental no funcionamento dos fenilpropanóides, relacionados à produção de compostos envolvidos no mecanismo de defesa das plantas, sendo fitoalexinas, ácido salicílico e monômeros de lignina alguns dos compostos produzidos que fazem parte do mecanismo (BOUDET, 1998; THANGAVELU et al., 2003).

Assim, os indutores de resistência agem nos vegetais como ativadores de vários desses mecanismos de defesa latentes, como compostos elicitores provenientes de agentes bióticos e abióticos (UCHÔA et al., 2014). Melo et al. (2016) testaram vários compostos que agem como indutores de resistência na cultura do abacaxi, e verificaram que os compostos Biopiról[®] e fosfito de potássio foram eficientes na redução da incidência de fusariose (*Fusarium sp.*) nos frutos, sem alterar as características pós-colheita, onde a incidência foi reduzida de 100% dos frutos (controle) para 25% com Biopiról[®] e 8,33% com fosfito de potássio. Ribeiro et al. (2016) verificaram que este mesmo Biopiról[®] foi eficiente na redução das lesões de antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) em frutos de mamão com redução significativa da área lesionada, assim como o Arcadian[®], outro indutor testado nesse mesmo estudo, que apresentou a mesma eficácia na redução da incidência de antracnose.

5.1. Ácido salicílico

A utilização de ácido salicílico e composto salicilatos para indução de resistência vem sendo explorada devido a sua importância como composto fenólico no papel de sinalizador para estresses de origem biótica e abiótica nos vegetais (ASGHARI; AGHDAM, 2010). As reações dos vegetais em resposta a um estresse, sinalizado pelo ácido salicílico, podem variar entre efeitos de ordem fisiológica e bioquímica, sendo alguns, indução floral, atividade estomática, fotossíntese, germinação de sementes e até na ação do etileno, neste último, reduz a sua produção autocatalítica, com diminuição da síntese de etileno em resposta aos estresses (KERBAUY, 2004; SOARES; MACHADO, 2007). Sobrinho et al. (2005) e Cia et al. (2007) definiram um modelo de mecanismo de ação do ácido salicílico, onde, ao se ligar à enzima catalase, inibe a sua atividade e, por consequência, culminaria no aumento da concentração de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio). Este

composto tem propriedades antimicrobianas contra uma gama de patógenos, bem como ativação ou sinalização para outros meios de defesa do vegetal.

O ácido salicílico atua como mensageiro responsável por ativar os mecanismos de defesa dos vegetais, isso inclui a síntese de proteínas RP (proteínas que atuam de forma patogênica) como glutanases e quitinases. As enzimas agem de forma a deteriorar os polissacarídeos que compõem a estrutura da parede celular dos patógenos ou provocando alterações na sua arquitetura, o que impede ou inibe o desenvolvimento e crescimento dos patógenos (ZAREIE, et al., 2002; CAMPOS, 2009). Mesmo com vários efeitos positivos à patogenicidade em vegetais, o ácido salicílico pode apresentar resultados diferentes às suas definições, isso varia de acordo com o patógeno e a cultura onde o indutor é testado, e em alguns casos, além de não ser eficaz na inibição, pode causar fitotoxidez (CIA et al., 2007).

No estudo realizado por Silva et al. (2016), foi verificada eficácia em aplicações de ácido salicílico para controle do vírus do endurecimento dos frutos em maracujazeiro (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* - CABMV), onde houve redução significativa dos sintomas em aplicações semanais de 2,5 mM do indutor. O ácido salicílico também foi responsável pela redução dos sintomas de mofo verde em frutos de laranja do tipo 'Salustiana', causada pelo patógeno *Penicillium digitatum*, onde a dosagem de 1 mM reduziu a severidade da doença sem afetar as características físico-químicas dos frutos (TOMAZETTI, et al., 2013). Contudo, no trabalho de Tavares et al. (2009), o uso do ácido salicílico para o tratamento de podridão radicular em mamoeiro, causada por *Phytophthora palmivora*, não foi eficiente na inibição ou proteção ao patógeno em nenhuma concentração testada.

5.3. Ecolife®

O Ecolife® é um indutor de resistência que não causa fitotoxidez e apresenta as mesmas funções metabólicas do ácido salicílico na sinalização de estresses, induzindo as plantas a ativarem suas defesas, podendo ser utilizado tanto em pré ou pós-colheita. Sua composição envolve uma série de compostos orgânicos, como ácidos orgânicos e açúcares, bem como fitoalexinas e compostos flavonoides (DANTAS et al., 2004; SOBRINHO et al., 2005). Seu uso e eficácia são evidenciados em estudos com doenças de plantas e em frutos, como no trabalho

de Gomes et al. (2016), onde o indutor foi eficaz no controle da antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloesporioides* e em frutos de goiabeira com a redução do diâmetro das lesões e inibição do crescimento micelial em testes *in vitro*. O Ecolife® também foi eficiente na redução da severidade de podridão-negra em abacaxi, causada por *Chaladara paradoxa*, uma vez que apresentou melhores resultados em comparação a outros indutores testados, como o Agromos® e o Bion® (OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2009).

6. Escala diagramática de doenças

Um passo importante para se ter precisão na avaliação dos danos causados por doenças, principalmente em trabalhos científicos que exploram os seus fundamentos e meios de controle, é conseguir quantificar o dano ou severidade da doença, pois somente assim, será possível verificar as perdas que essa provoca, parte essencial para o manejo integrado de doenças (HORSFALL; COWLING, 1978). Uma ótima estratégia para quantificar a severidade de doenças é a elaboração de escalas diagramáticas próprias das culturas, pois representam partes específicas de uma planta, sejam folhas, frutos, galhos ou raízes, que apresentam sintomatologia em diferentes níveis de dano (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996).

De uma maneira geral, cada fitopatologista cria seu próprio método de avaliar a severidade de uma doença e, após fazer uma avaliação visual e subjetiva da lesão, tira suas conclusões. A ideia de se criar essas escalas para doenças é um meio de se padronizar a metodologia de avaliação de severidade e assim ser possível comparar resultados de pesquisadores em diferentes ocasiões (JULIATTI; SANTOS, 1999; JULIATTI et al., 2013). O procedimento para essa quantificação consiste no processamento de imagens digitalizadas das partes da planta que foram atacadas, e a partir destas, faz-se a segmentação das partes sadias e atacadas, calculando-se em percentagem a área lesionada. A utilização das escalas diagramáticas pode aumentar a precisão e diminuir a subjetividade da avaliação visual e melhorar a acurácia do avaliador (MARTINS et al., 2004).

Essas escalas devem ser bem demonstrativas no que se refere aos níveis de severidade da doença, ter intervalos que representem as variações e estágios

de desenvolvimento da doença e que produzem resultados reproduzíveis (CAMPBELL; MADDEN, 1990; CAPUCHO ET AL., 2010). Para uma escala ser apropriada para avaliação de doenças, ela deve reproduzir a severidade real e os sintomas respeitando os limites da visão humana, de acordo com a lei de Weber-Fechner, fazendo com que os sintomas sejam representados em diferentes níveis exponenciais, para que a visão humana seja capaz de diferenciá-los (AMORIM, 1995).

Vivas et al. (2010), criaram uma escala diagramática para aumentar a precisão da avaliação de pinta-preta em mamoeiro, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*, que gerou resultados positivos na verificação dos sintomas nos frutos e serviu para diversas situações como levantamentos de campo, estudos de progresso e disseminação da doença, bem como para estudos de controle em pré e pós-colheita. Em outro estudo com o mamoeiro, Santos et al. (2011), elaboraram uma escala diagramática para avaliação de oídio, causado pelo fungo *Streptopodium caricae* que ataca a folhagem da planta. Essa escala se tornou fundamental aos estudos da doença, facilitou a quantificação da severidade da doença nas folhas, servindo para trabalhos realizados em campo ou casa de vegetação, assim como na avaliação de genótipos de mamoeiro para resistência à doença.

Nesse sentido, uma escala diagramática para quantificar a severidade de podridões nos frutos de mamão trata-se de importante ferramenta para estudos epidemiológicos na cultura, uma vez que não existe material com esta finalidade, já que é um método preciso de avaliação e com baixa subjetividade.

Sendo assim, objetivou-se neste trabalho, elaborar uma escala para avaliar a severidade de podridões que ocorrem na pós-colheita dos frutos de mamoeiro, bem como determinar a eficiência de indutores de resistência no controle da antracnose em frutos de mamoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. Agra FNP. 2016, 600p.

AGROFIT – Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento – MAPA, Nov./2012. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 23 set. 2018.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Editora Ceres, cap. 32, p. 647-671, 1995.

ANTEROLA, A.M. & LEWIS, N.G. Trends in lignin modification: a comprehensive analysis of the effects of genetic manipulations/mutations on lignification and vascular integrity. **Phytochemistry** v.61, p.221-294, 2002.

ASGHARI, M.; AGHDAM, M.S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, p.502-509, 2010.

BADILLO, V. M. Caricaceae – Segundo Esquema. **Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela**. Maracay p.64,1993.

BADILLO, V.M. Carica L. vs. Vasconcella St. Hil. (Caricaceae):con la rehabilitacion de este ultimo. **Ernstia**, v.10, p.74–79, 2000.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. Agronômica Ceres, Piracicaba – SP, 1996.

BERTONCELLI, D. J.; MAZARO, S. M.; ROCHA, R. C. D. S.; POSSENTI, J. C.; JÚNIOR, A. W. Acibenzolar-S-metil na indução de resistência de tomateiro e controle de *Rhizoctonia solani* kuhn in vitro. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.8, n.2, p.43-50, 2015.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L. S., DI PIERO, R. M., CIA, P., PASCHOLATI, S. F., RESENDE, M. L. V. & ROMEIRO, R. S. (Eds.) **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**, Piracicaba: FEALQ, p.11-28, 2005.

BOUDET, A.M. A new view of lignification. **Trends in Plant Science** v.3, p.67-71, 1998.

CAMPOS A. D. **Considerações sobre indução de resistência a patógenos em plantas**. Brasília: Embrapa. 28p. 2009.

CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIN, S.; DUARTE, H. S. S.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, P. A.; LANZA, F. E.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. C. Influence of leaf position that correspond to whole plant severity and diagrammatic scale for white spot of corn. **Crop Protection**, v.29, p.1015-1020, 2010.

CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v.43, p.366–373, 2007.

DAMASCENO JÚNIOR, P. C.; PEREIRA, T. N. S.; FREITAS NETO, M. & PEREIRA, M. G. Meiotic Behavior of *Carica papaya* and *Vasconcellea monoica*). **Caryologia**, v.63, n.3, p.229-236, 2010.

DANTAS et al. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões póscolheita. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.3, p.314-319, 2004.

DEBONA, D.; FIGUEIRÓ, G.G.; CORTE, G.D.; NAVARINI, L.; DOMINGUES, L. da S.; BALARDIN, R.S. Efeito do tratamento de sementes com fungicidas e acibenzolar-S-methyl no controle da ferrugem asiática e crescimento de plântulas em cultivares de soja. **Summa Phytopathologica**, v.35, p.26-31, 2009

FARIA, A. R. N.; NORONHA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. A. R.; OLIVEIRA, A. M. G.; CARDOSO, C. E. L.; RITZINGER, C. H. S. P.; OLIVEIRA, E. J.; COELHO, E. F.; SANTOS FILHO, H. P.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SOUZA, L. D.; OLIVEIRA, M. A.; COELHO FILHO, M. A.; SANCHES, N. F.; MEISSNER FILHO, P. E.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **A cultura do Mamão**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília –DF. 3 ed. 119p. 2009.

FERREIRA, E. F.; REBOUÇAS, A. S. J.; BONFIM, M. P.; PORTO, J. S.; JESUS, J. S. Uso de extratos vegetais no controle in vitro do *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. coletado em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.2, p.346-352, 2014.

