



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO

ALTERNATIVAS DE CONTROLE PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM
BANANA (*Musa* spp.)

MARIA DENISE RODRIGUES DOS SANTOS

AREIA-PB

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ALTERNATIVAS DE CONTROLE PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM
BANANA (*Musa* spp.)

MARIA DENISE RODRIGUES DOS SANTOS

Sob orientação da professora

Dra Luciana Cordeiro do Nascimento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Areia-PB

2017

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

S237a Santos, Maria Denise Rodrigues dos.

Alternativa de controle pós-colheita da antracnose em banana (*Musa ssp.*) /
Maria Denise Rodrigues dos Santos. - Areia: UFPB/CCA, 2017.
90 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientadora: Luciana Cordeiro do Nascimento.

1. Banana *Musa ssp* – Antracnose 2. *Colletotrichum musae* – Óleos essenciais 3.
Frutos de bananeira – Controle pós-colheita I. Nascimento, Luciana Cordeiro do
(Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 634.773(043.3)

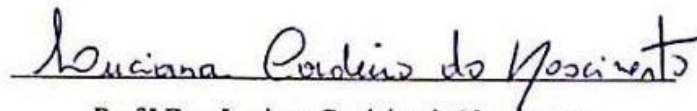
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

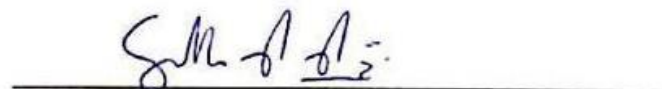
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: ALTERNATIVAS DE CONTROLE PÓS-COLHEITA
DA ANTRACNOSE EM BANANA (*Musa* spp.)**

AUTORA: MARIA DENISE RODRIGUES DOS SANTOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:


Prof.ª Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento
Orientadora- CCA/ UFPB


Prof. Dr. Guilherme Silva de Podestá
Examinador- DFCA/CCA UFPB


Prof.ª Dra. Wilza Carla Oliveira de Souza
Examinador- IF Sertão- PE

Data da realização: 21 de fevereiro de 2017.

Presidente da Comissão Examinadora
Profa. Dra Luciana Cordeiro do Nascimento

DEDICATÓRIA

A Deus.

Aos meus pais,

Maria Ilza Rodrigues e José Francisco Celestino dos Santos

Aos meus irmãos,

Silvio Rodrigues dos Santos e Maria Aparecida Rodrigues

Ao meu sobrinho,

Pedro Vinícius Cruz Rodrigues

Aos meus avós,

Cosmo dos Santos e Assis Rodrigues *in memoriam*

Ao meu companheiro de trabalho,

Breno Oliveira *in memoriam*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por mais essa conquista em minha vida. Sem fé eu nunca chegaria até aqui. À minha mãe, Ilza, que é meu porto seguro, a pessoa que mais me entende e dá forças para continuar nessa caminhada.

Ao meu pai, José Francisco, pelo apoio, carinho e confiança em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos, Aparecida e Silvio, por simplesmente serem os melhores irmãos que Deus poderia me dar.

Ao meu sobrinho e afilhado, Pedro Vinícius, pelas palavras de carinho ditas por um áudio de celular que melhoraram meus dias, e pelos sorrisos e abraços em todos os reencontros.

A Miguel, meu afilhado querido, que veio ser luz em minha vida no momento mais complicado dessa jornada.

A segunda família formada em Areia:

Antonia e Waltembergue, o casal que me proporcionou muitas risadas, e que esteve junto em todos os momentos.

Vanessa, por todas as alianças para perturbar Aline, por todo carinho e atenção, pela amizade construída e solidificada.

A Aline, uma amizade que chegou em Areia meio conturbada, mas que se reconstruiu quando percebemos que o amor de amigos é mais forte e necessário do que as falhas humanas. Obrigada pelo companheirismo, aventuras, conversas, e pelas melhores pipocas. Muitos dizem que reconhecemos os amigos quando estamos em situações difíceis, eu discordo, reconhecemos os amigos todos os dias, em cada detalhe do dia-a-dia, do ombro para chorar ao contentamento de uma piada sem graça.

Foram muitos almoços aos domingos, foi muita conversa jogada fora, foram muitos planos feitos, foram muitos aniversários juntos, foi muito bom tê-los e que Deus permita que sempre estejam. Sem vocês eu nem imagino como teria sido essa fase de minha vida.

A Graça pela acolhida calorosa e divertida durante os últimos meses de trabalho.

A minha turminha da graduação, Samara, Geane, Karol, Jullyanna e Edna que apesar da distância nunca deixaram de estar presente. Obrigada pelos reencontros, pelas gargalhadas, pela linda amizade, que com fé em Deus será eterna.

A minha amiga querida, Josyelem, que começou essa jornada comigo, e me ensinou muita coisa durante o tempo que moramos juntas, obrigada pelo apoio e confiança. Eu lembro de

todos os chocolates e cuscuz que comemos juntas, da dieta infalível que falimos. Lembro de seus conselhos, mesmo daquele que eu não segui. Não pense que eu não te ouvi, mas você sabe, algumas vezes a gente precisa cair para aprender a andar. Eu te guardo aqui no meu coração.

A minha orientadora Luciana Cordeiro, por ter me mostrado em um dos momentos mais tristes de minha vida, que mesmo quando a dor é tão difícil que parece impossível suportar, tudo sempre vai melhorar e que a maturidade e fortaleza são consequências desses momentos. Pela atenção, preocupação, cuidado e todo conhecimento a mim repassado. Serei para sempre muito grata.

A Leonardo Dantas, o atrasado de minha primeira reunião do LAFIT, já me identifiquei e gostei de primeira. Um ser humano de alma incrível e coração generoso. Obrigada pelos dias de trabalho e conversas, por me ouvir quando eu mais precisava, pelas caronas, pela confiança. A minha piada é sempre a deixa para sua e vice-versa, desse modo não perdemos a piada e nem nos perdemos. Bob esponja já dizia, nada vale mais que uma amizade idiota.

A Kércio Estevam, meu irmão paraibano, sonhador e querido. A pessoa que no início de tudo parecia a menos provável a ter uma amizade tão especial como temos hoje. Obrigada pela confiança, pela ajuda, por ter ficado do meu lado no momento que me sentia sozinha.

A Mirelly, Hilda, Edcarlos e Dona Francisca pela ajuda e disposição na execução desse trabalho.

A Breno, por toda a ajuda, por sempre ter me orientado quando necessário (*in memoriam*).

A todos os membros do LAFIT, que de alguma forma fizeram diferença em minha vida.

A Dorinha e seu João, o casal que me acolheu como filha em uma terra que para mim era totalmente desconhecida.

Ao professor Walter Pereira por toda a assistência e paciência na fase da elaboração da estatística desse trabalho.

A turma 2015.1 que apesar da convivência ter sido curta fez parte dessa jornada, em especial Assys, Janailma, e Claudiana que são muito importantes para mim.

Aos membros dos Laboratórios de Pós-colheita, de Avaliação de Produtos de Origem Animal (LAPOA) e de Química, pela assistência na execução de parte desse trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de estudos a mim concedida.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realizar um sonho.

A Romildo pela ajuda na aquisição dos frutos.

A Guilherme Podestá e Wilza Souza pela disponibilidade para compor a banca examinadora e pelas contribuições dadas para melhoria desse trabalho.

Quando te disserem com desdém que você jamais conseguirá realizar seus sonhos, apenas abra o seu melhor sorriso e diga que sem dúvida, não se pode prever o futuro, mas seu maior trunfo é acreditar e fazer tudo com amor e fé.

Gustavo Lacombe

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS (CAPITULO II).....	xi
LISTA DE FIGURAS (CAPITULO II).....	xii
LISTA DE FIGURAS (CAPITULO III)	xiii
CAPÍTULO I.....	xiv
ALTERNATIVAS DE CONTROLE PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM BANANA (<i>Musa spp.</i>).....	xiv
RESUMO	xv
1.INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVO GERAL	19
2.REFERENCIAL TEÓRICO	20
Cultura da bananeira (<i>Musa spp.</i>).....	20
Antracnose da bananeira <i>Colletotrichum musae</i> (Berk.e M.A. Curtis) Arx.....	21
Métodos de controle da antracnose	22
Plantas Medicinais Com Propriedades Antimicrobianas.....	24
Cravo (<i>Caryophyllus aromaticus</i> L.)	24
Eucalipto (<i>Eucalyptus spp.</i>).....	24
Gengibre (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe).....	25
Uva (<i>Vitis vinifera</i> L.)	25
Menta (<i>Mentha Piperita</i> L.)	26
Cânfora (<i>Cinnamomum camphora</i> L.)	26
Citronela (<i>Cymbopogon ssp.</i>).....	27
Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	27
Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	27
Hortelã (<i>Mentha spicata</i> L.)	28
Quitosana	28
Enzimas ligadas à indução de resistência em plantas contra patógenos	29
Peroxidase	30
Fenilalanina amônia-liase.....	30
Polifenoxidase	31
CAPÍTULO II	43

POTENCIAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A SEVERIDADE DA ANTRACNOSE EM FRUTOS DE BANANEIRA PACOVAN E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA	43
RESUMO	44
ABSTRACT	46
1. INTRODUÇÃO	48
2. MATERIAL E MÉTODOS	50
Aplicação dos tratamentos em frutos de bananeira com óleos essenciais e quitosana.....	50
Avaliação da severidade de antracnose em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais.....	50
Avaliação da atividade enzimática dos frutos de bananeira tratados com óleos essenciais	51
Análise estatística	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
Severidade de antracnose em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais, quitosana e fungicida.....	54
Área abaixo da curva do progresso da doença	63
Atividade Enzimática de frutos tratados com óleos essenciais, quitosana e fungicida.....	65
5. CONCLUSÕES.....	68
6. REFERÊNCIAS	69
CAPÍTULO III	73
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOQUÍMICAS DE FRUTOS DE BANANEIRA TRATADOS COM ÓLEOS ESSENCIAIS	73
RESUMO	74
ABSTRACT	75
1. INTRODUÇÃO	76
2. MATERIAL E MÉTODOS	77
Aplicação dos tratamentos em frutos de bananeira com óleos essenciais e quitosana.....	77
Características físicas de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais	77
Características químicas de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais.....	78
Análise estatística	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	80

Características físicas de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais	80
5. CONCLUSÃO	87
6. REFERÊNCIAS	88
7. CONCLUSÕES GERAIS	90

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO II**

- Tabela 1.** Severidade da antracnose em (%) em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais comparados com fungicida (Tiabendazol), quitosana e água destilada esterilizada (ADE)54
- Tabela 2.** Atividade enzimática de Peroxidase, Polifenoloxidase e Fenilalanina amônia-liase (UA.min⁻¹.mg⁻¹ de proteína) em frutos de bananeira Pacovan no de dia da coleta (dia 0) e frutos tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e fungicida (Tiabendazol) durante 15 dias.....66

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Escala diagramática de severidade proposta por MORAES et al., (2008). 51
- Figura 2.** Aspectos dos frutos de bananeira tratados com óleos de gengibre, cravo e girassol. 55
- Figura 3.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de gengibre em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 56
- Figura 4.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de hortelã em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 56
- Figura 5.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de cânfora em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 57
- Figura 6.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de cravo em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 58
- Figura 7.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de eucalipto em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 59
- Figura 8.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de alecrim em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação 60
- Figura 9.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de semente de uva em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 60
- Figura 10.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de girassol em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. ... 61
- Figura 11.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de citronela em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação... 61
- Figura 12.** Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de menta em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação. 62
- Figura 13.** Eficácia de óleos essenciais na redução da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de *Colletotrichum musae* em frutos de bananeira tratados. Médias de AACPD seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 64

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO III**

- Figura 1.** Escala de maturação de frutos de bananeira segundo metodologia de von Loesecke (1950). 78
- Figura 2.** Avaliação da maturação de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias. 81
- Figura 3.** Frutos de bananeira Pacovan submetidos a tratamento com óleos essenciais, aos 12 dias de avaliação. T1 (Eucalipto) T2 (Semente de Uva) T3 (Citronela) T4 (Hortelã) T5 (Quitosana) T6 (Fungicida) T7 (água destilada esterilizada) aos 12 dias de avaliação 81
- Figura 4.** Avaliação da firmeza (N) de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias. 82
- Figura 5.** Avaliação da perda de massa de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias. 83
- Figura 6.** Avaliação de sólidos solúveis (Brix°) em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias. 84
- Figura 7.** Avaliação da acidez (% de ácido málico) em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias. 85
- Figura 8.** Avaliação do pH de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias. 86

CAPÍTULO I

ALTERNATIVAS DE CONTROLE PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM BANANA (*Musa* spp.)

SANTOS, M.D.R. **Alternativas de Controle Pós-colheita da Antracnose em Banana** (*Musa* spp.). Areia-PB, 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no Brasil, e uma das principais causas de perdas pós-colheita é a ocorrência de doenças, destacando-se a antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum musae*. Atualmente o principal método de controle é o uso de fungicidas sintéticos que em contrapartida a sua eficácia no combate ao patógeno, provoca prejuízos ao homem e ao meio ambiente. Assim o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar o potencial de óleos essenciais de menta, cânfora, gengibre, hortelã, citronela, eucalipto, girassol, alecrim, cravo e semente de uva no controle de *C. musae*, assim como determinar qualquer efeito como indutores de resistência e a qualidade pós-colheita dos frutos tratados. Para isso desenvolveram-se dois experimentos. No primeiro os frutos de bananeira da variedade Pacovan adquiridos com produtor da região do brejo paraibano foram tratados com soluções dos diferentes óleos nas concentrações 0,5%; 1,0%; 2,0% e 2,5%, quitosana (12g L⁻¹), fungicida Tiabendazol (4 mL L⁻¹) e água destilada esterilizada, em quatro repetições com três frutos por repetição. Durante onze dias, quatro dias após o tratamento dos frutos, avaliou-se a severidade com ajuda de uma escala diagramática e com as notas da severidade foi calculada a área abaixo da curva de progresso (AACPD) e a porcentagem de proteção. No último dia de avaliação foi feita a coleta de tecido dos frutos para determinação da atividade das enzimas fenilalanina amônia-liase (FAL), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO). No segundo experimento avaliaram-se as características físicas e químicas dos frutos tratados com óleos essenciais de hortelã, eucalipto, semente de uva e citronela na concentração de 2%, quitosana, fungicida e água destilada esterilizada com quatro repetições contendo três frutos cada repetição e as avaliações foram feitas em quatro períodos com intervalos de três dias. As análises pós-colheita foram realizadas, avaliando a perda de massa, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e potencial hidrogeniônico (pH). Os óleos de semente de uva, citronela, hortelã e eucalipto se destacaram na redução da severidade da doença, bem como na atividade das enzimas estudadas e mantiveram a boa qualidade do fruto.

Palavras-chave: *Colletotrichum musae*; óleos essenciais; fungicida natural.

SANTOS, M.D.R. **Alternativa de Controle Pós-colheita da Antracnose em Banana** (*Musa* spp.) **com Óleos Essenciais** Areia-PB, 2017. 90f. Dissertation (Master's in Agronomy). Graduate Program in Agronomy. Area of concentration: Tropical Agriculture. Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

The banana (*Musa* spp.) is one of the most consumed fruits in Brazil, and one of the main causes of postharvest losses is the occurrence of diseases, highlighting anthracnose caused by *Colletotrichum musae* fungus. Currently the main method of control is the use of synthetic fungicides that in contrast to its effectiveness in combating pathogen, causes losses to man and environment. Thus, the present work was developed with the objective of determining the potential of essential oil from mentha, camphor, ginger, spearmint, citronella, eucalyptus, sunflower, rosemary, clove and grape seeds in control of *C. musae*, as well as determine any effect as inducers of resistance and quality of postharvest of the fruits treated. For that, it was developed two experiments. In the first one, the fruits of Pacovan variety acquired from producers in the region of brejo paraibano were treated with solutions from different oils in concentrations 0,5%; 1,0%; 2,0% e 2,5%. Chitosan (12g L^{-1}), Tiabendazole fungicide (4 mL L^{-1}) and distilled water were used as control treatment. Each treatment was compound for four repetitions with three fruits per repetition. During eleven days, four days after the fruits treatment, it was evaluated the severity using a diagrammatic scale and with the grades of severity was calculated the area bellow the progress curve (AACPD) and the protection percentage. In the last day of evaluation was done the collect of tissues from the treated fruits with oils in concentration 2% to determination of enzyme activity of phenylalanine ammonia lyase (PAL), peroxidase (POD) and polyphenoloxidase (PPO). In the second experiment was evaluated the physical and chemical characteristics of the treated fruits with essential oils of spearmint, eucalyptus, grape seed and citronella in concentration of 2% and chitosan, fungicide and distilled water sterilized as controls. The experiment was compound for four repetitions per treatment, contain three fruits per repetition. The evaluations were realized in four periods with ranges of three days. The postharvest analyses evaluated were: lose of mass, total soluble solids (SST) titratable acidity (AT), colour, firmness (N) and potential of hydrogen (pH). The grape, citronella, mint and eucalyptus oils were distinguished in reducing the severity of the disease, as well as in the activity of the enzymes studied and maintained the good quality of the fruit.

Key-words: *Colletotrichum musae*; Essential oils; Natural fungicides.

1. INTRODUÇÃO

A bananicultura é cultivada na maioria dos estados brasileiros uma vez que as condições de clima favorecem que a produção seja distribuída durante todo o ano, atendendo, de forma regular, às necessidades de consumo (VIEIRA, 2015). No Brasil existem várias doenças fúngicas que afetam a bananeira. Entre as doenças pós-colheita, a principal e mais importante é a antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum musae* (Berk e Curtis), responsável por grandes prejuízos à cultura (COELHO et al., 2010). A antracnose em banana é um problema importante tanto em pré-colheita, porque parte da infecção ocorre em frutos verdes no campo, permanecendo quiescente até o início da maturação, como em pós-colheita, pois a infecção quiescente vai se manifestar durante o período de transporte e maturação dos frutos (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005).

Atualmente o uso de produtos químicos tem gerado grande sucesso no controle de várias doenças, mas o seu uso em grande escala tem ajudado na seleção de patógenos resistentes (SANTOS et al., 2016), além de provocar a contaminação do ambiente, de trabalhadores e consumidores, levando ao aumento do valor da produção, e outros fatores (TOMAZONI et al., 2013). A necessidade de minimizar os impactos causados por agrotóxicos, associada a procura crescente por produtos orgânicos, tem favorecido o desenvolvimento de estudos com substâncias alternativas que possam substituir os produtos químicos usados no controle desses microrganismos (BARBOSA, 2015).

Os óleos essenciais são produtos naturais derivados de plantas medicinais, que possuem potencial no controle de doenças em plantas, pois possuem características antifúngicas, antibacterianas e inseticidas (TOMAZONI et al., 2013), visto que possuem compostos secundários com essas possíveis ações, além de elicitoras de mecanismos de defesa vegetal (STANGARLIN et al., 2011) e ainda são pouco tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano sendo assim uma opção viável no controle alternativo de patógenos que acometem as plantas (STANGARLIN, 2007).

Outro componente com mecanismo de ação contra patógenos é a quitosana, um polissacarídeo obtido pela desacetilação parcial da quitina e seus derivados, têm sido também indicados como antimicrobiano natural com atividade satisfatória na inibição de uma série de patógenos de ocorrência pós-colheita (YU et al., 2007, SATTOLO et al., 2010). A atividade antifúngica da quitosana é bem documentada na literatura sendo o modelo mais aceito o relacionado à natureza policatiônica que estabelece interação com sítios aniônicos presentes nas

paredes celulares dos microrganismos. (MENDES et al., 2016). A atividade da quitosana e de seus derivados como agente antimicrobiano contra diferentes grupos de microrganismos tem sido alvo de diversas pesquisas (BENHABILES et al., 2012). A atividade antifúngica da quitosana é uma interessante alternativa à utilização de agroquímicos para o controle de doenças (COTA-ARRIOLA et al., 2011).

2. OBJETIVO GERAL

Determinar o potencial *in vivo* de óleos essenciais sobre a severidade da antracnose, a produção de enzimas ligadas à indução de resistência e a qualidade pós-colheita dos frutos de bananeira Pacovan.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Cultura da bananeira (*Musa spp.*)

A banana é uma fruta de origem asiática, encontrada em todas as regiões tropicais, tornando-se uma das culturas mais relevantes do mundo, sendo, em termos de valor bruto da produção, o quarto produto alimentar mais importante após o arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp.*) e milho (*Zea mays* L.) (DIEDHIU et al., 2014). No Brasil, a bananicultura possui uma grande importância socioeconômica principalmente no Nordeste, sendo geralmente explorada por pequenos agricultores, predominando a mão-de-obra familiar (MEDEIROS, 2012).

A safra nacional em 2016 apresentou uma área colhida de 470.635 mil hectares, quantidade de 6.955.383 toneladas e rendimento médio de 14.779 kg/ha. Em comparação com os resultados da safra anterior, houve um decréscimo de 1,13% na área colhida, 1,59% de acréscimo na produção e de 2,8 % no rendimento médio. O Nordeste aparece como o maior produtor do fruto, destacando o estado da Bahia com 1.125.000 toneladas. A Paraíba aparece na 5ª posição com produção de 133.171 toneladas. De acordo com os dados do IBGE (2015) os principais municípios produtores de banana na Paraíba são: Alagoa nova, Bananeiras, Borborema e Areia, com uma produção de 37.200, 22.400, 10.500, e 9.600 toneladas respectivamente. No ranking nacional São Paulo é o segundo maior produtor, seguido por Minas Gerais (IBGE/LSPA, 2016).

Esse fruto constitui parte integrante da alimentação de populações de baixa renda, pelo seu alto valor nutritivo, visto que, quando se encontra no ponto de maturação adequado para o consumo, a banana é basicamente constituída de água (70%), proteína (1,2%); carboidrato rico em fósforo (27%), cálcio, ferro, cobre, zinco, iodo, manganês, cobalto, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina e vitamina C (LIMA, 2000), além do baixo custo quando comparada com outras frutas, tendo o preço da caixa variando de R\$11,22 a R\$ 42,00 dependendo da cultivar e do estado (AGROLINK, 2017).

A cultivar Pacovan foi originada de uma mutação da Prata e destaca-se por sua rusticidade e produtividade, apresentando frutos 40% maiores que os da banana Prata, um pouco mais ácidos e com quininas que permanecem mesmo depois da maturação. As principais características dessa cultivar são: grupo genômico AAB, de porte alto (atingindo de 6 a 8m de altura), apresentando ciclo vegetativo de 350 dias, peso médio de cacho de 16kg, número de pencas por cacho de 7,5, rendimento médio de 40 ton/ha em plantio em áreas irrigadas,

susceptível às sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) e amarela (*Mycosphaerella musicola* R. Leach), mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) e moko (*Ralstonia solanacearum*), medianamente resistente à broca do rizoma e resistente à nematoides (EMBRAPA, 2012).

Antracnose da bananeira *Colletotrichum musae* (Berk. e M.A. Curtis) Arx

Durante o armazenamento, frutos de bananeira podem desenvolver doenças pós-colheita que muitas vezes afetam a qualidade do fruto. Mundialmente, 37% das perdas de alimentos são atribuídas a problemas de armazenamento e transporte. Nas espécies de *Colletotrichum* são encontradas formas saprofíticas e patogênicas, sendo estas últimas, responsáveis por doenças economicamente importantes, comumente denominadas de antracnoses, que ocorrem em extensa gama de hospedeiros. As plantas estão sujeitas a essa doença em todas as fases de desenvolvimento. A antracnose da bananeira, causada pelo fungo *Colletotrichum musae* (Berk e M.A. Curtis) Arx é uma das doenças mais sérias dessa cultura (IDRIS, 2015).

Esses prejuízos estão mais evidenciados na pós-colheita devido à forma como o patógeno infecta, permanecendo no fruto em estado de latência até que se obtenha condições favoráveis ao seu desenvolvimento (ANDRADE; VIEIRA, 2016). Na pré-colheita, o fruto é infectado pelo patógeno que permanece quiescente até o início da maturação (GOOS; TSCHIRSCH, 1962), provavelmente em decorrência do tanino presente nos frutos verdes (CORDEIRO; KIMATI, 1997) tornando-o adstringente. No período pós-colheita, quando os frutos se encontram em fase de maturação, as infecções quiescentes se manifestam juntamente com infecções secundárias, chamadas de infecções não quiescentes (PLOETZ et al., 2003).

Os esporos de fungos da espécie *Colletotrichum* spp. são disseminados pela água de chuva ou irrigação para frutos imaturos, nos quais germinam em poucas horas e formam conídios, dos conídios surgem hifas de infecção, que, por força mecânica e ação da cutinase, penetram na cutícula e nas células da epiderme. O crescimento posterior do patógeno pode ser contido pela resistência dos tecidos imaturos do hospedeiro. Entretanto, a maioria dos conídios não germina imediatamente, mas permanece aderida ao hospedeiro, funcionando como a forma quiescente do patógeno (ZAMBOLIM et al., 2002).

O mecanismo quiescente de fungos em frutos pode variar conforme a combinação patógeno-hospedeiro. A quiescência do fungo pode ocorrer na germinação do esporo, no alongamento do tubo germinativo, na formação de apressório e na penetração ou subsequente penetração. Tal mecanismo mantém o nível baixo de metabolismo, entretanto pode ativar

fatores de patogenicidade que resultam em parasitismo ativo nos tecidos do hospedeiro (BATISTA; BARBOSA, 2010).

A antracnose da bananeira ocorre em todos os países produtores desse fruto. Existem registros de incidência na África do Sul, Austrália, Barbados, Brunei, Cuba, Estados Unidos, Haiti, Ilhas Virgens, Índia, Malawi, Papua-Nova Guiné, Porto Rico e Venezuela. No Brasil, existem registros apenas no Distrito Federal, Fernando de Noronha, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo, mas acredita-se que, pelo caráter cosmopolita desse patógeno, encontre-se em todas as áreas produtoras de banana do país (AGROFIT, 2016).

Com o processo de colonização do patógeno, nos tecidos da planta afetada, surgem os sintomas de antracnose, visíveis em folhas, inflorescências e frutos, sendo a doença mais severa em regiões tropicais e subtropicais. A doença caracteriza-se pela formação de lesões escuras e deprimidas sobre as quais, em condições de alta umidade, aparecem frutificações rosadas no fungo. Com o progresso da doença, as lesões aumentam de tamanho, podendo coalescer. Geralmente, a polpa não é afetada, exceto em condições de alta temperatura ou quando o ponto de maturação é ultrapassado (KIMATI et al., 2005).

Métodos de controle da antracnose

O controle da antracnose em bananeira deve iniciar ainda no campo, com boas práticas culturais. Na fase de colheita e pós-colheita todos os cuidados devem ser tomados no sentido de evitar ferimentos nos frutos, que são a principal via de penetração do patógeno, além de cobertura do cacho com saco de polietileno perfurado, preferencialmente antes da abertura das pencas; limpeza e desinfestação dos tanques de despencamento e renovação periódica da água dos tanques (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005).

Os fatores ambientais estão envolvidos diretamente na incidência e severidade da doença, uma vez que influenciam nas várias fases do ciclo de vida do patógeno e também no desenvolvimento do hospedeiro, sendo importante para a infecção fitopatogênica (MAFIA et al., 2011). Os modernos sistemas de embalagens e transportes em condições refrigeradas contribuem decisivamente para a redução dos problemas com *C. musae* (CORDEIRO, MATOS; KIMATI, 2005).

O controle biológico também é uma estratégia no manejo fitossanitário, a qual tem como finalidade reduzir as perdas em pós-colheita da banana (CARRÉ et al., 2006). Dentre os estudos realizados para o controle biológico de doenças, as leveduras, em especial o gênero *Saccharomyces*, têm sido utilizadas no controle de doenças de diversas espécies de plantas e

atuam por diferentes mecanismos (PICCININ et al., 2005; MÜLLER, 2011; MELLO et al., 2011; ANTONIOLLI et al., 2011).

Mas o uso de fungicidas ainda tem sido o mais utilizado em todas as regiões produtoras, aplicados principalmente de forma preventiva em pulverizações. O Tiabendazol e Imazalil são os únicos produtos químicos liberados para uso nesta cultura em pós-colheita. Durante o beneficiamento, os frutos devem ser lavados em água clorada. O tratamento com fungicidas protetores controla eficientemente a doença (AGROFIT, 2016).

No entanto os defensivos químicos, apesar de possuírem uma boa eficiência quando são utilizados de forma correta, trazem alguns malefícios, não somente ao meio ambiente e seu ciclo natural, como também a saúde humana, devido aos resíduos que permanecem nos frutos, além da resistência gerada no microrganismo ao fungicida utilizado (BARBOSA et al., 2015)

Diante disso o controle alternativo vem ganhando destaque nas pesquisas relacionadas ao tratamento de doenças de plantas, e os óleos essenciais apresentam atributos importantes para tais pesquisas uma vez que são originários do metabolismo das plantas, possuem uma complexa composição química, são considerados fontes de substâncias biologicamente ativas, principalmente contra microrganismos (OLIVEIRA et al., 2011; DORNELLES et al., 2012), podem conter compostos que os fungos não conseguem inativar, são menos agressivos ao meio ambiente, podem sofrer biodegradação e possuem múltiplos modos de ação, o que amplia sua atuação ao mesmo tempo em que age de maneira seletiva (FERRAZ; FREITAS, 2004).

A biossíntese desses metabólitos é realizada por rotas metabólicas específicas do organismo. A relação dessas rotas com a síntese dos metabólitos primários é estreita, visto que esta síntese fornece moléculas precursoras para as principais rotas de produção dos compostos secundários (CASTRO et al., 2004).

Alguns autores discutem que a atividade antifúngica dos óleos essenciais testados advém, provavelmente, do resultado da penetração de quitina na parede das hifas, prejudicando a lipoproteína da membrana citoplasmática, levando a este extravasamento do citoplasma, bem como ao esvaziamento e murchamento das hifas, e presença de filamentos (ZAMBONELLI et al., 1996; CACCIONI; GUIZZARDI, 1994; SANTOS et al., 2013).

Outro produto natural que está sendo vastamente usado em testes de controle alternativo é a quitosana, um polímero policatiônico natural, não tóxico e biocompatível, que pode ser obtido quimicamente por meio da desacetilação da quitina ou por meio de processos microbiológicos, nos quais microrganismos que contenham quitina e quitosana em suas estruturas celulares são cultivados em larga escala como fonte alternativa para a obtenção desses polímeros (AL-HETAR et al., 2011).

Plantas Medicinais Com Propriedades Antimicrobianas

Cravo (*Caryophyllus aromaticus* L.)

O óleo essencial de cravo pertencente à família Myrtaceae está presente na planta em grande quantidade, entre 15 e 25% e é utilizado na culinária, nas indústrias de alimento e também na medicina. O principal constituinte deste óleo é o ácido cinâmico (70 a 80%) e eugenol (4 a 7%) (MATAN et al., 2006).

A literatura apresenta algumas publicações atribuindo atividade biológica ao óleo de cravo-da-índia, tais como antimicrobiana (NUNEZ et al., 2001; VELLUTI et al., 2004; VIUDA-MARTOS et al., 2007) e antioxidante (BAMDAD et al., 2006; JIROVETZ et al., 2007).

Costa et al. (2011) avaliando o efeito do óleo essencial de cravo-da-índia (*Caryophyllus aromaticus*) sobre as hifas de *Rhizoctonia solani*, observaram diferentes alterações morfológicas, tais como a presença de vacúolos, desorganização dos conteúdos celulares, diminuição na nitidez da parede celular, intensa fragmentação e menor turgência das hifas.

Eucalipto (*Eucalyptus* spp.)