FURTADO, L. M.; RODRIGUES, A. A. C.; ARAÚJO, V. S.; SILVA, L. L. S.; CATARINO, A. M. Utilização de Ecolife® e Acibenzolar-s-metil (ASM) no controle da antracnose da banana em pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.3, 2010.

GODOY, A. E.; JACOMINO, A.P.; CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; GUTIERREZ, A. S. D.; VIEIRA, C. E. M.; FORATO, L. A. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões Golden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.682-691, 2010.

GOMES, E. C.; SERRA, I. M. R. S. Eficiência de produtos naturais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta na pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.4, 2013.

GOMES, R. S. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C.; MACIEL, W. O.; WANDERLEY, D. B. N. S. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, 2016.

GURGEL, L.M.S.; COELHO, R.S.B.; SILVA, R.L.X.; OLIVEIRA, S.M.A.; ROSA, R.C.T.; ASSIS, T.C.; ANDRADE, D.E.G.T. Metodologia alternativa no manejo da

antracnose pós-colheita em *Heliconia rostrata*. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.19, p.20-24, 2014.

HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. Pathometry: the measurement of plant disease. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Eds.) **Plant disease an advanced treatise: How disease develops in populations**. New York. Academic Press. p. 119-136. 1978.

IBGE – Produção Agrícola Nacional 2017– Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em 26 nov. 2017.

JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P.R.C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1- metilciclopropeno. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.303-308, 2002.

JULIATTI, F. C.; CRATO, F. F.; JULIATTI, F. C.; COUTO, K. R.; JULIATTI, B. C. M. Escala diagramática para avaliação da severidade de mofo branco em soja. **Bioscience Journal**, v.29, n.3, p.676-680, 2013.

JULIATTI, F. C.; SANTOS, M. A. dos. Métodos de avaliação de doenças de plantas induzidas por fungos e nematóides. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M. C.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.7, p.407-455, 1999.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Editora: Guanabara Koogan S.A.. 452p. 2004.

KESSMAN, H.; STAUB, T.; HOFMAN, C.; MAETZKE, T.; HERZOG, J.; WARD, E.; UKNES, S.; RYALS, J. **Induction of systemic acquired resistance in plants by chemicals**. *Annual Review of Phytopathology*, v.32, p.439–459, 1994.

LABANCA, E.R.G. **Purificação parcial de elicitores presentes em *Saccharmyces cerevisia*: atividade como indutores de resistência em pepino (*Cucumis sativus*) contra *Colletotrichum lagenarium* e da síntese de gliceolinas em soja (*Glycine max*)**. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP. 118p, 2002.

LIMA FILHO, R. M.; OLIVEIRA, S. M. A.; MENEZES, M. Caracterização Enzimática e Patogenicidade Cruzada de *Colletotrichum* spp. Associados a Doenças de Pós-Colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.6, p.620-625, 2003.

MARTINS, M.C.; GUERZONI, R. A.; CÂMARA, G. M. S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.2, p.179-184, 2004.

MELO, L. G. L.; SILVA, E. K. C.; NETO, J. R. M. C.; LINS, S. R. O.; RODRIGUES, A. A. C.; OLIVEIRA, S. M. A. Indutores de resistência abióticos no controle da

fusarioses do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.10, p. 1703-1709, 2016.

MING, R.; YU, Q.; MOORE, P. H. **Sex determination in papaya**. Seminars in cell & developmental biology. Academic Press, v.18, n.3, p.401-408, 2007.

MORAES, W.S; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J.D. Quimioterapia de banana 'Prata Anã' no controle de podridões em pós-colheita. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, n.1, p.79-84, 2008.

NASCIMENTO, L. C.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando extratos vegetais, indutores de resistência e fungicida. **Acta Scientiarum**, v.30, n.3, p. 313 – 319, 2008.

NASCIMENTO, R. J.; MICHEREFF, S.; CÂMARA, M. P. S.; MIZUBUTI, E. S. G.; MAYMON, M.; FERREIRA, M. F.; FREEMAN, S. First report of papaya fruit rot caused by *Colletotrichum magna* in Brazil. **Plant Disease**, v.94, n.12, p.1506, 2010.

NERY-SILVA, F. A.; MACHADO, J. C.; LIMA, L. C. O.; RESENDE, M. L. V. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p.519-524, 2001.

NERY-SILVA, F. A.; MACHADO, J. C.; RESENDE, M. L. V. LIMA, L. C. O. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31 n.5, p.1374 – 1379, 2007.

NOJOSA, G. B.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. **Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência**. In: Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Fealq, Piracicaba-SP, p.263 ,2006.

OLIVEIRA, A. A. R.; FILHO, H. P. S. **Podridão de Rhizopus**. Bahia: Embrapa, n.26, Número de páginas, 2007.

OLIVEIRA, E. J. D.; LOYOLA, J. L.; SILVA, M. D.; SOUZA, D.; SOUZA, H. D.; NUNES, T. Marcadores moleculares na predição do sexo em plantas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p. 1745 – 1754, 2007.

OLIVEIRA, M. D. M.; NASCIMENTO, L. C. Avaliação da atividade de indutores de resistência abiótica, fungicida químico e extratos vegetais no controle da podridão-negra em Abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.1, p. 84 – 89, 2009.

PASCHOALI, S. F.; LEITE, B. **Hospedeiros: mecanismos de resistência**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. Ceres, São Paulo-SP. 3.ed. Páginas 1995.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Mecanismos bioquímicos de resistência às doenças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.2, p.1-51, 1994.

PAULL, R.E. Pineapple and papaya. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.) Biochemistry of fruit ripening. London: **Chapman & Hall**, p.291-323, 1993.

PEREIRA, M. E. C.; MEDINA, V. M. Colheita e Pós-colheita. In: DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. Brasília: Embrapa, 170p, 2013.

PEREIRA M. E. C.; SILVA, A. S.; BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S.B.; SANTOS,V.J. Amadurecimento de mamão Formosa com revestimento comestível a base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1116-1119, 2006.

PERES, A. C. J.; DOMINGUES, E. P.; LOPEZ, M. A. R.; PIRES, M. C.; YAMANISHI, O. K. Income Loss in Commercial Orchard of Seed Propagated 'Tainung 1' Papaya due to Devaluated Round Fruits from Female Plants. IN: VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, Local do Congresso, Editora que publicou os resumos, 2016.

REZENDE, J. A. M.; FANCELLI, M. I. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: Kimati H.; Amorim L.; Bergamin Filho A.; Camargo, L.E.A.; Rezende, J.A.M. (Eds.) Manual de Fitopatologia. Doenças das plantas cultivadas. São Paulo SP. Agronômica Ceres. p.486-496, 1997.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, v.42 n.2, 2016.

SILVA, L.H.C.P.; RESENDE, M.L.V.; MARTINS JUNIOR, H.; CAMPOS, J.R.; SOUZA, R.M.; CASTRO, R.M. Épocas e modo de aplicação do ativador de plantas benzothiadiazole (BHT) na proteção contra a mancha bacteriana do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, suplemento. v.18, p.375-376, 2000.

SOARES, A.M.S.; MACHADO, O.L.T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, n.1, p.9, 2007.

SOBRINHO, C.A.; FERREIRA, P.T.O.; CAVALCANTI, L.S. **Indutores Abióticos**. In: Indução de Resistência em plantas a patógenos e insetos. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. Fealq, Piracicaba-SP, p.51 – 80, 2005.

THANGAVELU, R., PALANISWAMI, A., DORAISWAMY, S.; VELAZHAHAN R. The effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense on induction of defense enzymes and phenolics in banana. **Biologia Plantarum** v.46, p.107-112, 2003.

UCHÔA, C. do N.; POZZA, E.A.; UCHÔA, K.S.A.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; TOYOTA, M.; MORAES, W. da S.; FREITAS, M.L. de O.; SILVA, B.M. da

Acibenzolar-S-Metil e silício como indutores de resistência à Sigatoka-negra em bananeira cultivar Grand Naine (AAA). **Revista Agrarian**, v.7, p.189-196, 2014.

VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOTGHEBEUR, P.; ROMEIJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v.105, p.289-297, 2002.

ZAREIE R.; MELANSON, D. L.; MURPHY, P. J. Isolation of fungal cell wall degrading proteins from barley (*Hordeum vulgare* L.) leaves infected with *Rhynchosporium secalis*. *Mol PlantMicrobe Interact*, v.15 p.1031-1039, 2002.

CAPÍTULO I

ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DE DOENÇAS EM FRUTOS DE MAMOEIRO

ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DE ANTRACNOSE E PINTA PRETA EM FRUTOS DE MAMOEIRO

Autor: Thiago da Silva Coimbra

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-orientadora: Dra. Viviane Peixoto Borges

RESUMO

A perda de qualidade em frutos de mamão limita a vida de prateleira e ocorre, principalmente, pelo manejo inadequado durante a pré e pós-colheita, o que pode resultar em lesões nos frutos e no surgimento de doenças. O estudo de doenças em plantas pode ser favorecido com as avaliações dos sintomas de forma precisa, o que normalmente se consegue com uso de escalas diagramáticas para quantificação da severidade da doença, seja no fruto ou em outras partes da planta. O objetivo desse trabalho foi desenvolver e validar uma escala diagramática para quantificar a severidade da antracnose e pinta preta em frutos de mamoeiro na pós-colheita. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram utilizadas 45 imagens de frutos de mamão “Golden THB” para definir os níveis de severidade. A escala elaborada resultou em 10 níveis de severidade, representadas pelas percentagens que se seguem: 1%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 80%. A validação da escala foi realizada por 16 avaliadores, sem experiência em doenças de frutos, que avaliaram a severidade de podridões em 21 imagens que representavam os diferentes níveis de severidade. O uso da escala nas avaliações acarretou em melhor precisão e acurácia nas estimativas entre os avaliadores. A escala desenvolvida é uma ferramenta de fácil uso, que pode ser empregada em estudos de avaliação de doenças pós-colheita em frutos de mamoeiro.

Palavras-chave: *Carica papaya*, acurácia, antracnose, patometria.

DIAGRAMATIC SCALE FOR THE EVALUATION OF SEVERITY OF ROTTING IN PAPAYA FRUITS

Author: Thiago da Silva Coimbra

Adviser: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-Advisor: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-Advisor: Dra. Viviane Peixoto Borges

ABSTRACT

Loss of quality in papaya fruits limits shelf life and is mainly due to improper handling during pre and post harvest, which can result in fruit injury and disease onset. The study of plant diseases can be favored by accurately assessing symptoms, which is usually achieved by using diagrammatic scales to quantify disease severity, either in the fruit or in other parts of the plant. The objective of this work was to develop and validate a diagrammatic scale to quantify the severity of anthracnose and black spot in postharvest papaya fruits. The work was developed at the Post Harvest Laboratory of Embrapa Cassava and Fruit. 45 images of "Golden THB" papaya fruits were used to define the severity levels. The elaborated scale resulted in 10 severity levels, represented by the following percentages: 1%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% and 80%. The scale was validated by 16 evaluators, without experience in fruit diseases, who evaluated the severity of rot in 21 images representing the different severity levels. The use of the scale in the evaluations resulted in better precision and accuracy in the estimates among the evaluators. The developed scale is an easy-to-use tool that can be used in postharvest disease evaluation studies on papaya fruits.

Keywords: *Carica papaya*, anthracnose, accuracy, pathometry.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya*) é cultivado em todo o Brasil, sendo que a maior concentração de plantios comerciais encontra-se na região sul da Bahia e norte do Espírito Santo, estados maiores produtores nacionais (IBGE, 2017). O transporte e a comercialização interna dos frutos geralmente são feitos em temperatura ambiente, fator que favorece a disseminação de patógenos em frutos comprometidos com lesões e outros danos mecânicos causados na casca, o que leva ao aparecimento de doenças e conseqüente perda da qualidade (ROCHA et al., 2007).

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sp.*, e a pinta-preta causada por *Asperisporium caricae* estão entre as principais doenças pós-colheita que atacam os frutos de mamão (ZAMBOLIM et al., 2002). A antracnose desenvolve-se no fruto formando lesões circulares, acérvulos subepidérmicos, conidióforos cilíndricos e conídios hialinos unicelulares, que são envolvidos por uma substância de característica gelatinosa, formando superfícies apodrecidas de cor salmão ou rósea. Quando em estado avançado, a lesão se adere a outras partes da casca e aprofunda na polpa, ocasionando a podridão mole (FERNANDES et al., 2016). A pinta preta, por sua vez, ocorre na folhagem e nos frutos, com manchas pequenas e circulares, de coloração escura. Nos frutos, os sintomas começam quando ainda estão verdes, com pontos verdes que ficam acinzentados que se desenvolvem para pústulas de coloração marrom. Essas lesões são porta de entrada para outros patógenos, além de depreciar a qualidade do fruto para comercialização (REZENDE; MARTINS, 2005; BARRETO, et al., 2011).

As doenças incidentes em culturas, sejam elas nos frutos ou em outras partes da planta, podem ser quantificadas para viabilização de estudos epidemiológicos, parte essencial do manejo. Os dados obtidos a partir desse estudo, favorecem a avaliação da severidade de doenças, fator importante no que diz respeito à obtenção de métodos de controle, sejam eles culturais e biológicos ou pelo uso de defensivos agrícolas (GOMES et al., 2004). Para avaliação da severidade de doenças faz-se o uso de escala diagramática, onde se utilizam frutos com diferentes porcentagens de área lesionada. Esta técnica serve de orientação para uma avaliação visual mais precisa e acurada, e assim, diminuir o erro da

estimativa visual (AMORIM et al., 1995; DIAZ; BASSANEZI; FILHO, 2001; SPOSITO et al., 2004).

Vários autores evidenciaram que o uso das escalas diagramáticas pode melhorar a eficiência de um avaliador no momento da análise visual e, apesar de não ser suficiente a ponto de substituir a experiência e conhecimento dos sintomas das doenças, a metodologia de uso baseia-se na comparação da doença avaliada com uma referência padrão da sintomatologia, para isso, a escala deve apresentar diferentes classes de intensidade da severidade da doença estudada (CAMPBELL & MADDEN, 1990; LENZ et al., 2009). Avaliações de severidades de doenças utilizando escalas diagramáticas tendem a diminuir a subjetividade em uma estimativa visual e melhoram quesitos fundamentais para se executar uma boa quantificação visual da doença, como a precisão e acurácia dos avaliadores (LAZAROTO, et al., 2011; SACHS, et al., 2011).

A acurácia é definida como a exatidão de uma medida isenta de erros sistemáticos e que pode ser medida pelo coeficiente angular (b) e o intercepto da regressão linear (a), entre a severidade real e a estimada (BERGAMIN FILHO & AMORIM 1996). Ou seja, a acurácia vai demonstrar a proximidade entre a estimativa dos avaliadores e os valores reais de severidade.

A precisão, que é a exatidão de uma operação, é um fator relevante a ser considerado na validação de uma escala diagramática e pode ser avaliada por meio do coeficiente de determinação da regressão e pela variação dos erros absolutos (NUTTER JUNIOR & SCHULTZ, 1995; TERAMOTO et al., 2011).

Algumas escalas diagramáticas já foram desenvolvidas para a cultura do mamoeiro e apresentaram bons resultados nas avaliações de doenças, a exemplo do trabalho de Vivas et al. (2010), que desenvolveram uma escala para avaliação da pinta preta nos frutos, servindo para verificar a disseminação e progresso da doença em avaliações no campo, bem como também para estudos em pós-colheita. Santos et al. (2011) também desenvolveram uma escala diagramática para o mamoeiro, para avaliar a severidade do oídio (*Streptopodium caricae*) doença da folhagem da planta, que gerou ótimos resultados de precisão e reprodutibilidade, facilitando trabalhos com estudos da doença no campo ou em casas de vegetação

Considerando a ausência de métodos padronizados, o objetivo desse trabalho foi desenvolver e validar uma escala diagramática para quantificar a severidade da antracnose e pinta preta em frutos de mamoeiro na pós-colheita, e analisar os níveis de acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas geradas com o uso da escala desenvolvida.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia, Brasil (12°40'39"S, 39°06'22"W e 226 m de altitude). Foram utilizados 130 frutos de mamão, cultivar Golden THB, oriundos de campo de produção localizado no município de Mucurí, Bahia (18° 5' 9" S, 39° 33' 3" W e 7 m de altitude).

Para desenvolver a escala diagramática foram selecionadas 45 imagens dos frutos de mamoeiro em diferentes estádios de maturação, desde o estágio 1 (até 15% da casca amarelada) até o 5 (75 a 100% da casca amarelada) e com diferentes níveis de severidade de antracnose e pinta preta na casca. As fotos foram obtidas com uso de uma câmera digital Sony Cyber-Shot DSC. As podridões correspondem a lesões, em sua maioria, de antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sp.*, e lesões de pinta-preta, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*.

A face externa dos frutos foi fotografada com câmera digital, sendo destacadas com legendas as duas faces como face A e face B. A partir das imagens digitalizadas, foi utilizado o software Adobe Photoshop® para destacar as regiões da casca que correspondiam às lesões, em seguida as fotos com as lesões destacadas foram carregadas no software Assess® para mensurar em porcentagem a área lesionada de cada face.

Assim, determinou-se a área total e a área lesionada e, baseando-se na lei de Weber-Fechner de acuidade visual e de acordo com a distribuição e frequência das lesões, foi criada uma escala diagramática com diferentes níveis de severidade.

Para o teste de validação, foram selecionadas 21 imagens representando variações dos níveis em mínimo (1%) e máximo (80%) de severidade, sendo as imagens distribuídas com diferentes intervalos de concentração de área lesionada a fim de determinar as imagens que representam intervalos que seriam de maior e

menor concentração. Essas imagens foram inseridas em slides individuais, sendo cada slide correspondente a uma face do fruto. Em seguida, as imagens foram submetidas a 16 avaliadores (enumerados de 1 a 16) sem experiência em quantificação de doenças de frutos.

A primeira avaliação das imagens foi realizada sem o auxílio da escala elaborada, onde foram atribuídas notas em percentagem de área lesionada. Após uma semana, fez-se a segunda avaliação já com auxílio da escala e, novamente após uma semana, foi realizada a terceira avaliação, como critério de repetibilidade, também com uso da escala elaborada. A precisão e acurácia dos avaliadores foram calculadas por meio de regressão linear simples, sendo a severidade real do fruto considerada pelo uso do software Assess[®] como a variável independente, e a severidade estimada pelos avaliadores como a variável dependente.

A precisão das estimativas foi determinada pelo coeficiente de determinação (R^2) da regressão e pela variância dos erros de valor real e estimado. A acurácia das avaliações foi aferida pelos parâmetros “a” e “b” da equação de regressão linear, onde foram comparados os valores 0 e 1 pelo teste T ($p < 0,05$), sem o uso da escala e com o seu uso, onde valores do coeficiente de intercepto (a) acima de zero, indicam que no início da avaliação, o avaliador tem uma tendência à superestimava e abaixo de zero, indica subestimativa. O coeficiente angular (b) indica o desempenho do avaliador ao decorrer da avaliação, quando abaixo de 1, tende a subestimar, quando acima de 1, tende a superestimar. O software utilizado para as análises foi o Microsoft Excel[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escala diagramática proposta apresenta 10 níveis de severidade de podridões pós-colheita em frutos de mamoeiro: 1%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 80% (Figura 1).

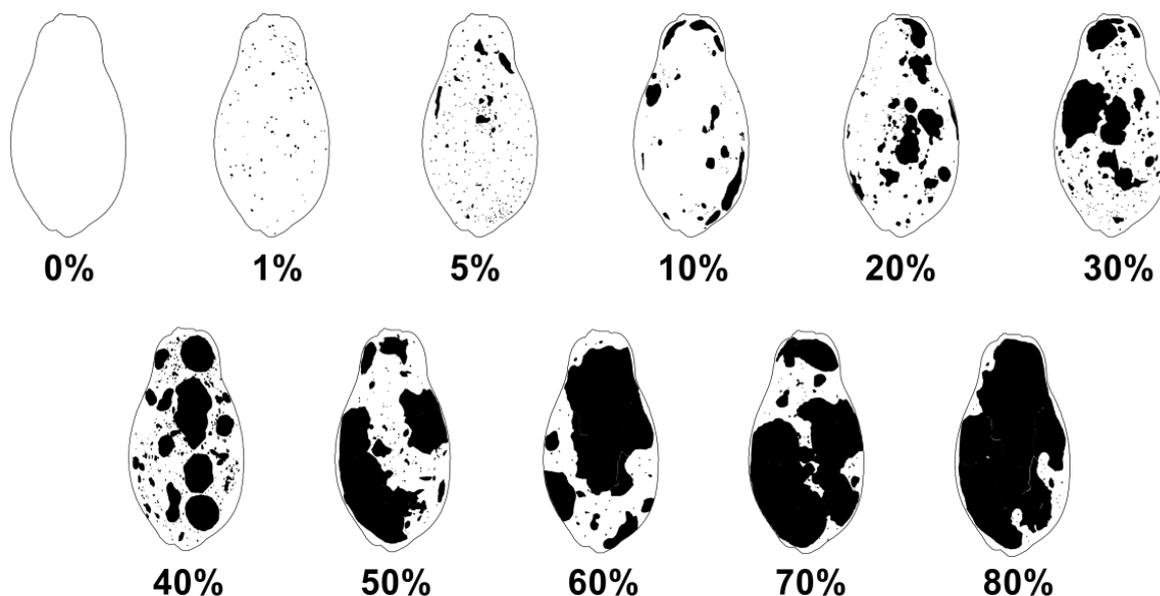


Figura 1. Escala diagramática de severidade (% da área do fruto afetada) da antracnose e pinta preta em frutos de mamoeiro na pós-colheita (*Carica papaya*).

Na primeira avaliação, realizada sem o uso da escala, a precisão dos avaliadores medida pelo coeficiente R^2 da regressão foi de 0,79, com variação de 0,51 a 0,97 (Tabela 1). A maioria dos avaliadores (cerca de 62%) apresentou precisão nas estimativas acima do valor médio do coeficiente, sendo os avaliadores 2, 8 e 10, aqueles com maior precisão (0,97; 0,94 e 0,90 respectivamente), sugerindo uma maior acurácia na avaliação visual das lesões. Os avaliadores 5, 14 e 15 apresentaram os menores valores de precisão da primeira etapa (0,68; 0,51 e 0,54, respectivamente).

Quanto aos valores do intercepto (a), 56% dos avaliadores apresentaram desvios negativos, o que indica uma tendência a subestimar a severidade das lesões, com média de -0,67 para o coeficiente. Para o coeficiente angular (b), todos os avaliadores apresentaram valores diferentes significativamente de um (1), indicando a presença de desvios sistemáticos durante a avaliação. Segundo Godoy et al. (1997) e Stonehouse (1994), estes desvios podem ser corrigidos com o treinamento dos avaliadores ou com uso de escalas diagramáticas como método padronizado de avaliação.

Tabela 1. Coeficiente de determinação (R^2), coeficiente linear ou intercepto (a) e coeficiente angular (b), determinados na regressão linear entre severidade estimada (variável dependente) e severidade real (variável independente) obtidas de avaliações de severidade de antracnose e pinta preta em frutos de mamoeiro na pós-colheita (*Carica papaya*).