O gênero *Eucalyptus* spp. pertence à família das Myrtaceae, composto de mais de 700 espécies catalogadas e encontradas em diversas partes do mundo. O *Eucalyptus* spp. é uma árvore nativa da Austrália, Nova Guiné, Indonésia e Timor Leste. Os primeiros plantios experimentais foram na Europa, mais especificamente, na Espanha e Portugal em 1854 e as primeiras plantações em escala comercial foram na Índia em 1856, no Chile em 1823 e no Brasil em 1903 (VIANA, 2005).

O eucalipto possui na sua composição química compostos secundários como o eucaliptol, este é constituinte do óleo essencial das folhas de várias espécies de *Eucalyptus* spp. O entendimento das propriedades antimicrobianas e/ou elicitoras dos compostos secundários presentes nessa planta medicinal podem contribuir para a aquisição de novas técnicas de controle de doenças de plantas. (PRATES et al., 1998).

O óleo de eucalipto na concentração de 1500 ppm foi eficiente em diminuir o tamanho da lesão nos frutos de manga Palmer causada pela inoculação do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, diferindo significativamente do controle aos 18 dias de armazenamento (GUIMARÃES, 2016).

Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe)

O gengibre, planta da família Zingiberaceae é originária da Ásia tropical, é rizomatosa perene, possui raízes adventícias e folhas dísticas, sendo as basilares reduzidas, brácteas florais obovadas, cada um envolvendo uma flor só e rizomas de sabor picante. Multiplica-se apenas por rizomas e é cultivado no Brasil com propósito medicinal e ocasionalmente como ornamental. Na composição química destaca-se o óleo essencial, curcuminas e seus derivados, resina, amido, substâncias terpenoides e sais minerais, além de uma substância denominada metoxicinamato de etila, com forte poder fungicida (LORENZI; MATOS, 2002).

Asgar et al. (2016), avaliaram a eficácia do óleo de gengibre (2,0%) e extrato (1,5%) combinado com a goma arábica (10,0%) no controle da antracnose e na qualidade de frutos de mamão durante o armazenamento refrigerado. Os autores observaram que o óleo de gengibre combinado com a goma arábica inibiu a germinação dos conídios de *C. gloeosporioides* (93%), e afirmam que estes resultados demonstraram a eficácia deste biofungicida para o controle da antracnose na pós-colheita do mamão.

Uva (*Vitis vinifera* L.)

As uvas da família das Vitaceae estão entre as frutas mais nutritivas consumidas pela humanidade, sendo aproveitada, principalmente, a polpa. Essas são consumidas *in natura* ou utilizadas como matéria-prima na fabricação de vinhos, sucos, geleias e passas. Seus rejeitos podem ser processados e reutilizados por outras indústrias, como a alimentícia, a cosmética, a farmacêutica e a de tintas. Como subprodutos podem ser extraídos o óleo, taninos e antocianinas (SOVRANI; PEROSA; NOGUEIRA, 2015).

Na indústria alimentícia, embora o objetivo da produção seja obter um produto final, há sempre geração de resíduos. Estes geram subprodutos, que requerem tempo e investimento para a sua gestão (VERONEZI; JORGE, 2010). A busca por fontes alternativas para suprir a demanda por óleos vegetais tem revelado que a fração lipídica obtida a partir de co-produtos da agroindústria contém um teor importante de ácidos graxos poli-insaturados (SILVA et al., 2013). As sementes são compostas, principalmente, por proantocianidinas, responsáveis pela sua adstringência, catequinas e epicatequinas e, em menores quantidades, pelo ácido gálico e resveratrol (IACOPINI et al., 2008).

O óleo das sementes de uva também vem sendo testado na agricultura. Sousa et al. (2012) avaliando o efeito desse óleo sobre o desenvolvimento do *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) apresentaram grande inibição do

crescimento do fungo em pós-colheita, e ainda mantiveram suas características fisiológicas como textura e coloração inalteradas, mesmo doze dias após a inoculação do fungo.

Menta (*Mentha Piperita* L.)

Mentha piperita L. é um híbrido natural entre a *M. aquatica* e a *M. spicata*, pertencente à família Lamiaceae, e tem sido considerada como uma das espécies mais exploradas por produzir compostos terpênicos. Trata-se de uma erva aromática de haste ramosa e quadrangular, verde ou roxo-purpúrea, juntamente com os ramos, e é cultivada em larga escala em regiões temperadas e tropical para a produção do seu óleo essencial. No Brasil, seu cultivo é difundido em todas as regiões (SOUZA, 2006).

O principal produto da menta é o seu óleo essencial, não tóxico a humanos (FREIRE, 2006) e tem sido relatado por possuir atividade antibacteriana, antiviral e antifúngica, sendo esta atividade associada principalmente aos compostos majoritários mentol, mentona, acetato de metila, iso-mentona (SINGH et al., 2011).

Embora seja planta nativa da região do Mediterrâneo, a hortelã pimenta (*Mentha piperita* L.- Lamiaceae) é cultivada em todos os lugares do mundo e utilizada na culinária, nas indústrias de alimentos e perfumes, na agricultura e na medicina. O óleo essencial é um dos mais produzidos e consumidos (ISCAN et al., 2002), composto por mentofurano, mentol, acetato de metila, mentona, 1,8 cineol, pulegona, α -limoneno, β -pineno, isomentol, α -pineo e mirceno (DAVID et al., 2006).

Lorenzetti et al. (2012) determinou o efeito do óleo essencial de menta, sobre a germinação de esporos do fungo *Puccinia nakanishikii*, obtendo resultados satisfatórios.

Cânfora (*Cinnamomum camphora* L.)

Cinnamomum camphora é uma planta amplamente distribuída ao longo das margens do rio Yangtze no China. Pertence ao subtropical evergreen broad-leaved, as árvores, e seu fruto contém uma abundância de peonidina, vastamente usado como corante (WANG et al., 2016).

O potencial biológico do óleo essencial de cânfora foi investigado contra *Choanephora cucurbitarum*, um patógeno causador da podridão húmida Withania. A atividade foi avaliada contra o crescimento fúngico e alterações morfológicas nas hifas de *C. cucurbitarum*, após 18, 21 e 24 h de tratamentos. Foi observada uma inibição significativa do crescimento em *C. cucurbitarum*. A inibição do crescimento fúngico pelo óleo essencial foi devida à coagulação do citoplasma e à lise de hifas de *C. cucurbitarum* (PRAGADHEESH, et al., 2013).

Citronela (*Cymbopogon* ssp.)

O capim citronela é da Família Poaceae e seu óleo essencial é rico em aldeído citronelal, aproximadamente 40%, além de geraniol, citronelol e ésteres. O citronelol é um excelente aromatizante de ambientes e repelentes de insetos além de apresentar ação antimicrobiana local e acaricida (MATOS, 2000).

Em estudos realizados por Veloso et al. (2012) verificou-se que o óleo essencial do capim citronela apresentou efeito de inibição sobre os fungos fitopatogênicos *Amphobotrys ricini*, *Didymella bryoniae* e *Colletotrichum gloeosporioides*.

Girassol (*Helianthus annuus* L.)

A versatilidade de uso das sementes de girassol resulta em um gradual aumento de interesse por esta cultura. A demanda brasileira por óleo de girassol, estimada em 35 a 45 toneladas, aumenta 13% por ano. Este aumento deve-se provavelmente ao fato de, em relação a outras culturas, a produção do girassol apresentar grandes vantagens, como: alta capacidade de adaptação a variações de latitude, longitude e fotoperíodo, alta resistência à seca, insetos e doenças, além de gerar uma melhora nas condições do solo para culturas seguintes (EMBRAPA, 2010).

Na agricultura o óleo de girassol vem sendo estudado na pós-colheita associado a revestimentos com intuito de aumentar a vida útil dos frutos e manter a qualidade. Vieira et al. (2009) avaliaram o uso de revestimento comestível com óleo de girassol para a manutenção da qualidade da manga Tommy Atkins em condições ambiente. Os frutos foram submetidos à imersão durante um minuto em suspensões à base de fécula de mandioca, contendo óleo de girassol a 0,05%. Observou-se que os revestimentos com óleo de girassol contribuem para a manutenção da qualidade das mangas sem prejudicar os atributos de qualidade, reduzindo a perda de massa e retardando a evolução da coloração externa. As pesquisas com esse óleo relacionadas ao controle de fitopatógenos ainda são poucas.

Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.)

A espécie *Rosmarinus officinalis* L., conhecida popularmente como alecrim, é originária da Região Mediterrânea, pertencendo à família das Lamiaceae é cultivada em quase todos os países de clima temperado de Portugal à Austrália. A planta possui porte subarborescente lenhoso, ereto e pouco ramificado de até 1,5 m de altura. Folhas são lineares, coriáceas e muito aromáticas, medindo 1,5 a 4 cm de comprimento por 1 a 3 mm de espessura. Flores azulado-claras, pequenas e de aromas forte e muito agradável (LORENZI; MATOS, 2006).

Os principais constituintes são o alcanfor, 1-8 cineol, alfa- pineno, borneol e canfeno em proporções variáveis dependendo da origem e do estado vegetativo (BRUNETON, 2001).

Na literatura encontra-se relatos de algumas atividades do *R. officinalis*, como efeito antimicrobiano, antibacteriano, antifúngico, antimicobacteriano, anti-inflamatório, antitumoral, antioxidante, antimutagênico, neuroprotetivo, cardioprotetor, modulador de estresse oxidativo e DNA-protetivo (OLIVEIRA, 2016). O óleo essencial de alecrim foi capaz de reduzir a severidade da mancha da folha e do míldio da videira (*Vitis labrusca*) (MAIA et al., 2014).

Hortelã (*Mentha spicata* L.)

A hortelã originária da Europa especificamente da Europa central pertencente à família das Lamiaceae, atualmente cultivada nos Estados Unidos e Canadá. É uma espécie bem adaptada ao clima subtropical do Brasil. Ela possui propriedades antifúngica, antiviral, antimicrobiana, inseticida, antioxidante, entre outras. O principal constituinte do óleo essencial é a Carvona (CHOUDHURY et al., 2006).

O óleo de *Mentha spicata* foi usado no controle de *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e em frutos de *Capsicum* sp. (pimenta) em pós colheita, indicado nos resultados seu potencial no controle de fitopatógenos (SOUSA et al., 2012).

Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo (biopolímero) composto de D- glucosamina, derivada da desacetilação da quitina, um produto encontrado no exoesqueleto de crustáceos (camarão, lagosta, caranguejo), em insetos e na parede celular de fungos. É considerada, após a celulose, como o composto orgânico mais importante da natureza (SILVA et al., 2006; DIAS et al., 2013; YOUNES; RINAUDO, 2015).

Por ser um produto natural, renovável, abundante e atóxico, a quitosana tem sido proposta como um material potencialmente atraente para usos diversos, como na área alimentícia, biotecnologia, ciência dos materiais, tratamento de água, drogas e produtos farmacêuticos, agricultura, proteção ambiental e terapia genética (AZEVEDO et al., 2007), incluindo a propriedade de não ter quase nenhuma toxicidade ao homem (RAMOS et al., 2011).

Na agricultura, seu emprego está tomando importância pela sua atividade antimicrobiana sobre uma grande variedade de fitopatógenos (DEVLIEGHIERE et al., 2004), tais como: *Elsinoe ampelina* (De Bary) Shear, agente causal da antracnose da videira (MAIA et al., 2010); *Alternaria padwickii* e *Bipolaris orizae*, causadores da mancha de alternaria e mancha parda do arroz (RIVERO GONZÁLES et al., 2009); *Rhizoctonia solani* Kuhn um

parasita primitivo e não especializado, capaz de causar podridões de sementes e tombamentos de pré e pós-emergência em várias culturas (RIVERO GONZÁLES et al., 2009).

O mecanismo de ação da quitosana contra fungos envolve a interação do biopolissacarídeo com a parede celular do microrganismo interferindo diretamente em seu crescimento. Além disso, estudos relatam que oligômeros de quitosana se difundem dentro das hifas fúngicas interferindo na atividade das enzimas responsáveis pelo crescimento do fungo (GOY et al., 2009).

De acordo com Negreiros et al. (2013), em seu experimento usando quitosana como controle alternativo da antracnose em bananas ‘prata’, aos 18 dias após os tratamentos o produto reduziu a severidade da doença em 50,89% em relação a testemunha.

A quitosana pode atuar de três formas distintas na proteção das plantas: inibindo o crescimento dos fungos, principalmente se estes possuírem quitina como constituinte principal da parede; induzindo a produção da enzima quitinase; e elicitando a produção de fitoalexinas pela planta (DEVLIÉGHÈRE et al., 2004). Diante de todas as suas características, a quitosana se torna uma alternativa promissora no tratamento de doenças em plantas, tanto nas sementes, como nos frutos ou na própria planta (MAIA et al., 2012).

Enzimas ligadas à indução de resistência em plantas contra patógenos

As plantas, em geral, respondem a estresses abióticos ou bióticos por mecanismos de defesa pré-formados ou pós-formados, em sucessivos eventos e sinais, desde o reconhecimento do agressor até a ativação das barreiras físicas e químicas de defesa. A resistência das plantas a doenças envolve a ativação de mecanismos latentes, frente a indutores externos, sem qualquer alteração no genoma da planta (BAYSAL et al., 2003).

Os fitopatógenos quando atacam as plantas fazem com que estas respondam de forma rápida com uma “explosão oxidativa”, que consiste na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), principalmente ânion superóxido (O_2^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (HU et al., 2009). O acúmulo destas substâncias nas células vegetais pode ser tóxico para ambos (planta e agentes estressores). O H_2O_2 é a principal espécie reativa de oxigênio que aciona moléculas para a indução de genes de defesa e a polimerização de proteínas que compõe a parede celular, além de estimular a produção de enzimas antioxidativas ou de limpeza (ŁUKASIK et al., 2012). Entre essas enzimas, estão as peroxidases, a fenilalanina amônia-liase e polifenoloxidasas.

Peroxidase

A peroxidase (POX) (EC 1.11.1.9) é uma classe de enzimas presente em tecidos de animais, plantas e microrganismos, que cataliza a oxidoredução entre H_2O_2 e vários redutores, participa de uma ampla variedade de processos fisiológicos nas plantas, tais como a lignificação, suberização, formação e reticulação de componentes da parede celular, catabolismo de auxinas, senescência, proteção contra ataques de patógenos, insetos e estressores abióticos (NASCIMENTO; BARRIGOSI, 2014).

Ela é dividida em três superfamílias, baseada na sua estrutura e propriedades catalíticas. Esta enzima é relativamente estável em alta temperatura e atualmente vem sendo usada como um modelo em estudos de estrutura protéica, reações e funções enzimáticas e tem sido relacionada em uma infinidade de processos de desenvolvimento de defesa da planta em respostas a estresses bióticos e abióticos (HIRAGA et al., 2001; ALMAGRO et al., 2009; GULSEN et al., 2010; WAR et al., 2012).

Esta enzima é codificada por uma larga família de multigenes em plantas. Mais de 100 etiquetas de sequências expressas ou ESTs (Expressed Sequence Tags) codificando diferentes isoenzimas de POX foram encontradas em plantas de *Arabidopsis thaliana* (ØSTERGAARD et al., 2000). A atividade de peroxidase e/ou expressão de genes tem sido demonstrado que pode ser induzida por diferentes tipos de patógenos, incluindo fungos, bactérias e vírus (HIRAGA et al., 2000; SASAKI et al., 2004; LAVANIA et al., 2006; BABU et al., 2008; WANG et al., 2013).

Fenilalanina amônia-liase

A fenilalanina amônia-liase (FAL) (E.C. 4.3.1.5) é a enzima do metabolismo secundário mais intensivamente estudada em plantas, devido à importância nas reações do metabolismo dos compostos fenólicos e estabilidade e facilidade de preparação para os ensaios enzimáticos. Essa enzima é responsável pela desaminação da L-fenilalanina, transformando-a em ácido trans-cinâmico e amônia. O ácido trans-cinâmico pode ser incorporado em muitos diferentes compostos fenólicos (ácido 4-coumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico e ácido sinápico), os quais estão presentes na formação de ésteres, coumarinas, flavonóides e ligninas. A FAL já foi isolada de algas, fungos e principalmente de plantas superiores, não tendo sido ainda detectada em células bacterianas ou tecidos animais (SCHWAN-ESTRADA et al., 2008).