Avaliador	1ª avaliação (sem escala)			2ª avaliação (com escala)			3ª avaliação (com escala)		
	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
1	1,12	0,79*	0,87*	2,09	1,04*	0,89*	2,21	0,98*	0,98*
2	4,24*	0,90*	0,97*	5,41*	1,03*	0,94*	2,90	1,02*	0,96*
3	-2,84	0,87*	0,78*	1,98*	0,97*	0,95*	4,39	1,00*	0,91*
4	-5,04	0,82*	0,80*	4,87	0,91*	0,94*	6,09*	0,97*	0,90*
5	0,71	0,65*	0,68*	3,43*	0,99*	0,89*	0,03	1,07*	0,96*
6	-1,66	0,71*	0,81*	7,70	0,89*	0,83*	7,68*	0,90*	0,87*
7	-2,98	0,65*	0,77*	-0,29*	1,02*	0,93*	-1,21	1,13*	0,91*
8	2,18	0,81*	0,94*	4,42*	0,89*	0,97*	3,99	0,91*	0,93*
9	-2,43	0,80*	0,85*	3,48	0,93*	0,96*	5,73*	0,96*	0,94*
10	-1,84	0,94*	0,90*	5,06*	0,90*	0,93*	2,17	0,91*	0,93*
11	4,91	0,98*	0,85*	10,32*	0,97*	0,85*	5,51*	1,01*	0,91*
12	-3,03	0,80*	0,71*	10,90*	0,96*	0,81*	3,90	1,07*	0,83*
13	-5,53	1,15*	0,81*	-2,30	0,90*	0,66*	5,02	1,15*	0,76*
14	5,73	0,51*	0,51*	-0,99	0,87*	0,88*	6,68	1,05*	0,83*
15	-7,23	0,77*	0,54*	-3,13	0,94*	0,67*	-2,28	1,31*	0,82*
16	2,88	0,70*	0,83*	7,68*	0,71*	0,92*	6,23*	0,76*	0,90*
Médias	-0,67	0,80	0,79	3,79	0,93	0,88	3,69	1,01	0,90

* valores em que as hipóteses $a=0$ ou $b=1$ foi rejeitada pelo teste T ($p<0,05$).

Na segunda avaliação, com o uso da escala, a precisão dos avaliadores aumentou, saindo de $R^2=0,79$ para $R^2=0,88$, com variação de 0,67 e 0,97 (Tabela 1). Assim como na primeira avaliação, 62% dos avaliadores conseguiram coeficientes acima da média, entretanto, houve um aumento significativo na média do coeficiente de determinação R^2 na segunda avaliação, assim como nas avaliações individuais. Apenas os avaliadores 13 e 15 apresentaram valor discrepante em relação à média (0,67), os demais estabeleceram valores muito próximos ou acima da média.

Para o coeficiente de intercepto (a), 75% dos avaliadores apresentaram desvios positivos, indicando uma tendência a superestimar a severidade das lesões, com média de 3,79 para os 16 avaliadores. No coeficiente angular (b), houve aumento da média dos avaliadores em relação à primeira avaliação, de 0,80 para 0,93, o que indica que o uso da escala melhorou a acurácia. O aumento da precisão dos avaliadores na segunda etapa indica que o uso da escala

diagramática elaborada neste trabalho, contribuiu com melhorias significativas na avaliação e níveis de acurácia dos avaliadores.

Na terceira avaliação os valores do coeficiente de intercepto (a) variaram pouco, de 3,79 na segunda avaliação para 3,69 na terceira (Tabela1). Em relação ao coeficiente angular, houve aumento na média dos avaliadores, que passou de 0,93 na segunda avaliação para 1,01, indicando que o uso repetido da escala melhorou a acurácia na avaliação. Quanto ao coeficiente de determinação, houve um pequeno aumento de 0,88 para 0,90, reforçando que o uso da escala melhora a precisão dos avaliadores e o uso constante pode treinar a metodologia individual para quantificar a severidade das lesões, resultado disso é o fato dos valores avaliados serem mais próximos da real severidade.

Os avaliadores 5, 14 e 15 apresentaram melhoras significativas nas avaliações com auxílio da escala, saindo de R^2 de 0,68, 0,51 e 0,54 respectivamente, para 0,96, 0,83 e 0,82 na terceira avaliação, provando a eficácia do uso da escala diagramática.

Resultados semelhantes foram encontrados por Vivas et al. (2010) no desenvolvimento de escala diagramática para pinta preta em frutos de mamoeiro, onde foi atingida uma média do coeficiente $R^2= 0,92$ com uso da escala. Santos et al. (2017) também obtiveram resultados positivos ao desenvolverem uma escala diagramática para severidade de podridão negra em côco (*Cocos nucifera* L.), alcançando média de $R^2= 0,91$ para o coeficiente de determinação com uso da escala. Na escala diagramática elaborada para determinar severidade de oídio em folhas de eucalipto, causada pelo fungo *Oidium eucalypti*, foi obtida média de $R^2= 0,83$ no coeficiente de determinação, o que validou e adequou a escala para a doença na cultura (VALERIANO et al., 2015).

A figura 2 apresenta as diferenças na linha de tendência dos avaliadores entre a primeira avaliação (sem escala) e a terceira avaliação (com escala), demonstrando que com o uso da escala, as estimativas dos avaliadores se mostraram mais próximas aos valores reais de severidade.

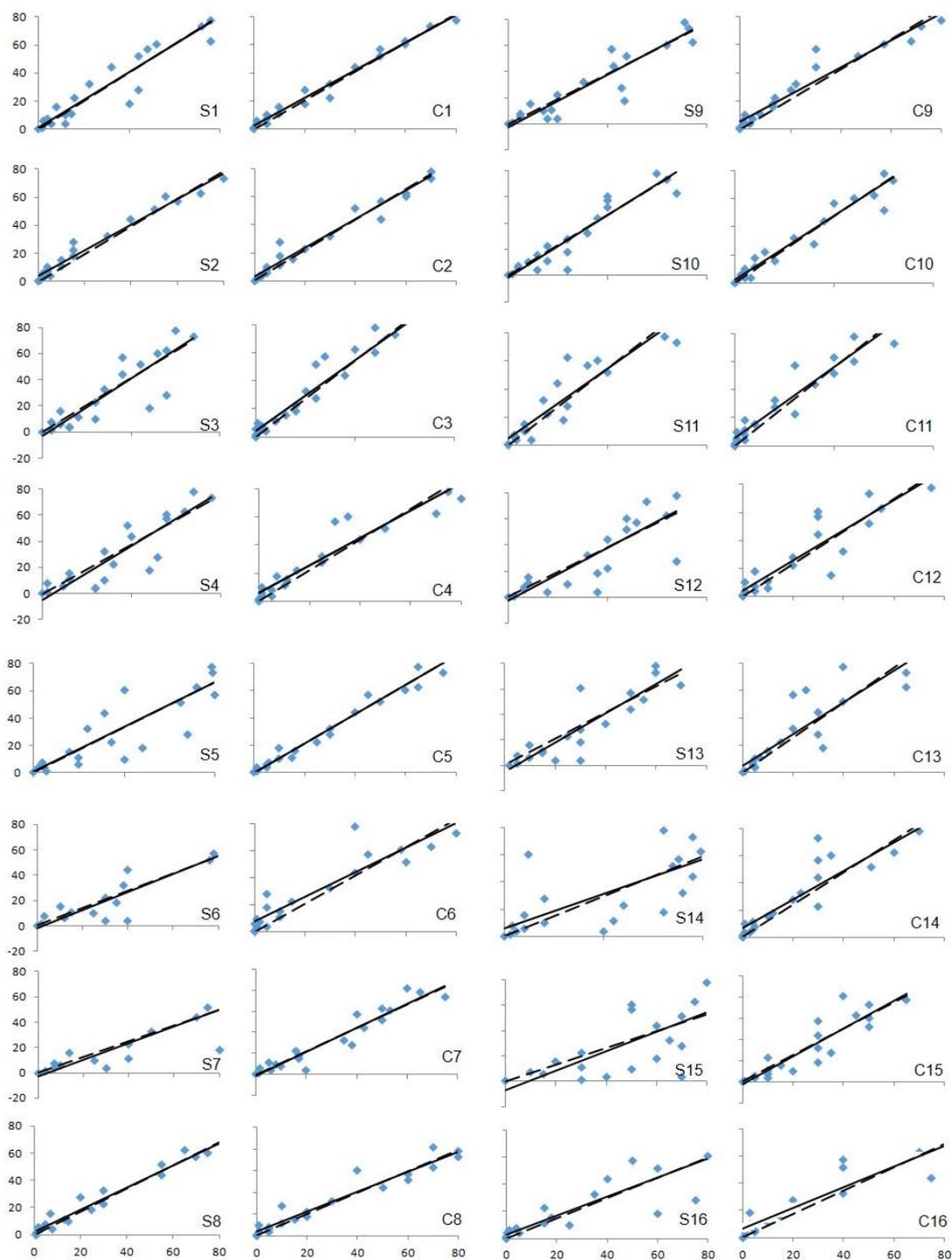


Figura 2. Relação entre severidade real (%) e severidade estimada (%) (pontos azuis) para antracnose e pinta preta em frutos de mamoeiro, por 16 avaliadores sem (S1 a S16) e com uso da escala proposta (C1 a C16). As linhas tracejadas representam a severidade real e a situação ideal.

CONCLUSÃO

A escala diagramática proposta para avaliação da severidade da antracnose e pinta preta em frutos de mamoeiro é de fácil utilização e alta precisão de estimativa, e pode ser empregada em estudos epidemiológicos e de avaliação de estratégias de controle destas doenças na cultura do mamoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Editora Ceres, cap. 32, p. 647-671, 1995.

AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 647-671.

BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L.; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n. spe1, p. 399-403, 2011.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. Piracicaba: Agronômica Ceres, 532p, 1996.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN L.V. Introduction to plant disease epidemiology. New York NY. **John Wiley & Sons**. páginas1990.

CITADIN, I.; ASSMANN, A. P.; MAZARO, S. M.; GOUVÊA, A.; DANNER, M. A.; MALAGI, G. Escala diagramática para avaliação da severidade de bacteriose em pessegueiro. **Rev. Bras. de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2,páginas 2008.

DÍAZ, C. G.; BASSANEZI, R. B.; BERGAMIN FILHO, A. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.27, n.1, p.35-39, 2001.

FERNANDES, M. C. de A.; DIAS, P. P.; AGUIAR, L. A.; MORENZ, E. F.; OLIVEIRA, L. A. A. **Tratamento de pós-colheita de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) com óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) para controle da antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*)**. Pesagro-Rio, RIO RURAL, 2016.

GODOY, C.V.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; IMAUTI, M.T.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**. v.104, p.336-345,1997.

GOMES, A.M.A. et al. Elaboração e validação de escala diagramática para cercosporiose da alface. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.1, p.38-42, 2004.

IBGE – Produção Agrícola Nacional Ano – Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em 21 jul. 2019.

JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; ARRUDA, M. C.; KLUGE, R.A. Influência do intervalo entre a colheita e a Aplicação do 1-metilciclopropeno no controle do amadurecimento de mamão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.3, p.456-459, 2013.

LENZ, G.; DA COSTA, I. D.; BALARDIN, R. S.; MARQUES, L. N.; ARRUÉ, A.; STEFANELO, M. S.; ZEMOLIN, C. R. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de isariopsis da videira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2301-2308, 2009.

NUTTER JR., F. W.; GLEASON, M. L.; JENCO, J. H. & CHRISTIANS, N. C. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability, and inter-rater reliability of disease assessment systems. **Phytopathology** v.83, p. 806-812, 1993.

NUTTER JUNIOR, F. W.; SCHULTZ, P. M. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer-aided training programs. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Burnaby, v. 17, n. 1, p. 174-184, 1995.

REZENDE, J.A.M.; MARTIN, M.C. Doenças do mamoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, cap.49, p.436 – 443, 2005.

ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; NASCIMENTO, S. R. de C.; NUNES, G. H. de R. Qualidade do mamão formosa submetido a diferentes temperaturas de refrigeração. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.1, p.75-80, 2007.

SACHS, P. J. D.; NEVES, C. S. V. J.; CANTERI, M. G.; SACHS, L. G. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 4, p. 202-204, 2011.

SANTOS, P. H. D.; VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; SILVA, J. M.; TERRA, C. E. P. da S. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade de oídio em folhas de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.4, p.215-217, 2011.