A fenilalanina amônia-liase é uma das principais enzimas que atuam na formação dos precursores de lignina, a qual atua na resposta de defesa das plantas por reforçar as paredes celulares contra invasão dos patógenos (RAES et al, 2003).

A FAL tem como substrato o aminoácido fenilalanina. Esta é uma enzima chave para todas as vias de síntese de compostos fenólicos, os quais estão envolvidos com resistência a pragas e patógenos. Esta enzima é a responsável pela primeira de uma série de reações metabólicas, que gera inúmeros produtos naturais baseados em fenilpropanos, incluindo a lignina, certos pigmentos e protetores contra luz ultravioleta. A produção de tal enzima é regulada durante o crescimento vegetal, mas é também induzida em células vizinhas ao local de infecção por vários estímulos ambientais, como infecção, ferimentos, contaminação por metais pesados, luz e reguladores de crescimento (RAHMAN; PUNJA 2005).

Polifenoloxidase

As enzimas polifenoloxidasas (PPO, E.C. 1.14.18.1) são amplamente distribuídas na natureza, estando presentes em frutas, vegetais, fungos e alguns animais. São responsáveis pela oxidação de compostos fenólicos, transformando-os em quinonas coloridas que participam de outras reações e resultam nas melonoidinas, caracterizadas pelo aparecimento da cor marrom-escura. O início do escurecimento ocorre quase instantaneamente quando a estrutura celular é rompida e a enzima entra em contato com o substrato na presença de oxigênio. O grande interesse na polifenoloxidase é devido seu potencial para diferentes aplicações, como no aumento da resistência contra patógenos, no tratamento de efluentes ou como fator auxiliar na biorremediação (SOARES, 2016).

Quando a planta apresenta altos níveis de compostos fenólicos no local da infecção, esses compostos restringem ou mesmo retardam o crescimento dos patógenos, agindo de forma direta no local de infecção (LIU et al., 2005).

A PPO está relativamente presente em todos os estágios de desenvolvimento da planta, porém sua atividade é mais elevada nos frutos mais jovens e após uma injúria mecânica ou ataque microbiano (YORUK; MARSHALL, 2003).

REFERÊNCIAS

- AGROFIT, SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10, set. 2016.
- AGROLINK. **Cotações**. 2017. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/>>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- AL-HETAR, M. Y., ABIDIN, M. A. Z., SARIAH, M., WONG, M. Y., Antifungal Activity of Chitosan against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, **Journal of Applied Polymer Science**, n.10, p. 2434–2439, 2011.
- ALMAGRO, L.; GÓMEZ-ROS, L. V.; BELCHI-NAVARRO, S.; BRU, R.; ROSBARCELO, A.; PEDREÑO, M. A. Class III peroxidases in plant defence reactions. **Journal of Experimental Botany**, n. 60, p. 377-390, 2009.
- ANDRADE, W. P.; VIEIRA, G.H.C. Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose in vitro e em frutos de mamoeiro. **Revista brasileira de plantas medicinais**, n. 2, p. 254-261, 2016.
- ANTONIOLLI, L. R.; SILVA, G. A.; ALVES, S. A. M.; MORO, L. Controle alternativo de podridões pós-colheita de framboesas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n.9, p.979-984. 2011.
- ASGAR, A; HEI, G.K; KEAT, Y.W . Efficacy of ginger oil and extract combined with gum arabic on anthracnose and quality of papaya fruit during cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, v.3, n.1, p. 1-10, 2016.
- AZEVEDO, V.V.C; CHAVES, S.A; BEZARRA, D.C; FOOK, M.V.L; COSTA, A.C.F.M. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, p.27-34, 2007.
- BABU, M., GRIFFITHS, J. S., HUANG, T., WANG, A. Altered gene expression changes in *Arabidopsis* leaf tissues and protoplasts in response to Plum pox virus infection. **BMC Genomics**, n. 9, p. 1-21, 2008.
- BAMDAD, F; KADIVAR, K; KERAMAT, J. Evaluation of phenolic content and antioxidant activity of Iranian caraway in comparison with clove and BHT using model systems and vegetable oil. **International Journal of Food Science and Technology**, n.1, p.20-7, 2006.

BARBOSA, M.S.; VIEIRA, G.H.C.; TEIXEIRA, A.V. Atividade biológica in vitro de própolis e óleos essenciais sobre o fungo *Colletotrichum musae* isolado de bananeira (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, n. 2, p.254-261, 2015.

BARBOSA, M.S; VIEIRA, G.H.C; TEIXEIRA, A.V. Atividade biológica in vitro de própolis e óleos essenciais sobre o fungo *Colletotrichum musae* isolado de bananeira (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.2, p.254-261, 2015.

BATISTA, D.C.; & BARBOSA, M.A. 2010 Doenças da Mangueira. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em 15 de outubro de 2016.

BAYSAL, O.; SOYLU, E.M.; SOYLU, S. Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*. **Plant Pathology**, v.52, p.747-753, 2003.

BENHABILES, M. S., SALAH, R., LOUNICI, H., DROUCHE, N., GOOSEN, M. F. A., MAMERI, N., Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimp shell waste, **Food Hydrocolloids**, v. 29, p. 48-56, 2012.

BRUNETON, J. Farmagonosia, Fitoquímica. Plantas Medicinales. Ed.I ACRIBIA S.A/ Zaragoza, Espanha, 2. ed , 1099 pp., 2001.

Caccioni, D.R.L.; Guizzardi, M. Inhibition of germination and growth of fruit and vegetable postharvest pathogenic fungi by essential oil components. **Journal of Essential Oil Research. Camberra**. v.6, p.173-9, 1994.

CARRÉ, V.; STANGARLIN, J.R.; BECKER, A.; ZANELLA, A.L.; GONÇALVES Jr., A.C.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; FRANZENER, G.; CRUZ, M.E.S. Controle pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana (*Musa* sp.) por Cânfora (*Artemisia camphorata*) e Quitosana. **Scientia Agrária Paranaensis**, V.1, p.57-66. 2006.

CASTRO, H. G.; FERREIRA, F. A.; SILVA, D.J.H.; MOSQUIM, P.R. Contribuição ao estudo das plantas medicinais: Metabólitos secundários. 2ª Ed. Viçosa, MG: Visconde do Rio Branco, 113 p. 2004.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MANDIOCA E FRUTICULTURA: O Cultivo da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 279 p. 2004.

CHOUDHURY, R.P; KUMAR, A; GARG, A.N. Analysis of índia mint (*Mentha spicata*) for essential, trace and toxic elements and its antioxidante behaviour. In press. **Journal of Pharmaceutical and Biomrdical Analysis**, 2006.

COELHO, A.F.S.; DIAS, M.S.C.; RODRIGUES, M.L.M.; LEAL, P.A.M. Controle pós-colheita da antracnose da banana-prata anã tratada com fungicidas e mantida sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, n. 4, p. 1004-1008, 2010.

CORDEIRO, Z.C.M.; KIMATI, H. Doenças da bananeira (*Musa* sp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; RESENDE, J.A.M. Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, n.2, p.112-136. 1997.

COSTA, A.R.T; AMARAL, M.F.Z.J. ; MARTINS, P.M.; PAULA, J.A.M.; FIUZA, T.S.; TRESVENZOL, L.M.F.; PAULA, J.R.; BARA, M.T.F. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, n. 2, p.240-245, jul. 2011.

COTA-ARRIOLA, O.; CORTEZ-ROCHA, M.O.; ROSAS-BURGOS, E.C.; BURGOS-HERNÁNDEZ, A.; LÓPEZ-FRANCO, Y. L. PLASCENCIAJATOMEA, M. Antifungal effect of chitosan on the growth of *Aspergillus parasiticus* and production of aflatoxin B1, **Polymer International**, v. 60, p. 937- 944, 2011.

DAVID, E.F.S.; BOARO, C.S.F.; MARQUES, M.O.M. Rendimento e composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, n.4, p.183-8, 2006.

DEVLIEGHERE, F; VERMEULEN, A; DEBEVERE, Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and aplicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiology**, v.21, p.703-714, 2004.

DIAS, R. B.; SILVA, D.P.; FERREIRA, L.A.; FIDELIS, R.R.; COSTA, J.L.; SILVA, A.L.L.; CHEIDT, G.N.; Chitin and chitosan: Characteristics, uses and production current perspectives. **Journal of Biotecnology and Biodiversity**. n. 3, p.1894-191,2013.

DIEDHIOU, P.M.; ZAKARI, A.H.; MBAYE, N.; FAYE, R.; SAMB, P.I. Control methods for post-harvest diseases of banana (*Musa sinensis*) produced in Senegal. **International Journal Of Science, Environment And Technology**, Sénégal, n. 5, p.1648-1656, nov. 2014.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G. **O controle de fitonematóides por plantas antagonistas e produtos naturais**. Viçosa, MG: UFV, 2015. 18 p.

FREIRE, M.M. Composição e atividade antifúngica do óleo essencial de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.). Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa, 2006.

GOOS, R.D.; TSCHIRSCH, M. Effect of environmental factors on spore germination, spore survival, and growth of *Gloeosporium musarum*. **Mycologia**, n. 4, p. 353-367, 1962

GOY, R.C., DE BRITO, D., ASSIS, O. B.G., A Review of the antimicrobial activity of chitosan, Polímeros: Ciência e Tecnologia, n 3, p. 241-247, 2009.

GUIMARÃES, J.E.R. **Produtos naturais no controle da antracnose e na qualidade pós-colheita de mangas ‘palmer’**. 2016. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

GULSEN, O.; EICKHOFF, T.; HENG-MOSS, T.; SHEARMAN, R.; BAXENDALE, F.; SARATH, G.; LEE, D. Characterization of peroxidase changes in resistant and susceptible warm-season turf grasses challenged by *Blissus occiduus*. **Arthropod Plant Interact**, n. 4, p. 45-55, 2010.

HIRAGA, S.; ITO, H.; YAMAKAWA, H.; OHTSUBO, N.; SEO, S.; MITSUHARA, I.; MATSUI, H.; HONMA, M.; OHASHI, Y. An HR-induced tobacco peroxidase gene is responsive to spermine, but not to salicylate, methyl jasmonate, and ethephon. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, n. 13, p. 210-216, 2000.

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; HIROYUKI, I.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidase. **Plant Cell Physiology**, n. 42, p. 462-468, 2001.

IACOPINI, P.; BALDI, M.; STORCHI, P.; SEBASTIANI, L. Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content in vitro antioxidant activity and interactions. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 589 – 598, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 outubro. 2016.

IDRIS, F.M; AND, ALI, M. I; FORSIDO, S.F. Essential Oils to Control *Colletotrichum musae* in vitro and in vivo on Banana Fruits. **American- Eurasian J. Agric. & Environ**, Ethiopia. n. 15, p.291-302, mar. 2015.

- ISCAN, G.K; KIRIMER, N; KÜRKCÜOĞLU, M; BAŞER, K.H; DEMIRCI, F. Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.14, p.3943-6, 2002.
- JIROVETZ, L; BUCHBAUER, G; SCHMIDT, E; STOYANOVA, A.S; DENKOVA, Z; NIKOLOVA, R. Purity, antimicrobial activities and olfactoric evaluations of geraniol/nerol and various of their derivatives. **Journal of Essential Oil Research**, n.3, p.288-91, 2007.
- KIMATI, H.; AMORIM.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas, v. 2. 4° Ed. Editora Ceres, São Paulo, SP, 2005.
- LAVANIA, M., CHAUHAN, P.S., CHAUHAN, S., SINGH, H.B., AND NAUTIYAL, C.S. Induction of plant defense enzymes and phenolics by treatment with plant growth– promoting rhizobacteria *Serratia marcescens* NBRI1213. **Current Microbiology**, n. 52, p.363-368, 2006.
- LIMA, A.G.B; Aspectos científicos e tecnológicos da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. n.1, p.87-101, 2000.
- LIU, H.; JIANG, W.; BI, Y.; LUO, Y. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. *Jiubao*) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. **Postharvest Biology and Technology**, n. 3, p. 263-269, 2005.
- LORENZETTI, E.R; CONCEIÇÃO, D.M; SACRAMENTO, L.V.S; FURTADO, E.L. Controle da ferrugem das folhas do capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf] com produtos naturais. **Revista Brasileiras de Plantas Mediciniais**. n.4, 2012
- LORENZI, H.; MATOS, F.J. Plantas Mediciniais no Brasil: Nativas e Exóticas Cultivadas/ Francisco José de Abreu Matos/ Primeira Edição/ Instituto Plantarum/ Nova Odessa/ 512 pp. 2006.
- LORENZI, H.; MATOS, A.F.J. PLANTAS MEDICINAIS NO BRASIL: NATIVAS E EXÓTICAS. Nova Odessa. Instituto Plantarum, 2002.512p
- ŁUKASIK, I.; GOŁAWSKA, S.; WÓJCICKA, A. Effect of cereal aphid infestation on ascorbate content and ascorbate peroxidase activity in triticale. **Polish Journal of Environmental Studies**, n. 21, p. 1937-1941, 2012.
- MAFIA, R.G.; ALFENAS A.C.; LOOS.R.A. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre doenças do eucalipto. In: GHINI,R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impactos das mudanças

climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2011. cap.12, p.213-225.

MAIA, A.J; LEITE, C.D; BOTELHO, R.V; FARIA, C.M.D.R; MACHADO, D. Chitosan as an option to control mildew in the sustainable vinegrowing. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, n. 33, p.2519-2530, mar. 2012.

MAIA, A.J ; BOTELHO, R.V; FARIA, C.M.D.R; A.J. LEITE. Ação de quitosana sobre o desenvolvimento de *Plasmopora viticola* e *Elsione ampelina*, *in vitro* e em videiras cv. 'Isabel'. **Summa Phytopathologica**, n.36, p.203-209, 2010.

MAIA, A.J.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; FARIA, C.M.D.R.; OLIVEIRA, J.S.B.; JARDINETTI, V.A.; BATISTI, B.N. Óleo essencial de alecrim no controle de doenças e na indução de resistência em videira. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, n. 5, p. 330-339, mai., 2014.

MATAN, N; RIMKEEREE, H; MAWSON, A.S; CHOMPREEDEA, P; HARUTHAITHANASAN, V; PARKER, M. Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions. **International Journal of Food Microbiology**, n.2, p.180-5, 2006

MATTOS, S.H.; CHAVES, C.M.C.; INNECCO, R.; CRUZ, G.F. 2000. Estudos sobre a época de corte e espaçamento de alecrim-pimenta. **Revista Horticultura Brasileira**, n.18 p.996-997

MEDEIROS, F.A.S.B. Relações entre características de crescimento e a produção de banana pacovan irrigada. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Irrigação e Drenagem e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido., Mossoró-RN, 2012.Disponível em:<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/73/Dissertação_AGÉLIO_BARRETO_FINAL.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.

MELLO, M.R.F.; SILVEIRA, E.B.; VIANA, I.O.; GUERRA, M.L.; MARIANO, R.L.R. Uso de antibióticos e leveduras para controle da podridão-mole em couve- chinesa. **Horticultura Brasileira**, n.1, p.78-83. 2011.

MENDES, L;D; BRESOLIN, J.D; BRITTO, A.O.B.G. Avaliação *in vitro* da ação da quitosana e de seu derivado quaternizado na inibição do crescimento do fungo *Penicillium expansum*. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã- Sp, n. 1, p.116-128, mar. 2016.

- MÜLLER, S.F. Custo adaptativo da indução de resistência por *Saccharomyces boulardii* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Marechal Cândido Rondon, 2011. 43 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2011.
- NASCIMENTO, B; BARRIGOSI, J.A.F. O papel das enzimas antioxidantes na defesa das plantas contra insetos herbívoros e fitopatógenos. **Agrarian Academy**, Goiânia-GO, n. 1, p.234, 12 abr. 2014.
- NEGREIROS, R.J.Z.; SALOMÃO, L.C.C.; PEREIRA, O.L.; CECON, P.R.; SIQUEIRA, L.D. Controle da antracnose na pós-colheita de bananas-'prata' com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. **Revista Brasileira Fruticultura**, n.1, p.51-58.2013.
- NUNEZ, L; D'AQUINO, M; CHIRIFE, J. Antifungal properties of clove oil (*Eugenia caryophyllata*) in sugar solution. **Brazilian Journal of Microbiology**, n.2, p.123-6, 2001.
- OLIVEIRA, J.R. Avaliação de atividades biológicas dos extratos de *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim) e *Thymus vulgaris* L. (tomilho). 2016. 156 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2016.
- OLIVEIRA, M.M.M.; BRUGNERA, D.F.; CARDOSO, M.G.; GUIMARÃES, L.G.L.; PICCOLI, R.H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, n. 1, p. 8-16, out. 2011.
- ØSTERGAARD, L.; TEILUM, K.; MIRZA, O.; MATTSSON, O.; PETERSEN, M.; WELINDER, K.G.; MUNDY, J.; GAJHEDE, M.; HENRIKSEN, A. Arabidopsis ATP A2 peroxidase. Expression and high-resolution structure of a plant peroxidase with implications for lignification. **Plant Molecular Biology**, n. 44, p. 231-243, 2000.
- PICCININ, E.; DI PIERO, R. M.; PASCHOLATI, S. F. Efeito de *Saccharomyces cerevisiae* na produtividade de sorgo e na severidade de doenças foliares no campo. **Fitopatologia Brasileira**, n.1, p.5-9. 2005.
- PLOETZ, R.C.; THOMAS, J.E.; SLABAUGH, W.R. Diseases of banana and plantain. In: PLOETZ, R.C. (Ed.). **Diseases of tropical fruit crops**. Florida: University of Florida (UFAS), 2003. p. 73-134.

- PRAGADHEESH, V.S, SAROJ A, YADAV A. Chemical characterization and antifungal activity of *Cinnamomum camphora* essential oil. **Ind Crop Prod** 2013; n. 49 p.628–633
- PRATES, H.T; LEITE, R.C; CRAVEIRO, A.A; OLIVEIRA, A.B. Identification of some chemical components of the essential oil from molasses grass (*Melinis minutiflora* Beauv.) and their activity against cattle-tick (*Boophilus microplus*). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, n. 2, p. 193-197, 1998
- RAES.j. et al. Genome-wide characterization of the lignification toolbox in arabidopsis. *Plant Physiology*, **Betesda**, n.5 p. 944,955, 2003.
- RAHMAN, M.; PUNJA, Z.K. Biochemistry of ginseng root tissues affected by rusty root symptoms. **Plant Physiology and Biochemistry**. P. 1102-1114. 2005
- RAMOS BERGER, L.R. et al. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, n.12, p.195-215, 2011.
- RIVERO G.D; CRUZ, T.A; MARTÍNEZ, C.B; RAMÍREZ, A.M.A; RODRÍGUEZ, P.A.T.Actividade antifúngica *in vitro* de la quitosana sigma frente a hongos fitopatógenos causantes del manchado del grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). **Fitossanidade**, n.2, p.101-107, 2009.
- SANTOS N. J; SCHEWAN-ESTRADA, K.R.F.; TEMPORAL, W.M.; ANDRADE, L.M.A.; SENA, J.O. Subprodutos de capim-limão no controle de septoriose do tomateiro cultivados em sistema de produção orgânico. **Revista Brasileira de agroecologia**. n. 1, p. 35-44, ago., 2016.
- SANTOS, G.R; BRUM, R.B.C.S; CASTRO, H.G; GONÇALVES, R.R.F. Efeito de óleos essenciais de plantas medicinais sobre a helmintosporiose do capim Tanzânia. **Revista Ciência Agronômica**, n.3, p.587-593, 2013.
- SASAKI, K.; IWAI, T.; HIRAGA, S.; KURODA, K.; SEO, S.; MITSUHARA, I.; MIYASAKA, A.; IWANO, M.; ITO, H.; MATSUI, H.; OHASHI, Y. Ten rice peroxidases redundantly respond to multiple stresses including infection with rice blast fungus. **Plant Cell Physiology**, n. 45, p.1442-1452, 2004.
- SATTOLO, N.M.S.; BRITTO, D.; ASSIS, O.B.G. Quitosana como fungicida em madeiras *Pinus* sp. Empregadas na confecção de caixas “K” **Brazilian Journal of Food Technology**, n. 2, p.128-132, 2010.

SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; STANGARLIN, J.R.; PASCHOLATI, S.F. Mecanismos bioquímicos de defesa vegetal. (Ed.). Interação Planta Patógeno – fisiologia, Bioquímica e Biologia Molecular. Piracicaba: FEALQ, 2008. p.227-248.

SILVA, H.S.R.C; DOS SANTOS, K.S.C.R.; FERREIRA, E.I., Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços, Química Nova, n.4, p. 776-785, 2006.

SILVA, N.K; RIBEIRO,L.O; NOGUEIRA, R.I; FREITAS, S.P. Efeito do método de extração na capacidade antioxidante dos óleos de semente de romã. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2013.

SINGH, R.; SHUSHNI, M.A.M.; BELKHEIR, A. Antibacterial and antioxidant activity of *Mentha piperita* L. **Arabian Journal of Chemistry**, n.1, p.1-20, 2011.

SOARES.G.S. Atividade enzimática de polifenoloxidase em cogumelos do gênero *Pleurotus ostreatus*. Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão. Bagé- Rs: Universidade Federal do Pampa, 2016. 2 p.

SOUSA, R.M.S.; SERRA, I.M.R.S.; MELO, T.A.M. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa Phytopathologica**. v. 38, n. 1, p. 42-47, 2012.

SOUZA, W. P.; QUEIROGA, C. L.; SARTORATTO, A.; HONÓRIO, S. L. Avaliação do teor e da composição química de óleo essencial de *Mentha piperita* (L.) Huds durante o período diurno em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, n.4, p. 108-111, 2006.

SOVRANI, A.; PEROSA, F.; NOGUEIRA, M.R.C.; Estudo para implantação de uma unidade piloto para recuperação de subprodutos da indústria de suco de uvas. **Unoesc & Ciência - Acet**, n. 3, p.65-72, 2015.

STANGARLIN, J.R. Uso de extratos e óleos essenciais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**. n. 5, p. 480-485, 2007.

STANGARLIN, J.R. Uso de extratos e óleos essenciais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, n.32, p.94-6, 2007.

STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J.; TOLEDO, M.V.; PORTZ, R.L.; SCHWAN-ESTRADA, AK.R.F.; PASCHOLATI, S.F. Defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, n. 1, p.18-46, jan. 2011.

TOMAZONI, E. Z.; GIANI, S. G.; RIBEIRO, R. T. S.; PAULETTI, G. F.; SCHWAMBACH, J. Atividade antifúngica do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* Ness sobre fungos fitopatogênicos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Cadernos de Agroecologia*. n. 2, p. 1-5, nov., 2013.

VELLUTI, A.; SANCHIS, V.; RAMOS, A.J.; MARÍN, S. Effect of essential oils of cinnamon, clove, lemon grass, oregano and palmarosa on growth of and fumonisin B-1 production by *Fusarium verticilloides* in maize. **Journal of Science of Food and Agriculture**, n.10, p.1141-6, 2004

VELOSO, R.A.; CASTRO, H.G.; CARDOSO D.P.; SANTOS, G.R.; BARBOSA, L.C.A.; SILVA K.P. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 12, p. 1707-1713, 2012

VERONEZI, C.M.; JORGE, N. Aproveitamento de sementes de abóbora (*Cucurbita* sp.) como fonte alimentar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n.1 p. 113-124, 2010.

VIANA, J. História das Florestas Plantadas, análise, demandas e potencial do setor florestal. In: Evento 100 anos de florestas plantadas no Brasil, 2005. Palestra

VIEIRA, E.L.; PEREIRA, M.E.C.; SANTOS, D.B.; LIMA, M.A.C. 2009. Aplicação de biofilmes na qualidade da manga ‘Tommy Atkins’. **Magistra**, 21(3):165-170.

VIEIRA, L.M. **Brasil é o terceiro maior produtor de banana**. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-banana/>>. Acesso em: 5 dez. 2016.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS. Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. Antifungal activities of thyme, clove and oregano essential oils. **Journal of Food Safety**, n.1, p.91-101, 2007.

WANG, C.; MIN, L.; ZHANG, L.; FU, S.; WANG, C. Extraction of natural dyes from *Cinnamomum camphora* (L.) presl fruit and their application on wool fabric. **Textile Research Journal**, Lihu Road- China, n. 5, p.87-98, 2016

WANG, J.; LIU, K.; LI, D.; ZHANG, Y.; ZHAO, Q. A novel peroxidase CanPOD gene of pepper is involved in defense responses to *Phytophthora capsici* infection as well as abiotic stress tolerance. **International Journal of Molecular Sciences**,. n. 14, p. 3158-3177, 2013.

WAR, A.R.; PAULRAJ, M.G.; AHMAD, T.; BUHROO, A.A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, n. 7, p. 1306-1320, 2012.

YORUK, R.; MARSHALL, M. R. Physicochemical proprieties and function of plant polyphenol oxidase: A review. **Journal Food Biochem**, n. 5, p. 361-422, 2003.

YOUNES, I.; RINAUDO, M. Chitin and chitosan. Preparation from marine sources. Sstructure, properties and application. *Marine Drugs*. N.13 , p. 1133-1174, 2015.

YU, T.; LI, H.Y.; ZHENG, X.D. Synergistic effect of chitosan and *Cryptococcus laurentii* on inhibition of *Penicillium expansum* infections. **International Journal of Food Microbiology**, n.3, p. 261-266, 2007.

ZAMBOLIM, L. Controle de doenças de plantas: Fruteiras. Viçosa: UFV, 2002.

ZAMBONELLI, A.; AULERIO, A.Z.; BIANCHI, A.; ALBASINI, A. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro. **Journal of Phytopathology**. Berlim. v.144, p.491-494, 1996.

CAPÍTULO II

POTENCIAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A SEVERIDADE DA ANTRACNOSE EM FRUTOS DE BANANEIRA PACOVAN E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

SANTOS, M.D.R. **Alternativas de Controle Pós-colheita da Antracnose em Banana** (*Musa spp.*) Areia-PB, 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

As doenças pós-colheita são fatores limitantes para a comercialização dos frutos da bananeira. Atualmente o principal método de controle dessas doenças é o uso de defensivos químicos que apesar de eficazes causam danos ambientais e a saúde humana. Considerando a importância do fruto como fonte alimentar e pela necessidade de garantir ao consumidor um produto isento de agrotóxicos o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar o potencial *in vivo* de óleos essenciais de menta, eucalipto, cânfora, citronela, cravo, girassol, gengibre, hortelã, semente de uva, alecrim, quitosana e fungicida (Tiabendazol) sobre a severidade da antracnose, causada pelo *C. musae* e a produção de enzimas ligadas à indução de resistência. Os óleos e a quitosana foram adquiridos em loja especializada na venda dos mesmos. Os tratamentos foram compostos pela solução dos óleos nas concentrações de 0,5%, 1%, 2% e 2,5%, a quitosana (1,12g/ 100 mL), fungicida (Tiabendazol) (4 mL.L⁻¹) e ADE (água destilada esterilizada) com quatro repetições e três frutos por repetição. A severidade foi determinada a partir do uso de uma escala diagramática, onde se avaliou a porcentagem de área lesionada. As análises enzimáticas foram realizadas no dia da coleta dos frutos e quinze dias após a aplicação dos tratamentos, avaliando-se as enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase. O uso dos óleos essenciais de eucalipto, semente de uva, hortelã, citronela nos frutos de bananeira acarretou bons resultados na redução da severidade sem afetar a qualidade dos mesmos. Assim como influenciaram na atividade das enzimas analisadas.

Palavras chave: *Musa ssp*, Severidade, Atividade enzimática

SANTOS, M.D.R. **Alternativa de Controle Pós-colheita da Antracnose em Banana** (*Musa* spp.) **com Óleos Essenciais** Areia-PB, 2017. 90f. Dissertation (Master's in Agronomy). Graduate Program in Agronomy. Area of concentration: Tropical Agriculture. Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

Post-harvest diseases are limiting factors for the commercialization of banana fruits. Currently the main method of controlling these diseases is the use of chemical pesticides that, although effective, cause environmental damages and human health. Considering the importance of fruit as a food source and the need to guarantee the consumer a product free of pesticides, the present work was developed to determine the *in vivo* potential of essential oils of peppermint, eucalyptus, camphor, citronella, clove, sunflower, Ginger, peppermint, grape seed, rosemary, chitosan and fungicide (Thiabendazole) on the severity of the anthracnose caused by *C. musae* and the production of enzymes linked to induction of resistance. The oils and chitosan were purchased at the store specialized in the sale of them. The treatments were composed by the solution of the oils at 0.5%, 1%, 2% and 2.5%, chitosan (1.12g /mL), fungicide (Tiabendazol) (4 mL L⁻¹) and ADE (Sterilized distilled water) with four replicates and three fruits per replicate. Severity was determined using a diagrammatic scale, where the percentage of injured area was evaluated. The enzymatic analyzes were performed on the day of fruit collection and fifteen days after application of the treatments, evaluating the peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia-lyase enzymes. With the exception of peppermint and camphor oils, the other oils presented significant results in reduction of severity, as well as AACPD. The activity of the peroxidase enzyme was more expressive than the others, however, it can be said that the oils did not present results as inductors of resistance. The use of essential oils of eucalyptus, grape seed, mint, citronella in banana fruits resulted in good results in reducing the severity without affecting the quality of the fruits. As well as they influenced the activity of the analyzed enzymes.

Key words: *Musa* spp, Anthracnose, Enzymes

1. INTRODUÇÃO

A produção nacional estimada de frutas para 2017 é de aproximadamente 44 milhões de toneladas (IBGE, 2016). Esse volume mantém o Brasil como terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia, respectivamente (SANTOS et al., 2014). Dentre as principais frutas produzidas estão bananas, maçãs, uvas, melões e frutas tropicais, especialmente manga, abacate e abacaxi. As áreas exatas de cultivo e os volumes de produção são difíceis de determinar, pois uma grande parcela da produção ocorre em pequenas propriedades para autoconsumo, ou venda nos mercados locais.

A banana é a fruta mais cultivada e plantada em todo o país. A produção deve continuar aumentando como resultado dos ganhos de produtividade. Apesar das exportações terem sido baixas na década passada devido à importância do mercado interno, um aumento nas vendas para mercados estrangeiros pode ocorrer como resultado da reorganização da indústria e a abertura de novos canais de comércio (FAO, 2015). Os números do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) mostram que frutas como a banana e o mamão terão crescimento de 10% na produção, até 2025.

A antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum musae* (Berk e Curtis) von Arx é considerada a doença mais severa da banana na fase pós-colheita (SANTOS, 2011). A infecção causada por *C. musae* inicia-se, no campo, em frutos verdes, e o desenvolvimento da doença ocorre durante o amadurecimento, na forma de pequenas lesões, podendo coalescer, formando grandes áreas necróticas e deprimidas (NEGREIROS et al., 2013).

O principal método de controle da antracnose ainda é o uso de defensivos químicos, porém o uso exacerbado desses produtos para controlar doenças em plantas e frutos traz danos ao meio ambiente e vem selecionando espécies de fungos resistentes a fungicidas. Com isso buscam-se alternativas para minimizar esse uso desnecessário (RODRIGUES et al., 2011). E essas alternativas estão sendo vistas pelos pesquisadores em plantas que com seus componentes podem induzir a resistência do fruto contra o patógeno causador da doença, onde as plantas sintetizam proteínas relacionadas a defesa da planta. A utilização de extrato bruto ou óleos essenciais com propriedades antimicrobianas é frequentemente empregado com sucesso no controle de agentes fitopatogênicos (BALBI-PEÑA et al., 2006; ITAKO et al., 2008; ROZWALKA et al., 2008).