SANTOS, P. H. D.; MUSSI-DIAS, V.; FREIRE, M. G. M.; CARVALHO, B. M.; SILVEIRA, S. F. Diagrammatic scale of severity for postharvest black rot (*Ceratocystis paradoxa*) in coconut palm fruits. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.43, n.4, p.269-275, 2017

SPOSITO, M.B.; AMORIM, L.; JUNIOR, J. B.; BASSANEZI, R. B.; AQUINO, R..
Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da
mancha preta em frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.1, p.81-5, 2004.

STONEHOUSE, J. Assessment of Andean bean diseases using visual keys. **Plant
Pathology**. v.43, p.519-527, 1994.

TERAMOTO, A.; AGUIAR, R. A.; GARCIA, R. A.; MARTINS, M. C.; CUNHA, M. G.
Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha alvo em folhas de
pepineiro. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 439-445, 2011.

VALERIANO R.; POZZA E. A.; SANTOs L. A.; CHAVES E.; BARBOSA M. P. Jr.;
FERREIRA M. A. Escala diagramática e reação diferencial de clones para Oídio do
Eucalipto. **Scientia Forestales**, Piracicaba. v.43, p.51-61, 2015.

VIVAS, M.; TERRA, C. E. P. da S.; SILVEIRA, S. F.; FONTES, R. V.; PEREIRA, M.
G. Escala diagramática para avaliação da severidade da pinta-preta em frutos de
mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.36, n.2,páginas 2010.

ZAMBOLIM, L., COSTA, H., VENTURA, J.A. & VALE, F.X.R. Controle de doenças
em pós-colheita de frutas tropicais. In: Zambolim, L. **Manejo integrado:fruteiras
tropicais – doenças e pragas**. Viçosa. UFV. 2002

CAPÍTULO 2

INDUTORES DE RESISTÊNCIA ABIÓTICOS NA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MAMOEIRO

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Tropical

INDUTORES DE RESISTÊNCIA ABIÓTICOS NA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MAMOEIRO

Autor: Thiago da Silva Coimbra

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-orientadora: Dra. Viviane Peixoto Borges

RESUMO

O uso excessivo de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças na cultura do mamoeiro, tanto no pomar quanto na pós-colheita dos frutos, tem resultados em elevada presença de resíduos nos frutos. Nesse sentido, a aplicação de indutores de resistência em pós-colheita apresenta potencial para aumentar o tempo de prateleira com conseqüente redução de perdas e também dos resíduos de agroquímicos nos frutos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de indutores de resistência no controle da antracnose na pós-colheita de frutos de mamoeiro. Foram avaliadas diferentes concentrações de três indutores de resistência: Mistura de Polióis e Ácidos carboxílicos (Ecolife®), Ácido Salicílico e Metil Salicilato, em frutos de mamão 'Golden THB'. Os parâmetros físicos e químicos avaliados foram: dias para atingir estágio 5 de amadurecimento, firmeza dos frutos, severidade da doença, sólidos solúveis, acidez titulável, ratio e pH. Os resultados foram submetidos a análise de regressão simples. O ácido salicílico reduziu a área de lesão por antracnose nos frutos, prolongou a sua vida útil e favoreceu a firmeza na maturação completa. O metil salicilato provocou fitotoxidez nos frutos em todas as doses testadas, inviabilizando seu uso para esse fim. O Ecolife® foi eficiente na inibição da doença, os tratamentos com 7,5% e 10,0% não provoca lesões nos frutos e nem altera as suas características pós-colheita.

Palavras chave: *Carica papaya*, controle alternativo, *Colletotrichum gloeosporioides*, elicitores.

ABIOTIC RESISTANCE INDUCTORS IN THE POST-HARVEST OF PAPAYA FRUITS

Author: Thiago da Silva Coimbra

Adviser: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-Advisor: Dr. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-Advisor: Dra. Viviane Peixoto Borges

ABSTRACT

Excessive use of pesticides to control pests and diseases in papaya crops, both in the orchard and postharvest of fruits, results in high presence of residues in fruits. In this sense, the application of resistance inducers in postharvest has the potential to increase shelf life with consequent reduction of losses and also of agrochemical residues in fruits. Thus, the objective of this study was to evaluate the potential of resistance inducers in the control of post-harvest anthracnose of papaya fruits. Different concentrations of three resistance inducers were evaluated: Mixture of Polyols and Carboxylic Acids (Ecolife®), Salicylic Acid and Methyl Salicylate in 'Golden THB' papaya fruits. The physical and chemical parameters evaluated were: days to reach stage 5 ripening, fruit firmness, disease severity, soluble solids, titratable acidity, ratio and pH. The results were submitted to simple regression analysis. Salicylic acid reduced the area of anthracnose injury in fruits, prolonged its shelf life and favored firmness in complete maturation. Methyl salicylate caused phytotoxicity in fruits at all doses tested, making it impossible for this purpose. Ecolife® was efficient in inhibiting the disease, treatments with 7.5% and 10.0% do not cause damage to the fruits nor alter their postharvest characteristics.

Keywords: *Carica Papaya*, alternative control, *Colletotrichum gloeosporioides*, elicitors.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma das fruteiras tropicais mais cultivadas no Brasil e, devido ao clima favorável do país, desenvolve-se em quase todas as regiões. Os cultivos comerciais e domésticos exploram essa adaptabilidade da planta e produzem um fruto de alto valor nutritivo, sabor e aroma agradável, que pode ser consumido na forma in natura ou como outro meio com o processamento da polpa. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, com uma produção de 1.057.101 toneladas em área colhida de 26.526 hectares (IBGE, 2017), sendo os principais produtores os estados da Bahia, Espírito Santo e Ceará.

Apesar do grande cuidado exigido no cultivo do mamoeiro, principalmente no que diz respeito aos manejos de pré e pós-colheita, fases que determinarão a qualidade do fruto a ser comercializado, doenças decorrentes de feridas nos frutos são comuns em grandes cultivos. Uma das principais doenças que ocorrem no fruto devido ao manejo inadequado na fase de colheita, ou até mesmo durante o desenvolvimento da planta, é a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sp.*, que aproveita a ferida como porta de entrada, causando sintomas como lesões, que tornam o fruto inviável (CASARRUBIAS - CARRILLO et al., 2002; RIBEIRO et al., 2016).

A antracnose de uma maneira geral, é considerada a principal doença dos frutos em pós colheita, uma vez que todas as espécies de *Colletotrichum sp.* provocam o aparecimento de podridões que levam à inviabilidade do fruto (SERRA & SILVA, 2004; SANCHES, et al., 2012; RIBEIRO et al., 2016). A antracnose nos frutos apresenta sintomas caracterizados pela presença de lesões circulares e necróticas com uma leve depressão no centro, podendo apresentar diversos tamanhos, onde os conídios do fungo surgem como massas dando uma caracterização de cor alaranjada escura ou salmão (LIMA FILHO, OLIVEIRA, MENEZES, 2003). A doença é frequentemente controlada em campo com a aplicação de fungicidas de ação sistêmica, evitando incidência na pós-colheita (RIBEIRO, SERRA, ARAÚJO, 2015).

No caso das doenças fúngicas, tanto na fase de desenvolvimento da planta, quanto nos estádios finais até a colheita, o controle é feito pela aplicação de fungicidas, que está limitada ao uso de poucas substâncias, como imazalil e

tiabendazol, o que representa um problema quando o produto é usado de forma indiscriminada, pois pode prejudicar o amadurecimento natural do fruto e levar ao aparecimento de fungos resistentes (GAMAGAE et al., 2003). Tendo em vista a demanda pela redução do uso dos fungicidas recomendados, alternativas são buscadas para o tratamento ou prevenção das doenças fúngicas, assim, produtos naturais pouco tóxicos que funcionam como sistema de ativação dos mecanismos de defesa da planta contra o patógeno vêm sendo estudados (RIBEIRO, 2016).

Pesquisas com utilização de indutores de resistência na pós-colheita de alguns frutos têm sido desenvolvidas em busca de produtos pouco tóxicos e com potencial no controle de patógenos. Esses indutores apresentam compostos químicos com ação direta, que provocam efeito fungistático por meio da ativação de algumas enzimas como a fenilalanina amônia-liase, que resulta na ativação de mecanismos de defesas das plantas em resposta ao tratamento com agentes bióticos ou abióticos, Este mecanismo refere-se às defesas bioquímicas e estruturais pós-formadas, de maneira não específica e por meio da ativação de genes envolvidos, que influenciam no controle de doenças. (STANGARLIN et al., 2010; STANGARLIN et al., 2011; WATERS; RATSEP; HAVIS, 2013).

Ribeiro et al. (2016), verificaram em seu estudo que os bioindutores e indutores abióticos diminuem a agressividade da antracnose em frutos de mamão, sendo importantes componentes no manejo da antracnose em pós-colheita. Também Gomes et al. (2016), concluíram que alguns indutores dentre eles o Ecolife®, inibiram o crescimento micelial do *C. gloeosporioides in vitro*, reduziram o diâmetro das lesões e mantiveram a qualidade pós-colheita em frutos de goiabeira 'Paluma'.

Considerando o exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes concentrações dos indutores de resistência abióticos: Ecolife®, ácido salicílico e metil salicilato no controle da antracnose em frutos de mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados frutos da cultivar Golden THB obtidos de campo de produção localizado no município de Mucurí, Bahia (18° 5' 9" S, 39° 33' 3" W e 7 m de altitude), colhidos no estágio 1 de amadurecimento (até 15% da casca amarela),

livres de feridas e lesões na casca e região peduncular. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia (12°40'39"S, 39°06'22"W e 226 m de altitude), onde foram higienizados com solução com detergente a 2% e água corrente.

Na primeira etapa de aplicação dos indutores, utilizou-se os compostos salicilatos, ácido salicílico, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹ e Metil Salicilato, nas concentrações de 1,0 x 10⁻³; 1,0 x 10⁻⁴; 1,0 x 10⁻⁵; e 1,0 x 10⁻⁶ M. A aplicação do Ácido Salicílico foi realizada por meio de imersão dos frutos em estágio 1 de amadurecimento, por 10 minutos nas respectivas soluções. Para o Metil Salicilato, as aplicações foram realizadas em caixas herméticas com exposição dos frutos em estágio 1 de amadurecimento por um período de 12 horas. Cada tratamento (concentração analisada) foi constituído por cinco parcelas, sendo dois frutos por parcela, totalizando 10 frutos por tratamento e um total de 40 frutos para cada indutor, além do tratamento controle.

Na segunda etapa de aplicação foi utilizado o composto Ecolife[®] (QUINABRA Química Natural Brasileira Ltda, São José dos Campos-SP) um mix de Polióis e Ácidos carboxílicos, aplicados por imersão dos frutos em estágio 1 de maturação na solução, seguindo o mesmo padrão de delineamento experimental, nas concentrações: 2,5%, 5%, 7,5% e 10%.

Após aplicação dos tratamentos, os frutos foram armazenados em ambiente de temperatura controlada, a 25° C, até atingirem o estágio de 5 de amadurecimento (casca completamente amarelada), quando foram avaliados os seguintes parâmetros: dias para atingir o estágio 5, incidência de podridões, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), Relação SS /AT e pH.

A severidade das podridões foi avaliada com uso de escala diagramática, onde as notas dadas em porcentagem (%) foram estimadas baseadas na área de lesões causadas por antracnose. A acidez titulável (AT) foi determinada em amostra de 1 g de polpa diluída em 40 mL de água. Esta amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir pH 8,1, utilizando-se dosímetro semi-automático para depósito de NaOH e pHmêtro para determinação do final da titulação. Gotas de fenolftaleína também foram adicionadas à amostra para confirmação do ponto final

de titulação. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

Os sólidos solúveis (SS) foram quantificados com auxílio de refratômetro digital portátil, utilizando-se gotas do suco extraído a partir da compressão da polpa homogeneizada, sendo os resultados expressos em °Brix. A relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre estes dois parâmetros. O pH foi determinado diretamente na polpa homogeneizada, com auxílio de um pHmetro digital.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições de dois frutos por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e quando significativos foram submetidos à análise de regressão, sendo adotado um nível de 5% de significância, utilizando o software estatístico R, pacote ExpDes.pt (R Core Team, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ácido salicílico e Metil salicilato (Compostos salicilatos)

As análises físicas e químicas dos frutos foram efetuadas à medida que os frutos atingiram o estágio 5 de amadurecimento, e as médias gerais das variáveis analisadas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Médias gerais, coeficiente de variação (CV) e erro padrão para caracterização de frutos de mamão 'Golden THB', tratados com ácido salicílico (0; 250; 500; 750; 1000 mg L⁻¹) como indutor de resistência à antracnose. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, 2019.

	Dias para maturação	AA (mm ²)	FF (N cm ⁻²)	SS (°Brix)	AT (%)	Ratio SS/AT	pH
Média	8.28*	109,03	9,02*	8,01*	0,06	150,29	5,44
CV(%)	-	216,39	37,66	12,16	96,79	24,09	4,06
Erro Padrão	-	106,39	0,15	0,43	0,02	16,32	0,09

*Há diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste F da ANOVA ($p < 0,05$); AA: Área da maior lesão de antracnose; FF: Firmeza do fruto; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; Ratio: Relação sólidos solúveis e acidez titulável; pH: potencial hidrogeniônico.

Dentre as variáveis que apresentaram diferenças significativas para as concentrações de ácido salicílico avaliadas, a análise do número de dias para total maturação dos frutos (100% da superfície da casca amarelada – estágio 5) indica que o ácido salicílico prolonga o período compreendido entre a colheita (estádio 1)

e a maturação, uma vez que, os frutos demoraram em média sete dias para total maturação no tratamento controle e nove dias nas concentrações de 500, 750 e 1000 mg L⁻¹ (Figura 1). O fruto de mamão sofre com a alta perecibilidade, tendo um rápido amolecimento e alta probabilidade de ocorrer podridões, fatores que diminuem a vida útil do fruto e sua qualidade pós-colheita, visto isso, o prolongamento na maturação é fundamental para evitar ou diminuir tais consequências que afetam a comercialização e consumo dos frutos (TREVISAN, et al., 2013).

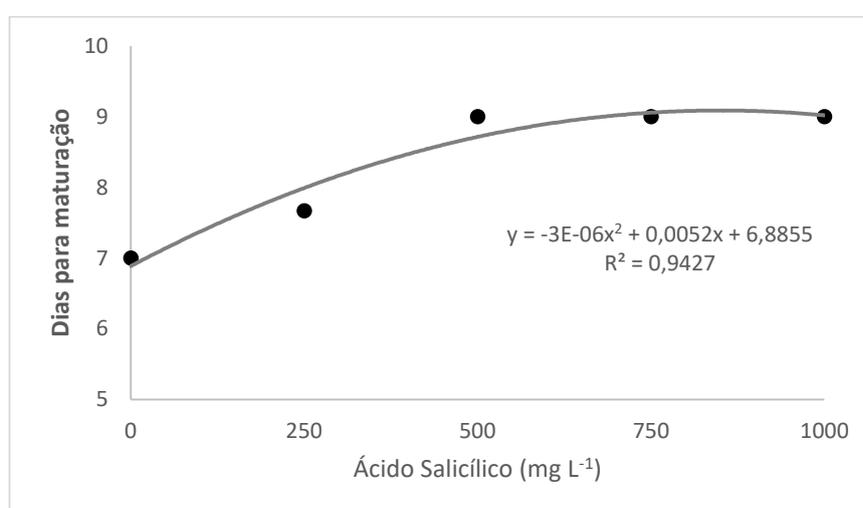


Figura 1. Dias para atingir a maturação em frutos de mamão ‘Golden THB’ tratados com ácido salicílico visando indução de resistência à antracnose.

O ácido salicílico está envolvido em vários processos fisiológicos dos vegetais que atuam no crescimento e desenvolvimento, um deles é na síntese do etileno, onde ele inibe uma enzima chamada ACC oxidase (ácido 1- carboxílico-1-amino ciclopropano), responsável por converter a ACC oxidase em etileno, assim, o ácido salicílico quando presente nesse processo diminui a produção autocatalítica do etileno (RASKIN, 1992; ABELES et al., 1997). Neste caso, pode-se associar o prolongamento da maturação dos frutos tratados com as maiores concentrações (500, 750 e 1000 mg L⁻¹) com esse fundamento de atuação do ácido salicílico na síntese de etileno nos frutos, onde a menor produção de etileno resultaria em menores taxas respiratórias, levando a um atraso no processo de maturação.

Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas com a análise de variância, em função da elevada amplitude dos dados obtidos, o uso do ácido salicílico resultou em menor ocorrência de lesões. As concentrações de 250 mg e 1000 mg L⁻¹ apresentaram as menores médias de área lesionada, com 55,62 mm² e 26,28 mm² respectivamente, enquanto a testemunha apresentou média de 261,81 mm² para área lesionada por antracnose. Estes resultados sugerem que o ácido salicílico pode ser empregado na pós-colheita do mamoeiro, visando redução na incidência da antracnose.

Foi determinada a severidade da antracnose nos frutos com o uso da escala diagramática, um método mais preciso e, eficaz para quantificar a severidade da doença, servindo de comparação com uma referência padrão da sintomatologia. Nas Figura 2 e 3, verificou-se comportamento semelhante ao observado para área lesionada, havendo menor severidade da doença conforme uso do ácido salicílico, principalmente para a maior dose avaliada (1000 mg L⁻¹) em comparação à testemunha. Estas observações também foram verificadas durante a condução do estudo, conforme exposto na Figura 4.

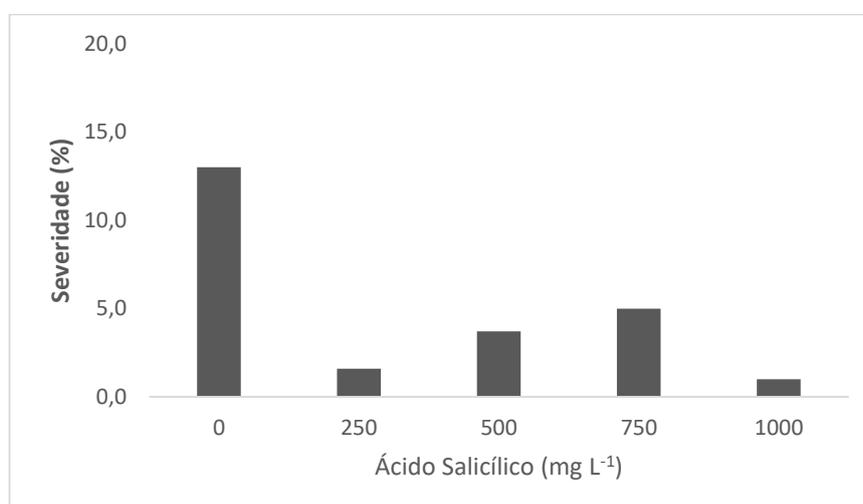


Figura 2. Severidade de antracnose em frutos 'Golden THB' tratados com ácido salicílico visando indução de resistência à antracnose.

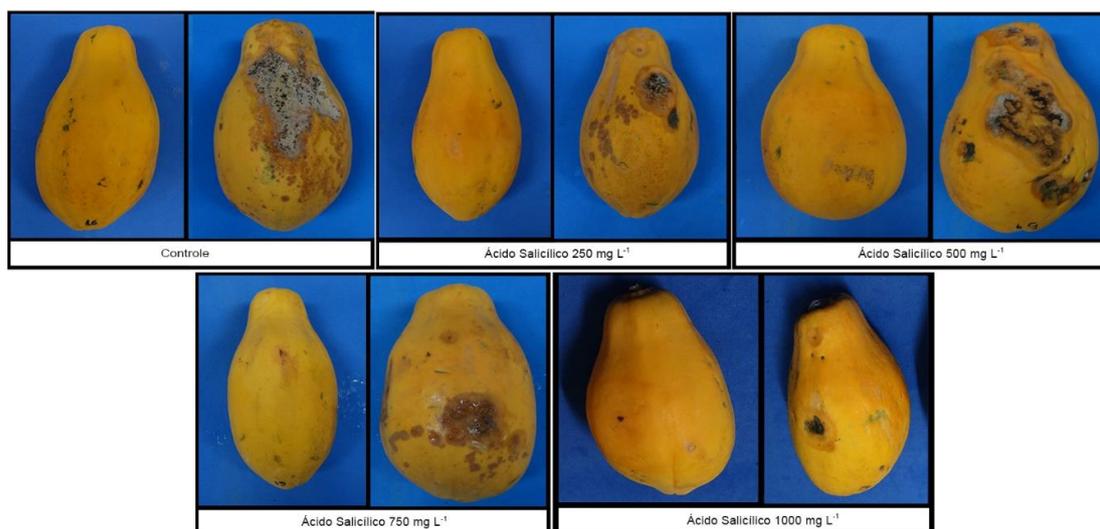


Figura 3. Frutos de mamão 'Golden THB' tratados com ácido salicílico, visando indução de resistência à antracnose na pós-colheita.

Diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos para a variável firmeza dos frutos, ocorrendo efeito quadrático, indicando que o aumento da concentração do indutor favoreceu a firmeza nos frutos até a dose de 750 mg L⁻¹, onde, de acordo com os valores estimados pela equação, obtém-se firmeza equivalente a 11,08 N cm⁻² (Figura 4). A firmeza é um dos atributos de qualidade de maior relevância, uma vez que frutos pouco firmes apresentam menor resistência ao transporte, armazenamento e manuseio (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001) e, conseqüentemente, menor longevidade em prateleira.

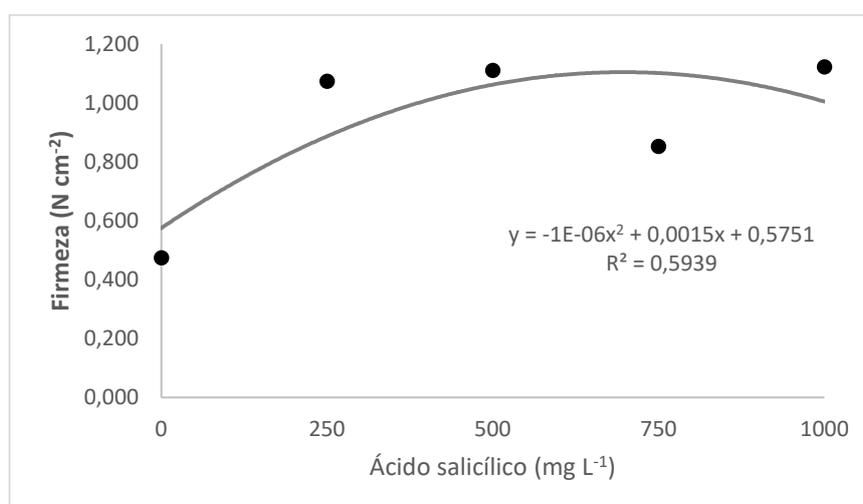


Figura 4. Firmeza em frutos de mamão ('Golden THB') tratados com ácido salicílico visando indução de resistência à antracnose.

Diferenças significativas foram verificadas para o teor de sólidos solúveis dos frutos tratados com ácido salicílico, onde o aumento da concentração do composto acarretou um decréscimo dos níveis de açúcares a partir de 30 mg L⁻¹ (ponto de máximo), indicando que doses mais elevadas de ácido salicílico, como as avaliadas neste estudo, tendem a diminuir teor de sólido solúveis dos frutos (Figura 5). Os valores encontrados para todos os tratamentos ficaram abaixo daquele exigido para exportação de frutos de mamão, que é o teor de SS acima de 12 °Brix, Entretanto, SILVA et al. (2017) avaliando frutos da cultivar Golden THB destinados à exportação, obtiveram média de SS equivalente a 10,65 °Brix, valor próximo ao observado no tratamento controle do presente estudo, o que demonstra que esta cultivar apresenta menor teor de SS em relação a outras cultivares de mamoeiro.