A eficiência na redução da intensidade da antracnose conferida aos produtos alternativos deve-se ao fato de poderem ter atuado de duas formas: a primeira, pela indução de resistência, onde a mesma pode ser melhorada através da produção de metabólitos secundários e

mecanismos de defesa estruturais mais eficientes. Isso é possível devido à presença, na composição desses óleos essenciais, de bioflavonoides e polímeros, precursores dos compostos secundários fitoalexinas, responsáveis pela defesa vegetal; a segunda, pela ação germicida através da ruptura de membranas celulares dos fungos (NEGREIROS et al., 2013).

Portanto, o objetivo do trabalho foi determinar a severidade da antracnose causada pelo *C. musae* e a atividade da peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais de menta, eucalipto, cânfora, citronela, cravo, girassol, gengibre, hortelã, semente de uva, alecrim.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II utilizando frutos de bananeira da variedade Pacovan no estágio pré-climatérico como coloração de casca 1 (totalmente verde) segundo escala de maturação descrita por Von Loesecke (1950), obtidas de produtor da região do Brejo Paraibano.

Os frutos foram tratados com óleos essenciais de menta, cânfora, gengibre, girassol, cravo, eucalipto, hortelã, alecrim, semente de uva e citronela nas concentrações de 0,5%; 1%; 2 e 2,5 %, quitosana, fungicida (Tiabendazol) e água destilada esterilizada (ADE). A quitosana, considerando relatos positivos na literatura foi determinada como tratamento controle, além da ADE e o Tiabendazol.

Aplicação dos tratamentos em frutos de bananeira com óleos essenciais e quitosana

Os óleos essenciais utilizados foram obtidos em estabelecimento comercial. Foram preparadas dosagens de 0,5%, 1%, 2% e 2,5%, cada concentração foi diluída em água destilada esterilizada acrescido de 2 gotas de Tween 20 como emulsionante. A quitosana foi adquirida da empresa Polymar® com peso molecular na faixa de 104-106 g.mol⁻¹. A mesma foi dissolvida em HCl 0,04 N para melhor homogeneização da solução, ajustando-se posteriormente o pH para 6,0 com KOH 2 N. A solução foi preparada na proporção 100/1,12 (1,12g/100 mL), levando em consideração a densidade do produto e posteriormente homogeneizada em batedeira doméstica por 2 horas consecutivas. Os frutos foram lavados com água, sabão e hipoclorito de sódio a 1%, em seguida pulverizados com uso de pulverizador manual até o ponto de escorrimento e colocados para secar sobre papel toalha à temperatura ambiente (25± 2 °C).

O fungicida tiabendazol (Tecto® SC) foi preparado na dosagem de 4mL. L⁻¹ e aplicado nos frutos por meio de imersão durante 5 minutos. Logo após foram acondicionados em bandejas de poliestireno no tamanho de 11x18 cm durante 15 dias em ambiente com UR de 60-70% e temperatura de 22°C.

Avaliação da severidade de antracnose em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais.

Os frutos de bananeira foram avaliados diariamente quanto à severidade natural da antracnose, a partir do 4º dia após a aplicação dos tratamentos.

Em placa de Petri contendo BDA, fragmentos das áreas lesionadas dos frutos com sintomas de doenças foram dispostos. Utilizaram-se três fragmentos de aproximadamente 1,0 cm em posição equidistante. Após o isolamento as placas foram incubadas em B.O.D. a 25 °C com fotoperíodo de 12h, durante 10 dias. A etiologia do fungo foi confirmada com auxílio de microscopia ótica e literatura especializada (ROSSMAN et al., 1987; KIMATI et al., 1997; FISHER; COOK, 2001).

Foi avaliada a percentagem de área lesionada por fruto, segundo escala diagramática proposta por Moraes et al. (2008) (Figura 1), onde cada nota refere-se a porcentagem de área lesionada do fruto.

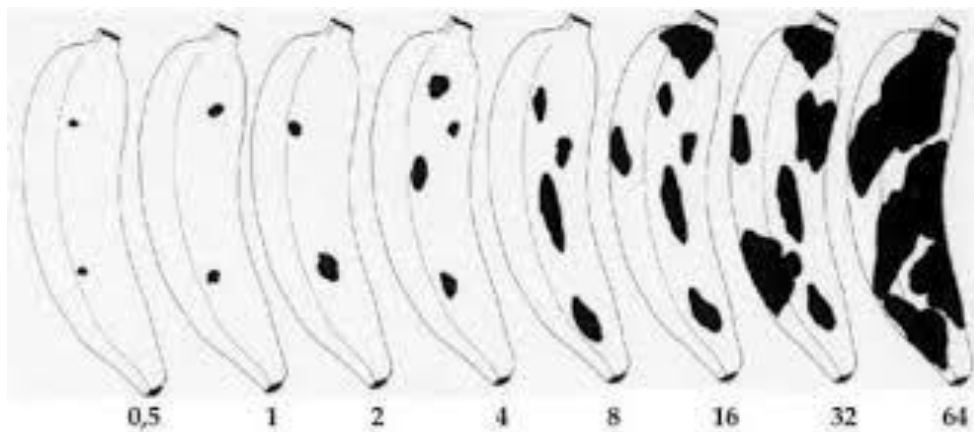


Figura 1. Escala diagramática de severidade proposta por MORAES et al., (2008).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em forma de fatorial (10x4) +3, sendo 4 repetições de três frutos cada, totalizando 516 frutos.

Os valores da severidade de cada tratamento foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de acordo com Campbell e Madden (2008) usando a fórmula: $AACPD = \sum_{n-1} [(x_i + x_{i+1}) / 2] (t_{i+1} - t_i)$, onde n é o número de avaliações, x é a severidade da doença e $(t_{i+1} - t_i)$ é o intervalo de tempo entre duas avaliações consecutivas.

Avaliação da atividade enzimática dos frutos de bananeira tratados com óleos essenciais

As análises foram realizadas no laboratório de Avaliação de Produtos de Origem Animal da Universidade Federal da Paraíba 15 dias após a aplicação dos tratamentos, avaliando-se as enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase. A extração do material foi realizada da mesma forma para as 3 enzimas, na qual foram macerados 2g de polpa em 5 mL

de acetato de sódio até a obtenção de uma massa homogênea, depositada em tubos Eppendorfs e centrifugados a 12.000 rpm durante 30 minutos a 4°C. O sobrenadante foi utilizado para a determinação da atividade das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase.

Também foi realizada a quantificação das proteínas totais pelo método proposto por Bradford (1976), utilizando Soro Albumina Bovina (BSA) como padrão. Para a preparação pesou-se 100 mg de Cromassie Brilhante Blue G – 250, diluída em 50 mL de etanol a 95%. Em seguida adicionou-se 100 mL de ácido fosfórico a 85% e ADE até completar 1 L. Após a mistura realizou-se a homogeneização e a tríplice filtragem, armazenando em geladeira, estabilizando em 2 horas. Misturou em uma cubeta 1 mL da solução de Bradford e adicionou 100 µl da amostra, homogeneizou-se e em seguida deixou a amostra com a solução reagindo por 15 minutos, após o termino da reação procedeu-se a leitura da amostra com a absorbância de 595 nm em espectrofotômetro.

Para a determinação da atividade de peroxidase (POD), 0,25 mL de extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação contendo 0,25 mL de guaiacol (1,7%) e 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0 e 0,25 mL de H₂O₂ (1,8%), totalizando o volume de 1,5 mL. O branco foi composto do mesmo meio de reação, exceto o extrato enzimático que foi substituído por água. A atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C. Imediatamente após a mistura realizou-se a leitura e a atividade expressa em Unidades de Absorbância (UA).min⁻¹.mg⁻¹ de proteína (LUSSO; PASCHOLATI, 1999).

A atividade da polifenoloxidase foi determinada com 0,5 mL de extrato enzimático que foi adicionado ao meio de reação contendo 0,25 mL de S-metil-catecol 0,6 mM e 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,8). O branco foi composto por todos os componentes do meio de reação, exceto o extrato enzimático, que foi substituído por água. As soluções foram incubadas em banho-maria a 40 °C por 15 minutos e paralisada com adição de 0,8 mL de ácido perclórico (2,0 M). As reações foram acompanhadas em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 395 nm a 25 °C. A atividade da polifenoloxidase foi expressa em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹.mg⁻¹ de proteína (KAVRARYAN; AYDEMIR, 2001).

A atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) foi avaliada com 0,25 mL do extrato enzimático em tubos de ensaio acrescentando 1,5 mL de solução tampão TRIS (0,01M, pH 8,8), 0,5 mL de solução de fenilalanina (substrato) e 0,75 mL de ADE. O branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, apresentava todos os componentes do meio de reação exceto o extrato enzimático que foi substituído por água. Os tubos foram incubados em banho-maria a

40 °C, por 60 minutos. Após o período de incubação a reação foi paralisada com a adição de 0,1 mL de ácido clorídrico a 5,0 M. Após a paralização, as leituras espectrofotométricas foram realizadas a 290 nm a 25 °C e os resultados foram expressos em Unidades de Absorbância (UA).min⁻¹.mg⁻¹ de proteína (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Análise estatística

Os dados do grau de severidade foram analisados através de regressão, testando os modelos linear e quadrático, sendo escolhido o modelo significativo e que apresente o maior valor de correlação com as médias (R²). Para comparar os tratamentos com o controle foi usado o teste de Dunnett (P>0,05) utilizando o programa software SAS® na versão 5.3.

O mesmo software estatístico foi utilizado para os dados da análise enzimática. As médias foram comparadas através do teste Tukey (p< 0,05).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Severidade de antracnose em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais, quitosana e fungicida

Ao comparar o efeito dos óleos sobre a severidade da doença com o efeito das testemunhas positiva (quitosana e tiabendazo) e da testemunha negativa (ADE) observou-se que grande parte dos óleos diferenciou estatisticamente da testemunha negativa (ADE) e não apresentaram diferença com fungicida e quitosana, com exceção apenas para os óleos de menta e cânfora (Tabela 1). Esses resultados são vinculados a algumas observações que serão relatadas a seguir.

Tabela 1. Severidade da antracnose em (%) em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais comparados com fungicida (Tiabendazol), quitosana e água destilada esterilizada (ADE)

SEVERIDADE (%)					
TRATAMENTOS					
ADE	16,67	FUNGICIDA	1,81	QUITOSANA	1,71
Menta	27,97	Menta	27,97*	Menta	27,97*
Cânfora	11,44	Cânfora	11,44*	Cânfora	11,44*
Cravo	7,99*	Cravo	7,99	Cravo	7,99
Hortelã	7,87*	Hortelã	7,87	Hortelã	7,87
Gengibre	7,85*	Gengibre	7,85	Gengibre	7,85
Citronela	7,57*	Citronela	7,57	Citronela	7,57
Alecrim	7,11*	Alecrim	7,11	Alecrim	7,11
Eucalipto	5,51*	Eucalipto	5,51	Eucalipto	5,51
S. Uva	3,21*	S. Uva	3,21	S. Uva	3,21
Girassol	2,71*	Girassol	2,71	Girassol	2,71

CV=

73,98

Médias apresentando (*) diferem significativamente do controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

O óleo de Girassol impossibilitou o amadurecimento normal dos frutos, além de provocar lesões escuras. O mesmo aconteceu com os frutos tratados com os óleos de Cravo e Gengibre (Figura 2). Esse fato pode explicar a eficiência de sua ação positiva sobre a doença,

pois, o fungo causador da antracnose infecta o fruto verde, porém as infecções ficam quiescentes até o amadurecimento (COUTO, 2004), desse modo quando os óleos impossibilitaram a maturação do fruto, conseqüentemente inibiu o aparecimento das infecções.



Figura 2. Aspectos dos frutos de bananeira tratados com óleos de gengibre, cravo e girassol.

Os óleos de menta e hortelã mesmo pertencendo a mesma família apresentaram comportamentos distintos em relação à redução da severidade, tal fato pode ter ocorrido devido à presença de compostos majoritários distintos. Menta tem em sua composição o mentol, em maior quantidade (BERTEA et al., 2008) enquanto que a hortelã tem o L-carvona (CHOUDHURY et al., 2006).

De acordo com os dados de severidade a análise de regressão comportou-se de forma exponencial para os óleos de gengibre e hortelã com R^2 de 0,96 e 0,94 respectivamente. Deste modo esses óleos essenciais conferiu a concentração de 0,5% como a menos eficiente, enquanto que a de 2% foi a mais representativa (Gráficos 1 e 2). Segundo Jakiemiv et al. (2010) ao se utilizar produtos naturais para o controle de patógenos, a redução da severidade da doença pode ser proporcional ao aumento das concentrações devido ao aumento dos princípios ativos presentes nos produtos naturais.

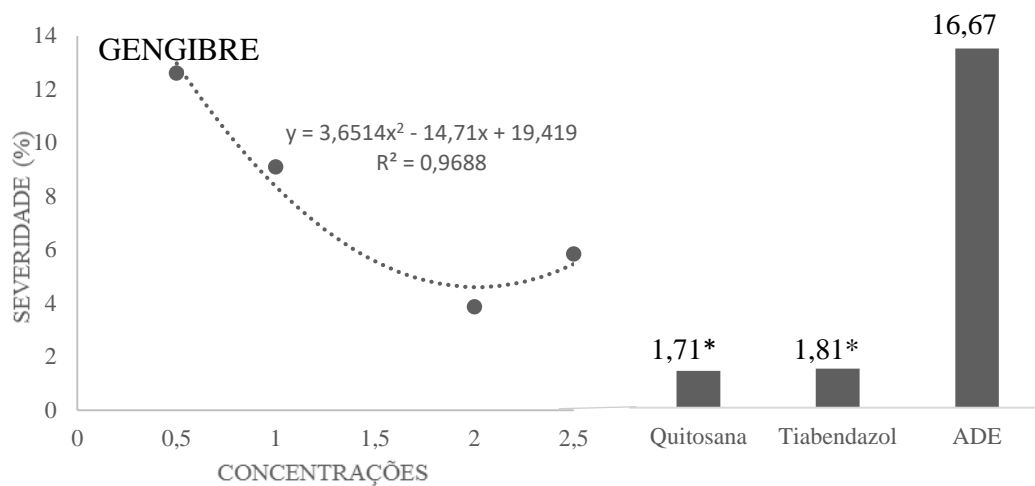


Figura 3. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de gengibre em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

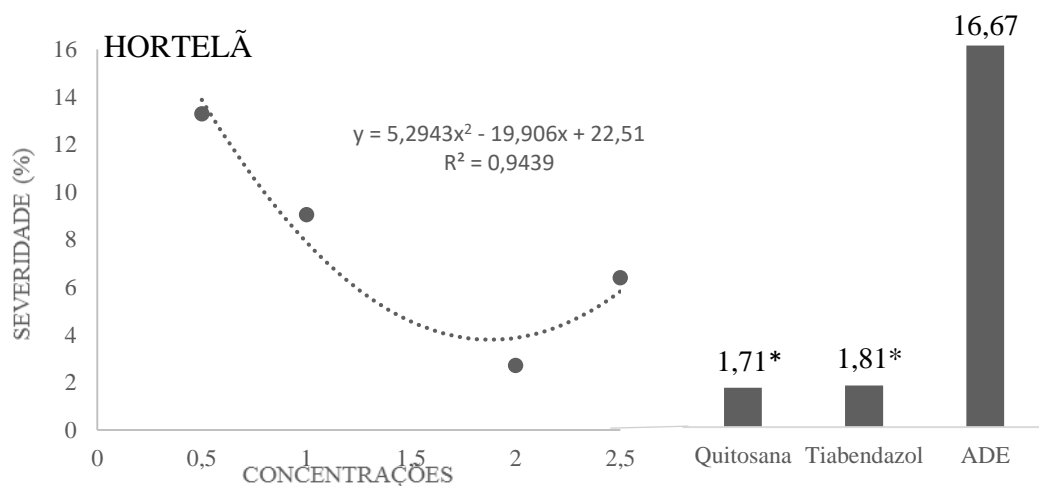


Figura 4. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de hortelã em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

Rodrigues (2012) ao utilizar óleo de gengibre (*Zingiber officinale*) para inibir o crescimento micelial do *Colletotrichum musae*, causador da antracnose na bananeira também obteve resultados satisfatórios. Bem como Saha (2016) que avaliando a atividade antifúngica de extratos de plantas contra *Colletotrichum musae*, o patógeno causador da antracnose pós-colheita da bananeira cv. Martaman, percebeu que o extrato de *Z. officinale* apresentou a menor severidade da doença (2,2%) até o quinto dia.