Os sólidos solúveis (SS), correspondem aos ácidos, açúcares e vitaminas encontrados nos frutos. De acordo com o estágio de amadurecimento há alteração no teor de sólidos solúveis, assim frutos mais maduros apresentam maior SS, enquanto a concentração de ácidos do fruto diminui com a maturação, desta maneira, a relação entre acidez e sólidos solúveis pode servir como indicador do sabor dos frutos. Fatores ambientais e fisiológicos podem afetar a síntese desses açúcares e ácidos, assim, o sabor do fruto pode variar de acordo com a maneira que esses fatores são controlados (CHITARRA; CHITARRA, 2005; RESENDE, et al., 2010).

O baixo teor de sólidos solúveis nas concentrações mais elevadas indica que a presença do ácido salicílico conforme citado anteriormente, interfere na síntese do etileno, bloqueando a enzima ACC oxidase, que pode afetar outros fatores associados com a maturação, inclusive a síntese dos açúcares (RASKIN, 1992; ABELES et al., 1997).

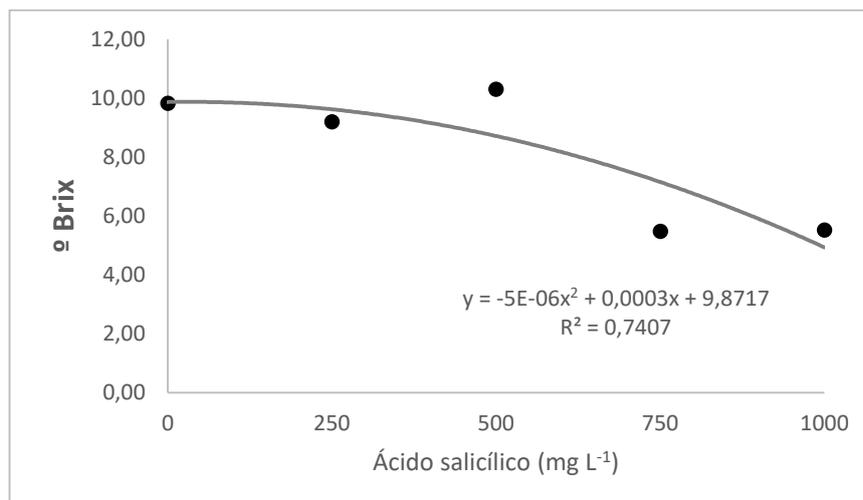


Figura 5. Sólidos solúveis em frutos de mamão ('Golden THB') tratados com ácido salicílico visando indução de resistência à antracnose.

As médias das demais variáveis avaliadas não diferiram estatisticamente entre as concentrações testadas, demonstrando que o ácido salicílico não altera as características relacionadas a acidez titulável, ratio e pH.

Metil Salicilato

Os tratamentos com metil salicilato apresentaram diferenças significativas para algumas variáveis, conforme observado na Tabela 2. Contudo, todas as concentrações testadas proporcionaram sintomas de fitotoxidez, como lesões e escurecimento na casca, amolecimento e depreciação geral no aspecto do fruto, o que compromete a dissociação entre o que seria doença e fitotoxidez, conforme pode ser observado na Figura 7. Considerando-se que, mesmo em doses baixas como as empregadas ($1,0 \times 10^{-3}$; $1,0 \times 10^{-4}$; $1,0 \times 10^{-5}$; e $1,0 \times 10^{-6}$ M), este composto causou fitotoxidez, então seu uso como indutor de resistência, visando a inibição de podridões pós-colheita em frutos de mamoeiro, torna-se inviável do ponto de vista comercial, nestas concentrações (Anexo 1). Desta forma, não serão discutidas as demais variáveis.

Tabela 2. Médias gerais, coeficiente de variação (CV) e erro padrão para características físico-químicas, dias para maturação e área de antracnose (AA) em frutos de mamão 'Golden THB', tratados com Metil Salicilato ($1,0 \times 10^{-3}$; $1,0 \times 10^{-4}$; $1,0 \times 10^{-5}$; e $1,0 \times 10^{-6}$ M). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, 2019.

	Dias para maturação	AA (mm ²)	FF (N cm ⁻²)	SS (°Brix)	AT (%)	Ratio SS/AT	pH
Média	7,40*	1139,34	5,98*	9,83	0,05*	177,94*	5,56*
CV(%)	-	69,79	51,38	8,41	17,70	13,95	1,38
Erro Padrão	-	358,57	0,14	0,37	0,004	11,19	0,03

*Há diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste F da ANAVA ($p < 0,05$)

AA: Área da maior lesão de antracnose; FF: Firmeza do fruto; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; Ratio: Relação sólidos solúveis e acidez titulável; pH: potencial hidrogeniônico.

Ecolife® (Composto Comercial)

As análises com o composto Ecolife® seguiram o mesmo padrão que as análises com compostos salicilatos, começando pelo período para chegar a maturação completa, seguida das análises físico-químicas (Tabela 3).

Tabela 3. Médias gerais, coeficiente de variação (CV) e erro padrão para características físico-químicas, dias para maturação e área de antracnose (AA) em frutos de mamão 'Golden THB', tratados com Ecolife® (2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 %). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, 2019.

	Dias para maturação	AA (mm ²)	FF (N cm ⁻²)	SS (°Brix)	AT (%)	Ratio SS/AT	pH
Média	5,6*	83,51	6,08	9,95	0,05	189,81	5,49*
CV(%)	-	267,78	36,40	9,73	16,9	22,15	1,76
Erro Padrão	-	100,84	0,10	0,43	0,004	18,96	0,04

*Há diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste F da ANAVA ($p < 0,05$)

AA: Área da maior lesão de antracnose; FF: Firmeza do fruto; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; Ratio: Relação sólidos solúveis e acidez titulável; pH: potencial hidrogeniônico.

De acordo com a análise de regressão apresentada na Figura 6, o número de dias para maturação se adequou ao modelo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,93$. Os frutos tratados com Ecolife® demoraram menos tempo para atingir o

estádio cinco de amadurecimento, correspondente a maturação total, onde composto acelerou o processo de maturação dos frutos em um a dois dias.

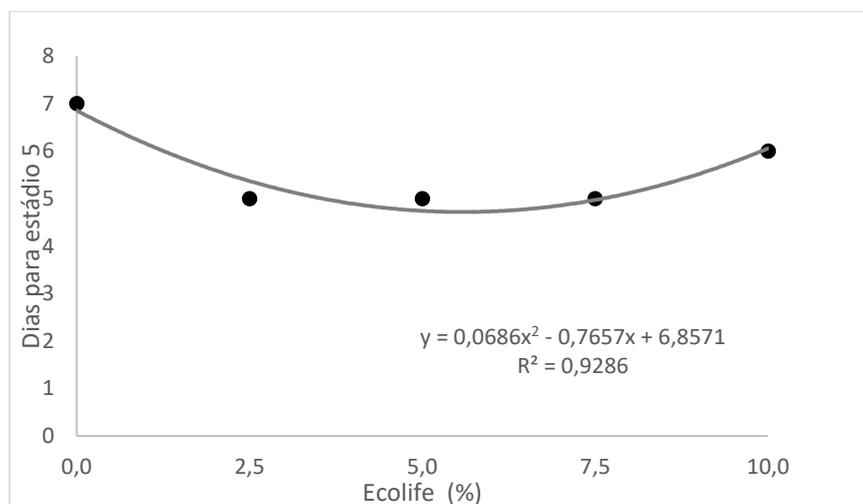


Figura 6. Média de dias para atingir o estágio 5 de maturação em frutos de mamão 'Golden THB' tratados com Ecolife® visando indução de resistência à antracnose.

Na análise de área lesionada por antracnose, os frutos tratados com Ecolife® apresentaram menor incidência e severidade de lesões em relação à testemunha, principalmente, para as maiores concentrações (7,5% e 10%) em que não ocorreram lesões nos frutos (Figura 7).

O controle alternativo de doenças de plantas, no qual se destaca a indução de resistência, envolve a ativação de mecanismos de defesa latentes existentes em plantas (HAMMERSCHMIDT; DANN, 1997; KUHN, et al., 2006).

O Ecolife® contém substâncias que induzem a planta a acionar os mecanismos de defesa contra estresses, fitoalexinas, flavonoides e β -1,3-glucanases, substâncias que estão presentes em todo o reino vegetal responsáveis por sinalizar os mecanismos de defesa das plantas quando ocorrem estresses de ordem biótica, por exemplo, o ataque de um patógeno (CAVALCANTI, et al., 2006). O acúmulo dessas substâncias pode agilizar essas respostas para defesa e até, torna-la mais eficiente. As β -1,3-glucanases são responsáveis por degradar a calose na parede celular e formar cinturões que podem chegar bloquear os plasmodesmos em ocasiões de estresses (LEVY et al., 2007).

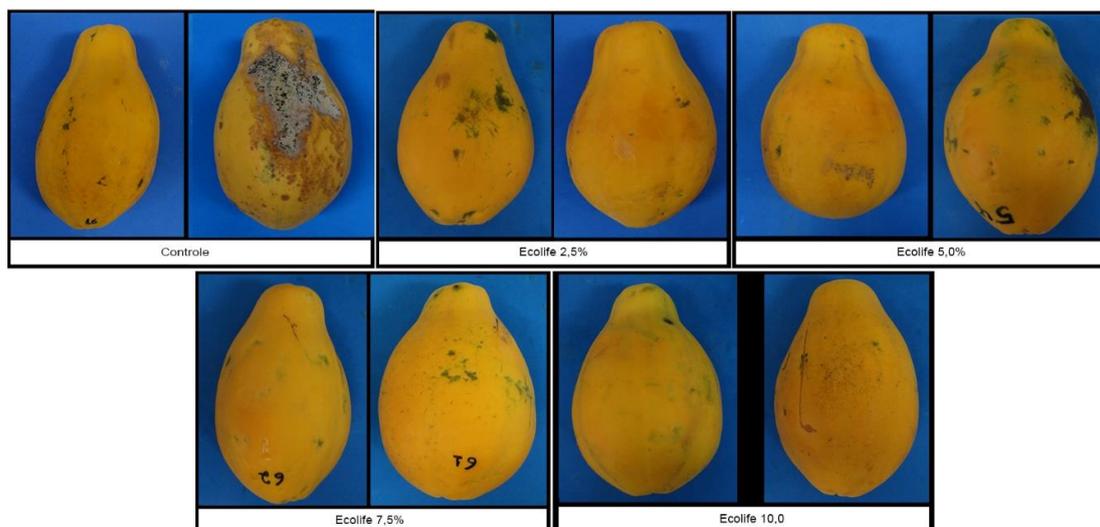


Figura 7. Frutos de mamão tratados com Ecolife® em pós-colheita, visando indução de resistência à antracnose na pós-colheita.

A severidade da antracnose, avaliada com o uso da escala diagramática, demonstrou comportamento semelhante à área lesionada, onde os tratamentos com Ecolife® reduziram a incidência de lesões comparados à testemunha e não houve ocorrência nas dosagens mais altas (7,5 e 10,0%), indicando que estas podem ter inibido a infecção de *Colletotrichum spp.*, como pode ser verificado na Figura 8.

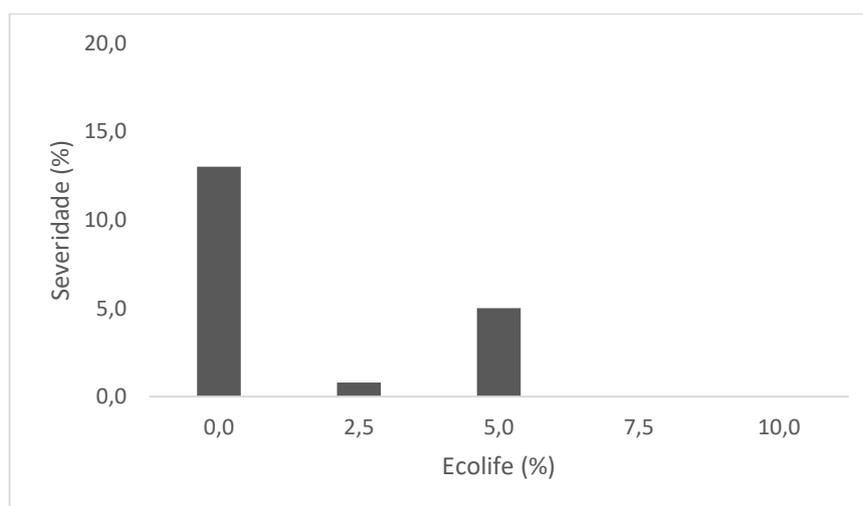


Figura 8. Severidade de antracnose em frutos 'Golden THB' tratados com Ecolife®.

Resultados positivos com o uso desse composto também foram encontrados por Demartelaere, et al. (2017), em que o Ecolife® foi eficiente na inibição da antracnose em frutos de mamoeiro, mantendo as características pós-colheita. A mesma eficiência foi verificada no estudo de Carnelossi et al. (2009), em que os frutos de mamão tratados com Ecolife® apresentaram diâmetro de lesões inferiores ao controle, bem como uma severidade mais baixa de antracnose.

Nas variáveis, firmeza dos frutos, SS, AT e Ratio também não houve diferenças estatísticas entre os resultados para as concentrações testadas, mantendo-se o padrão de pós-colheita. Esses resultados foram semelhantes ao trabalho de Demartelaere et al. (2017), em que os tratamentos com Ecolife mantiveram as características químicas de pós-colheita ideais nos frutos de mamão.

Observou-se diferença significativa para o pH, indicando que o aumento da concentração do Ecolife® pode aumentar a acidez dos frutos, mesmo considerando o padrão de consumo para mamão tipo Solo, na faixa de 5,07 – 5,80 (REIS, et al., 2015).

CONCLUSÕES

O uso do ácido salicílico favorece a vida útil e a firmeza dos frutos de mamoeiro e reduz o percentual de área lesionada por antracnose.

As concentrações avaliadas de Metil salicilato causam fitotoxidez nos frutos, comprometendo a sua viabilidade comercial.

O Ecolife® é eficiente na inibição dos sintomas de antracnose, principalmente nas concentrações de 7,5 e 10% e não afeta as características pós-colheita dos frutos.

ANEXOS



Anexo 1. Sintomas de fitotoxidez em frutos de mamão 'Golden THB' tratados com metil salicilato, visando indução de resistência à antracnose na pós-colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. Ethylene in plant biology. **San Diego: Academic Press**, 2 ed. 414p. 1997.

ATHAYDE SOBRINHO, C., FERREIRA, P.T.O. & CAVALCANTI, L.S.C. **Indutores abióticos**. In: Cavalcanti, L.S., Di Piero, R., Cia, P., Pascholati, S.F., Resende, M.L.V.; Romeiro, R.S. (Eds.) **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba SP. Fealq. p. 51-80, 2005.

BENATO, E. A.; CIA, P.; SOUZA, N. L. **Manejo de doenças de frutas pós-colheita**. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v.9, p.403-440, 2001.

CARNELOSSI, P. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; MESQUINI, R. M. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Rev. Bras. Plantas Med.** v.11, n.04, p. 399-406 2009.

CASARRUBIAS-CARRILLO, U.; ANGEL, D. N.; CÁRDENAS-SORIANO, E. GUITÉRREZ-ALONSO, G. Histopatología de frutos de papaya (*Carica papaya* L.) infectados por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. **Mexican Journal of Phytopathology**, v.20, p.88-93, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2.ed, rev. e ampl, 2005.

CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v.43, p.366–373, 2007.

DANTAS et al. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões póscolheita. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.3, p.314-319, 2004.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. de (Ed.). **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 170 p. 2013.

DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C.; GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A.; LUNA, R. G. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesqui. Agropecu. Trop.** Goiânia, v. 47 n.2, p. 211-217, 2017.

EMBRAPA – Dados estatísticos de produtividade de Mamão *Carica papaya*. Ano Disponível em: <[http:// https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao](http://https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao)>. Acesso em 15 nov. 2017.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo solo comercializados em quatro estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p. 541-545, 2011.

GAMAGAE, S. U.; SIVAKUMAR, A. D.; WILSON W. R. S.; WIJESUNDERA, R. L. C. Use of sodium bicarbonate and *Candida oleophila* to control anthracnose in papaya during storage. **Crop Protection**, v.22, n.7, p.775-779, 2003.

GOMES, R. S. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C.; MACIEL, W. O.; WANDERLEY, D. B. N. S. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.149-154, 2016.

GONZÁLEZ – AGUILAR, G. A.; WANG, C. T.; BUTA, J. G. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ‘Sunrise’. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.361-370, 2003.

HAMMERSCHMIDT, D.; DANN, E. K. Induced resistance to disease. In: RECHCIGL, N.A.; RECHCIGL, J.E. (Ed.). Environmentally safe approaches to crop disease control. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 177-199.

IBGE – Produção Agrícola Nacional 2017 – Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em 26 nov. 2017.

KIRINUS, M. B. M.; SILVA, P. S. da.; BARRETO, C. F.; OLIVEIRA, R. P. de; MALGARIM, M. B. Influência de indutores de resistência no armazenamento

refrigerado dos frutos do tangoreiro 'Ortanique'. **Revista Espacios**, v.38, n.41, p.26, 2017.

KUHN, O. D.; PASCHOLATI, S. F.; FILHO, J. A. C.; PORTZ, R. L.; OSWALD, W. Indução de resistência sistêmica em plantas: aspectos gerais, efeitos na produção e sobre microrganismos não - alvo. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.14, p. 251 - 302, 2006.

KONDA, E. T.; MANGOLIN, G. S.; NASCIMENTO, R. dos S.; TERAPO, D. **Controle de podridão peduncular do mamão utilizando irradiação UVC**. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2018, Campinas. Anais... Campinas: IAC: ITAL: APTA; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2018.

CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; ZACARONI, A. B.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; COSTA, J. C. B.; SOUZA, R. M. Acibenzolar-S-metil e Ecolife na indução de respostas de defesa do tomateiro contra mancha bacteriana. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p. 372-380, 2006.

LEVY, A.; ERLANGER, M.; ROSENTHAL, M.; EPEL, B. L. A plasmodesmata-associated β -1.3-glucanase in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v.49, n.4, p.669-682, 2007.

LIMA FILHO, R. M.; OLIVEIRA, S. M. A.; MENEZES, M. Caracterização Enzimática e Patogenicidade Cruzada de *Colletotrichum* spp. Associados a Doenças de Pós-Colheita. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.6, p.620-625, 2003.

NANDI, B.; SUKUL, N. C.; BANERJEE, N.; SENGUPTA, S.; DAS, P.; BABU, S. P. S. Salicylic acid enhances resistance in cowpea against *Meloidogyne incognita*. **Phytopathologia Mediterranea**, v.41, p.39-44, 2002.

NASCIMENTO, L. C.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando extratos vegetais, indutores de resistência e fungicida. **Acta Scientiarum**. v.30, n.3, 2008.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. **Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência**. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R.S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba SP. Fealq. 2005. p. 139-153.

PLOETZ, R. C.; ZENTMEYR, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. **Compendium of Tropical Fruits Diseases**. Saint Paul: Aps press, p. 245-253, 1994.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. (2018). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved <http://www.R-project.org>

RASKIN, I. **Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.** v. 43, p. 438-463, 1993.

REIS, R. C.; VIANA, E. S.; JESUS, J. L.; DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.3, p. 210-217, 2015.

RESENDE, J. T. V. de; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; RISSINI, A. L. L.; Camargo, C. K. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.185-189, 2010.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.160-164, 2016.

SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS V. P. Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. **Ciência Agrotec.** v.31, n.4, p.1007-1013, 2007.

SANCHES, N. F. Produção Integrada de Mamão. In: Matos. A. P (Org.). Produção Integrada de Frutas Tropicais. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Páginas, 2012.

SANTOS FILHO, H P ; BARBOSA, C J ; NICKEL, O. . Doenças do mamoeiro. In: FREIRE, F. das C.O.; CARDOSO, J.E.; VIANA, F.M.P.. (Org.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agro-industrial.** 1 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, p.391- 434, 2003.

SERRA, I. M. R. S.; SILVA, G. S. Caracterização morfofisiológica de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* agentes de Antracnose em frutíferas no Maranhão. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.4, p.475-480, 2004.

SILVA W.; SCHMILDT E. R.; SCHMILDT O.; FERREGUETTI G. A.; Dimensionamento amostral para frutos de mamoeiro 'Golden THB' destinados ao mercado nacional e à exportação. **Revista Agro@ambiente** On-line, v. 11, n. 2, p. 128-136, 2017.

STANGARLIN, J. R.; SCHULZ, D. G.; FRANZENER, G.; ASSI, L. SCHWANESTRADA, K. R. F.; KUHN, O. J. Indução de fitoalexinas em soja e sorgo por preparações de *Saccharomyces boulardii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.1, p.91-98, 2010.

STANGARLIN, J.R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M.V.; PORTZ, R. L.; SCHWANESTRADA, K.R.F.; PASCHOLATI, S.F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.10, n.1, p.18-46. 2011.

TAREEN, M. J.; ABBASI, N. A.; HAFIZ, I. A. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. 'flordaking'. **Pakistan Journal of Botany**. v.44, p.119-124. 2012.

TREVISAN, M. J.; JACOMINO, A. P.; CUNHA JUNIOR, L. C.; ALVES, R. F. Aplicação de 1 – metilciclopropeno associado ao etileno para minimizar seus efeitos na inibição do amadurecimento do mamão ' Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n. 2, p. 384-390, 2013

WATERS, D. R.; RATSEP, J.; HAVIS, N. D. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. **J. Exp. Bot.** v. 64, p.1263-1280, 2013.

WILSON, C. L.; EL-GHAOUTH, A.; CHALUTZ, E.; DROBY, S.; STEVENS, C.; LU, J. Y.; KHAN, V.; ARUL, J. Potential of induced resistance to control postharvest disease of fruits and vegetables. **Plant Disease**. v.78, p.837-84, 1994.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em estudos que envolvem avaliações de doenças em frutos, a quantificação da severidade que ocorre em decorrência do patógeno é primordial para observar a progressão da doença, essa quantificação é mais precisa quando se utilizam métodos pouco subjetivos e mais precisos, como o uso de escalas diagramáticas.

A escala diagramática desenvolvida neste trabalho proporcionou uma forma mais precisa na quantificação das lesões ocasionadas por fungos nos frutos de mamão, visto que não existem escalas diagramáticas para podridões nos frutos, ainda tornou mais eficaz as avaliações de doenças, melhorando precisão e acurácia do avaliador.

O uso de indutores de resistência para redução e controle de sintomas de doenças em vegetais vem se tornando uma alternativa essencial em meio ao constante e elevado uso de agrotóxicos. Esses indutores proporcionam pouca ou nenhuma toxicidade aos frutos e ao ambiente, em alguns casos até melhoram características pós-colheita.

Neste trabalho, a aplicação dos diferentes indutores de resistência testados indicou que os compostos Ácido salicílico e Ecolife® podem ser promissores na inibição de antracnose em frutos de mamoeiro, sendo que este último, os frutos tratados nas doses de 7,5 e 10,0% não apresentaram nenhuma lesão.

Pela eficácia da escala diagramática desenvolvida, espera-se que seu uso seja aplicado em estudos futuros relacionados a podridões nos frutos de mamão, proporcionando maior precisão nas avaliações. Pela eficácia verificada com os indutores testados, apresenta-se a possibilidade de surgir novos experimentos com outros compostos potenciais para inibição de doenças em frutos, visando a redução do uso de agrotóxicos.