Nos frutos tratados com óleo de cânfora representada pela regressão com comportamento exponencial e R^2 com valor de 0,4, a concentração de 0,5%, 1% 2% apresentaram diferenças significativas quando comparadas com a concentração 2,5% e com a testemunha negativa (ADE) que não se diferenciaram entre si (Gráfico 3).

Carré et al. (2006) verificaram que o extrato bruto de cânfora (20%) e soluções de quitosana ($250 \mu\text{g mL}^{-1}$) foram eficientes no controle de antracnose em frutos de banana quando comparados aos frutos não tratados. O extrato bruto de cânfora e as soluções de quitosana foram eficientes no controle da antracnose, quando comparados aos frutos não tratados, ocorrendo redução da severidade de até 66% para o extrato de cânfora e 63% para a solução de quitosana.

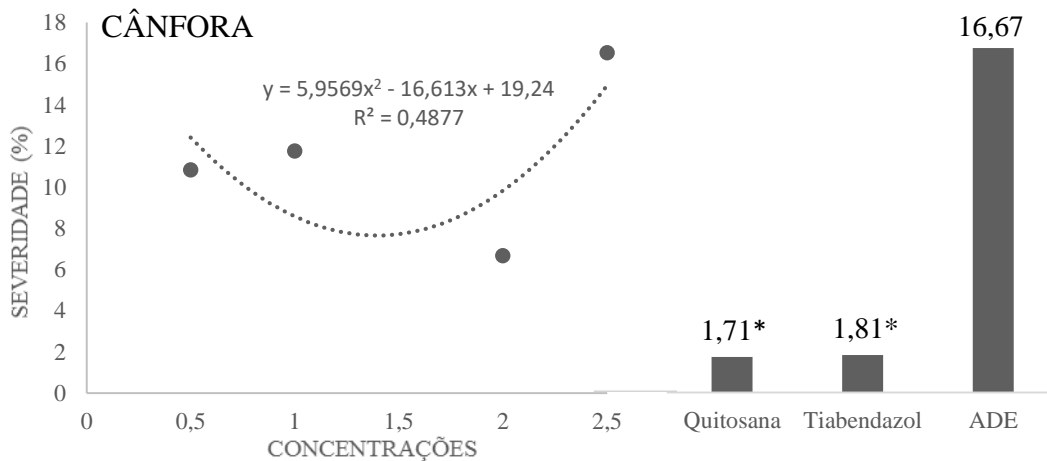


Figura 5. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de cânfora em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

Diante da regressão que apresentou comportamento exponencial e coeficiente de determinação de 0,81, as concentrações de 2% e 2,5% do óleo essencial de cravo se destacaram quanto à redução da severidade não havendo diferença com as testemunhas positivas (tiabendazol e quitosana), enquanto que as concentrações 0,5% e 1% não diferenciaram da testemunha negativa (ADE) (Gráfico 4). Gomes (2008) ao utilizar frutos de mamoeiro com sintomas de antracnose (*Colletotrichum gleosporioides*) verificou que os óleos essenciais de cravo (*Syzygium aromaticum*) e tomilho (*Thymus vulgaris*) se mostraram eficientes para controlar o desenvolvimento do patógeno.

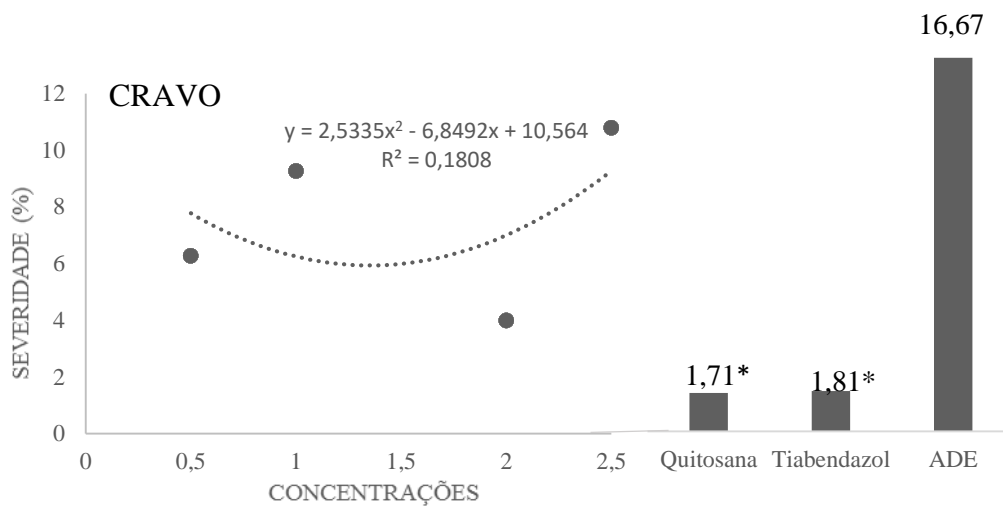


Figura 6. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de cravo em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

Verificando os resultados da regressão do tratamento com óleo de eucalipto que se comportou de forma quadrática com R^2 de 0,80, constata-se que o mesmo foi eficiente em todas as concentrações no controle da severidade quando comparados com os frutos não tratados (ADE- testemunha negativa) e tratados com Tiabendazol e quitosana (testemunhas positivas). Com destaque a concentração de 2,5 % (Gráfico 5).

Testes com extrato aquoso de eucalipto realizado por Rodrigues et al. (2006) comprovaram atividade antifúngica sobre o fungo *Helminthosporium* sp. identificado nas fibras do pseudocaule da bananeira, tanto *in vitro* como *in vivo*. Aplicado preventivamente, em concentrações acima de 5 %, nas fibras de bananeira, o produto proporcionou controle total do patógeno.

De acordo com Amaral; Bara (2005), os óleos essenciais, possivelmente atuam na parede celular dos fungos, causando o vazamento do conteúdo celular. Esse efeito também foi observado por Rasooli et al. (2006), usando microscopia eletrônica de transmissão, onde o óleo essencial de *Thymus eriocalyx* promoveu danos severos para as paredes, membranas e organelas celulares de *Aspergillus niger*. O mecanismo de ação dos monoterpenos envolve, principalmente, efeitos tóxicos à estrutura e à função da membrana celular (OLIVEIRA et al., 2011).

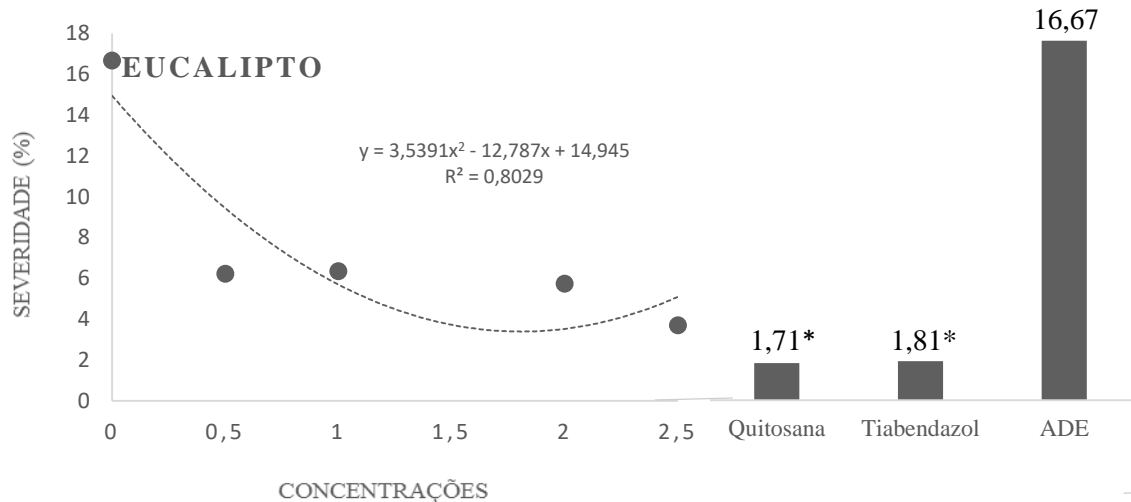


Figura 7. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de eucalipto em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

A partir de um comportamento exponencial da regressão do tratamento com óleo de alecrim apresentando um R^2 de 0,96, verificou-se que quando usado nas concentrações 0,5% e 2% obtiveram resultados similares e não diferenciaram da testemunha negativa (ADE), ao contrário das concentrações 1% e 2,5% que controlou a severidade de forma mais eficiente sem apresentar diferença significativa do Tiabendazol e da quitossana (Gráfico 6).

Segundo FONTENELLE et al. (2007) os principais constituintes de óleos essenciais extraídos de plantas que exercem atividade antifúngica importante são compostos fenólicos como o timol, carvacrol ou eugenol de comprovada atividade antimicrobiana. O alecrim segundo, COSTA et al. (2001) apresenta timol e carvacrol como principais constituintes do óleo essencial.

Carvalho (2010) reportou que extrato de alecrim apresentou valores do diâmetro das lesões da antracnose em cajueiro significativamente menor do que a testemunha concentração com redução de 84% em alecrim pimenta na concentração 15%, o que em urtiga só foi observado na maior concentração com redução de 35%, mostrando efeito de controle da doença com este tratamento.

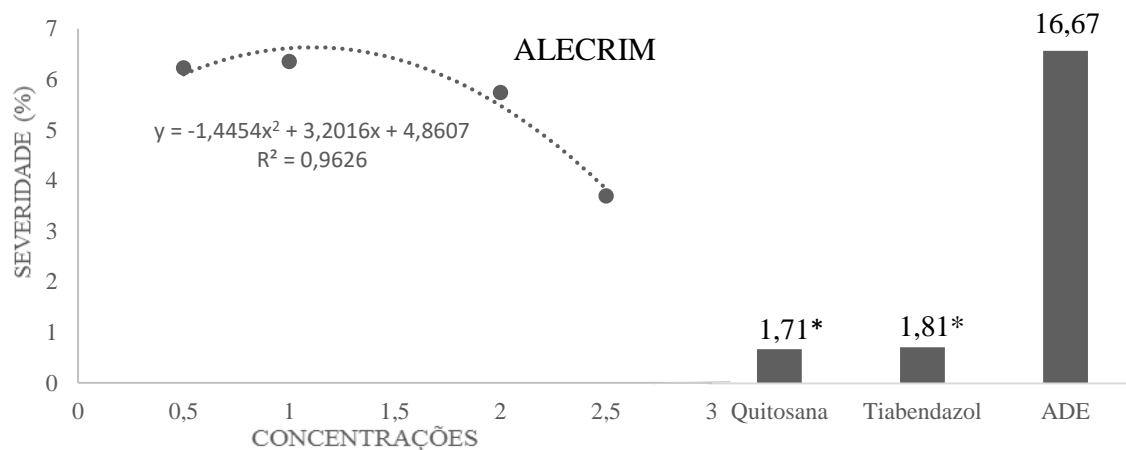


Figura 8. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de alecrim em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação

Os frutos de banana submetidos aos tratamentos com soluções contendo óleo de semente de uva representado por uma regressão com comportamento quadrático e R^2 de 0,73 e girassol que por meio de uma regressão com comportamento exponencial e R^2 de 0,96, quando comparados com a testemunha (ADE), Tiabendazol e quitosana, foram eficazes na redução da severidade. Com destaque para a concentração de 2,5% (Gráficos 7 e 8).

Os óleos essenciais apresentam bons resultados no controle de bactérias e fungos fitopatogênicos, demonstrando a importância deste no uso de produtos na defesa natural de plantas ou alvo de programas de síntese de novos defensivos agrícolas a partir da bioprospecção de moléculas (JARDIM; MEDEIROS, 2006).

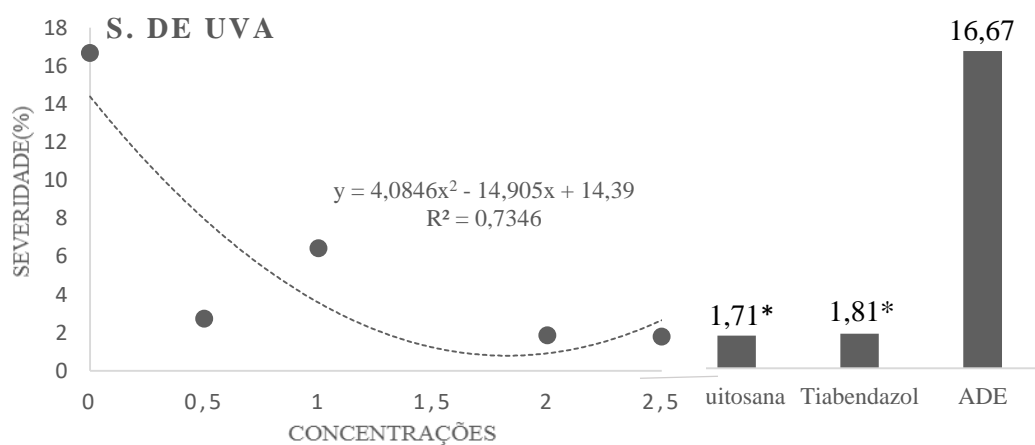


Figura 9. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de semente de uva em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação

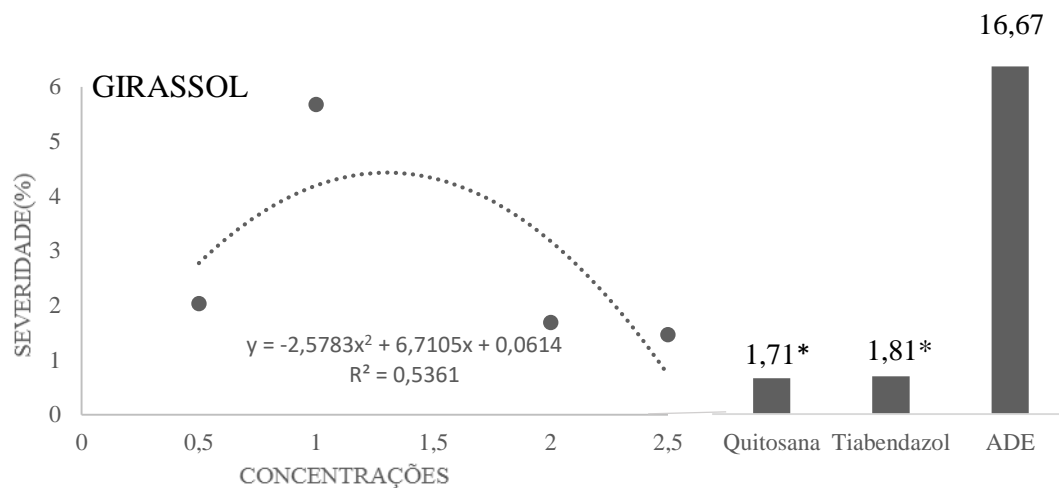


Figura 10. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de girassol em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

O óleo de citronela apresentou um dos melhores resultados na concentração 2% baseado na regressão com comportamento exponencial e R^2 de 0,79 (Gráfico 9). Existe relatos que o geraniol encontrado no óleo de citronela é um composto de elevada atividade antimicrobiana (JIROVETZ et al., 2007; DUARTE et al., 2007), assim como os compostos citronelal e citronelol também encontrados no óleo de citronela (SATO et al., 2006; KORDALI et al., 2007).

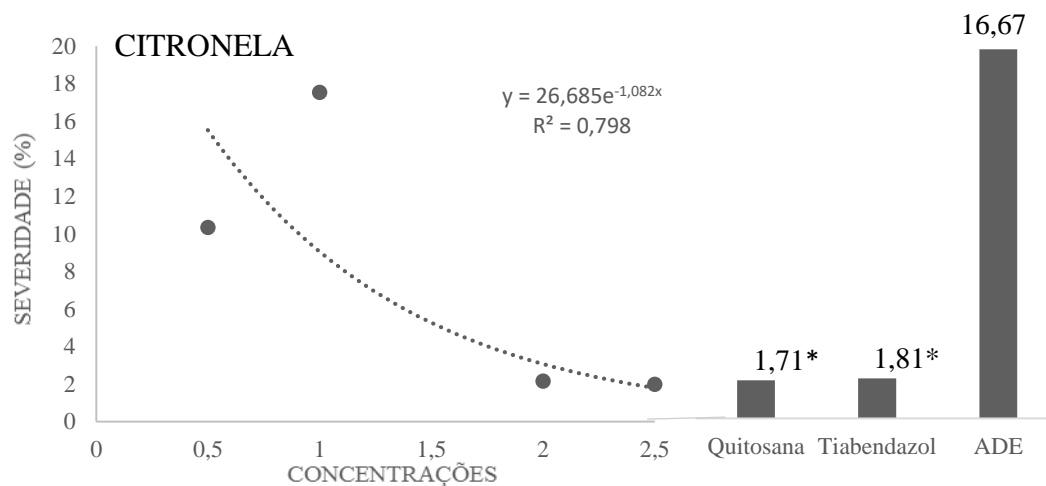


Figura 11. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de citronela em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

A partir dos valores da regressão que se comportou de forma exponencial com R^2 de 0,93 constatou-se que os frutos tratados com óleo de menta apresentaram uma resposta contrária a esperada, pois em todas as concentrações o óleo estimulou o desenvolvimento do patógeno. A concentração de 1% se destacou quanto ao aumento das lesões do fruto diferenciando-se

estatisticamente da testemunha negativa (ADE) sobressaindo-se aos seus valores bem como das testemunhas positivas (Tiabendazol e quitosana) (Gráfico 10).

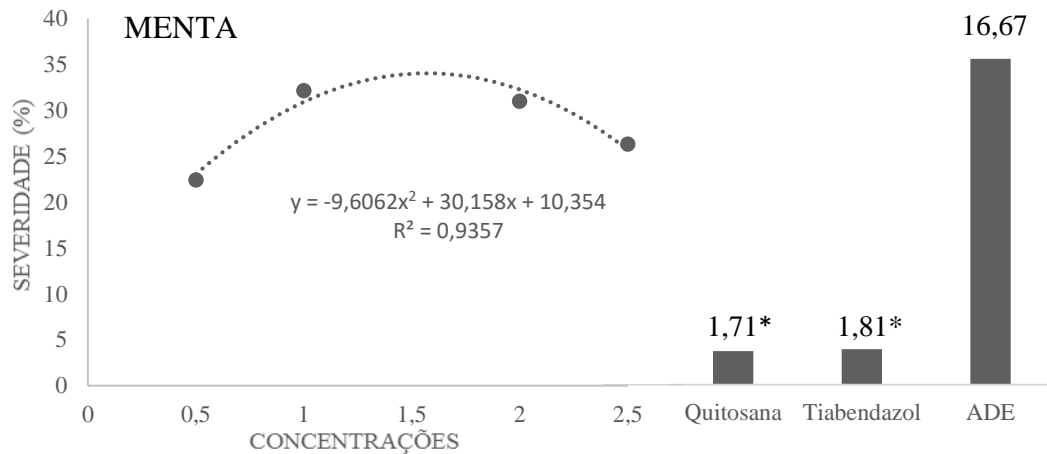


Figura 12. Severidade da antracnose em frutos de bananeira Pacovan tratadas com óleo essencial de menta em diferentes concentrações durante 15 dias de avaliação.

O óleo essencial de menta é constituído principalmente por monoterpenos, atribuindo-se a estes as funções de defesa da planta como herbívora, agentes antimicrobianos e alelopáticos. (CARDOSO et al., 2004). Os resultados obtidos no presente trabalho podem ser consequência da sensibilidade dos frutos da bananeira, que em contato com os componentes químicos do óleo de menta sofreram injúria, assim como a espécie do patógeno que pode ser mais resistente a esse tratamento.

Área abaixo da curva do progresso da doença

A análise dos dados com base na AACPD indica que frutos tratados com óleo de girassol apresentaram os maiores índices de controle de *C. musae*, 94,6%, não diferindo de plantas tratadas com fungicida e quitosana (Figura 3). Enquanto que o tratamento com óleo de menta apresentou menos eficácia, 15,48%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Cruz (2003) testou óleos essenciais de *Allium sativum*, *Copaifera langsdorfii*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Eugenia caryophyllata* no controle de antracnose em frutos de banana (*C. musae*) e verificou que o maior percentual de controle da doença nos frutos foi proporcionado pelos óleos essenciais de *A. sativum*, seguido pelos tratamentos com óleo essencial de *C. langsdorfii*, *E. caryophyllata* e *C. zeylanicum*. O tratamento controle proporcionou aos frutos o menor percentual de controle (5,19%). Bastos e Albuquerque (2004) verificaram que óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*) inibiu 100% do crescimento micelial e da germinação de *C. musae* para concentrações acima de 100 µg mL⁻¹ do óleo, enquanto que, *in vivo*, concentrações do óleo acima de 1% foram capazes de impedir a manifestação de podridões nos frutos de banana "Prata".

De acordo com Carnelossi et al. (2009) ao avaliar, *in vitro* e *in vivo*, o controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose do mamão em pós-colheita, por óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (capim-limão), *Eucalyptus citriodora* (eucalipto), *Mentha arvensis* (menta) e *Artemisia dracuncululus* (estragão) a menor AACPD foi observada no tratamento com *C. citratus*, *E. citriodora*, demonstrando que a doença foi menos severa nesses tratamentos, ao passo que os mesmos diferiram da testemunha com inoculação.

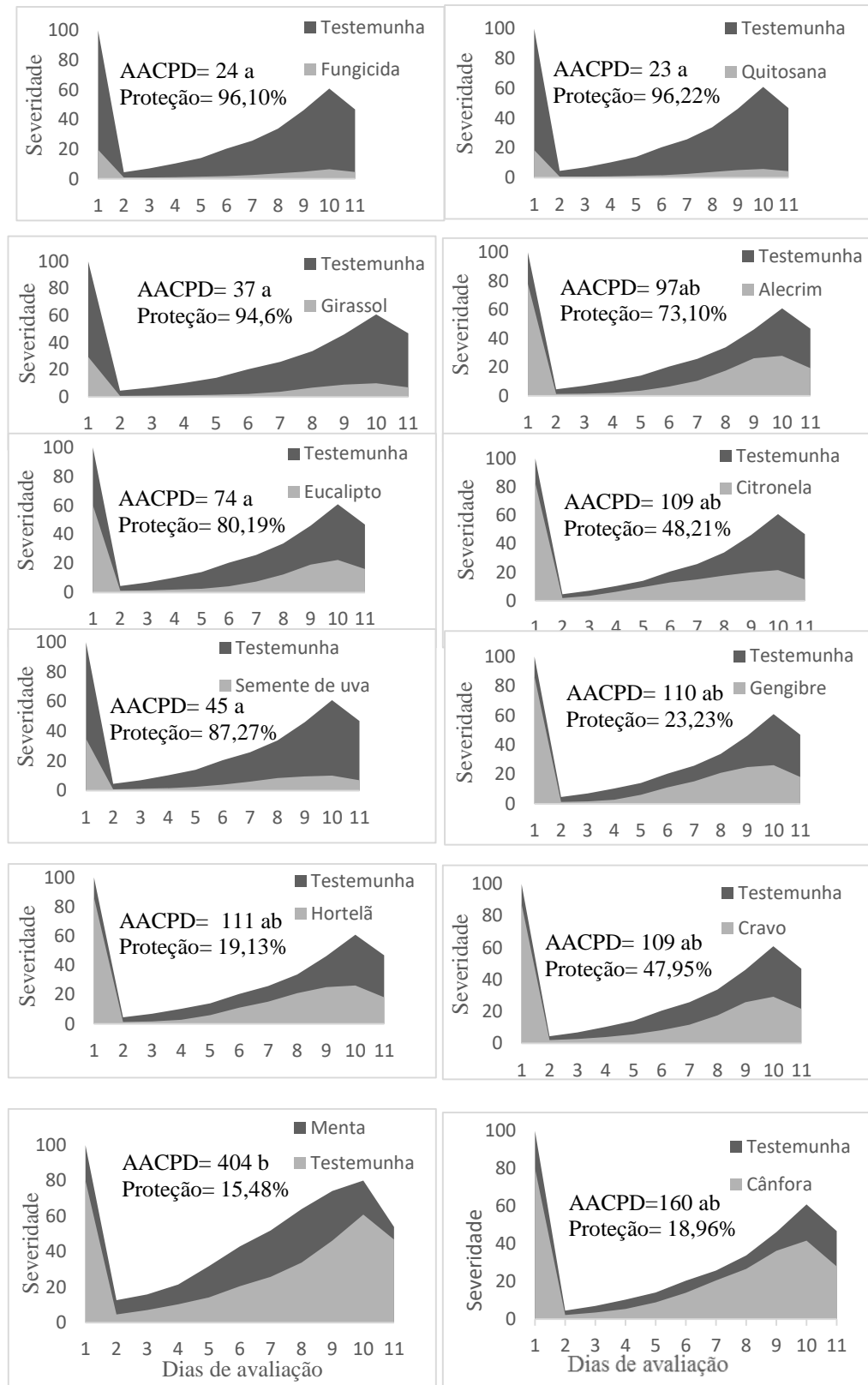


Figura 13. Eficácia de óleos essenciais na redução da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de *Colletotrichum musae* em frutos de banana tratados. Médias de AACPD seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Atividade Enzimática de frutos tratados com óleos essenciais, quitosana e fungicida

A atividade das enzimas nos frutos de bananeira tratados com os óleos essenciais foi afetada quando comparados com o tratamento controle (ADE) e com os frutos ainda verdes (Tabela 2). Os frutos tratados com óleos essenciais, tiabendazol e quitosana apresentaram uma diferença significativa na redução na atividade da peroxidase quando comparados com os frutos onde foi usada apenas água (testemunha negativa). Porém ao compara-los com os frutos verdes (dia 0) eles se destacam pelo aumento da atividade dessa enzima.

Esse comportamento da peroxidase pode ser explicado pelo efeito fungitóxico apresentado pelos óleos, quando esses produtos controlaram o ataque do patógeno consequentemente ocorreu a redução na atividade enzimática nos frutos tratados, bem como o período no qual foi realizada a análise. A peroxidase está relacionada às primeiras respostas de defesa do hospedeiro à infecção por patógenos (TUZUN, 2001) e estão integradas a vários processos fisiológicos na planta, tais como a lignificação, o catabolismo de auxinas, suberização, formação e reticulação de componentes da parede celular e senescência (NASCIMENTO; BARRIGOSI, 2014). Nos frutos não tratados pode ter ocorrido o acúmulo dos produtos das reações da peroxidase durante a senescência (BRITO, 2007).

Demartelaere et al. (2015) avaliando a atividade da POD em frutos de mamoeiro, utilizando os extratos de *A. blanchetti* e *M. charantia*, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos. Melo et al. (2016) também não verificaram diferenças significativas para a atividade enzimática da peroxidase, nos frutos de abacaxizeiro submetidos ao tratamento com indutores de resistência (fosfito de potássio, fosfito de cálcio, fosfito de cobre, Agro-Mos, silicato de cálcio, Biopirol e Bion).

Frutos recém-colhidos apresentam uma elevação na atividade da polifenoloxidase (22,6557 UA.min⁻¹.mg⁻¹ de proteína), apresentando diferença significativa quando comparados com os frutos tratados com os óleos. A média mais expressiva foi obtida pela testemunha negativa com valor de 3,3252 (UA.min⁻¹.mg⁻¹ de proteína). Os tratamentos com óleos essenciais não diferiram entre si.

As atividades da PPO variam em função da espécie, variedade, estágio de maturação, ataque de patógenos e condições de cultivo. De forma geral a atividade enzimática da PPO é mais elevada nos frutos mais jovens (GOUPY et al., 1995).

Tabela 2. Atividade enzimática de Peroxidase, Polifenoloxidase e Fenilalanina amônia-liase (UA.min-1.mg-1 de proteína) em frutos de bananeira Pacovan no de dia da coleta (dia 0) e frutos tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e fungicida (Tiabendazol) durante 15 dias.

Tratamentos	Peroxidase	Polifenoloxidase	Fenilalanina amônia-liase
Coleta (dia 0)	0,5313f	22,6557c	11,2664h
Menta	5,7274 cde	0,6161 a	0,0163 a
Cânfora	12,3227 bc	0,9183 a	0,0080 ab
Gengibre	6,1838 cde	1,0088 a	0,0285 de
Hortelã	3,4855 e	1,2086 a	0,1137 fg
Citronela	5,1453 e	0,9447 a	0,0125 bc
Eucalipto	3,3929 e	0,9387 a	0,0081 ab
Girassol	16,2966 b	1,1102 a	0,0368 de
Alecrim	9,9435 bcd	1,0813 a	0,0186 cd
Cravo	6,2583 cde	0,9697 a	0,0096 abc
S. de uva	4,4098 e	0,7043 a	0,0654 ef
Quitosana	4,1502 e	0,8648 a	0,0055 a
Fungicida	6,3667 cde	1,0797 a	0,0107 abc
ADE	58,0044 a	3,3252 b	0,2336 g
CV (%)	11,79	55,58	9,07

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a ($p < 0,05$) de probabilidade.

A atividade da FAL foi expressiva nas amostras dos frutos verdes, diferenciando-se significativamente dos frutos tratados com os óleos essenciais e com as testemunhas. Portanto pode-se dizer que existe a possibilidade da enzima ter sido ativada nos frutos tratados em um período anterior ao das avaliações, levando em consideração que a quantificação foi realizada apenas no final do experimento, com quinze dias após aplicação dos tratamentos. Alamino et al. (2013) avaliando o uso de indutores a podridão-amarga causada pelo fungo *C. gloeosporioides*, em frutos de macieira não detectaram diferença significativa entre os frutos tratados e não tratados quanto à atividade das enzimas fenilalanina amônia-liase, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase, provavelmente, pelo fato de a atuação das enzimas já estar reduzida no momento da avaliação feita 84 horas após a aplicação dos eliciadores e de ferimentos nos frutos.

Rocha (2015) observou o comportamento da FAL em plântulas de espécies olerícolas tratadas com quitosana que apresentou um valor inferior ao tratamento controle e considerou que a rota metabólica de defesa vegetal seja preferencial para as PR-proteínas quitinase e β -1,3-glucanase. Em detrimento disto, ocorre uma redução da atividade da rota dos fenilpropanoides. O

autor considerou que a enzima possa ter sido ativada momentos antes da avaliação já que está foi realizada apenas no 14º dia de experimento.

5. CONCLUSÕES

- Na análise de severidade houve diferença significativa entre as concentrações dos óleos de cânfora, gengibre, hortelã, citronela, alecrim e cravo. Destacando a de 2% para cânfora, gengibre, hortelã e citronela e 2,5% para alecrim e cravo;
- Os óleos de Hortelã, semente de uva, eucalipto e citronela apresentaram melhores resultados na redução severidade;
- Houve redução na Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença com o uso de óleos essenciais, exceto o óleo de menta.
- A atividade das enzimas foi alterada pelo uso dos óleos essenciais.

6. REFERÊNCIAS

- ALAMINO, Douglas Alvarez et al. Indução de resistência à podridão-amarga em maçãs pelo uso de eliciadores em pós-colheita. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 3, n. 48, p.249-259, mar. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n3/02.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- AMARAL, M.F.Z.J.; BARA, M.T.F. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de plantas sobre o crescimento de fitopatógenos. *Revista Eletrônica de Farmácia*, v.2, n.2, p.5-8, 2005.
- BALBI-PEÑA, M.I. et al. Controle de *Alternaria solani* em tomateiro por extratos de Curcuma longa e curcumina - I avaliação *in vitro*. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.3, p.310-4, 2006.
- BASTOS, Cleber; ALBUQUERQUE, Paulo Sérgio. Efeito do Óleo de Piper aduncum no Controle em Pós-Colheita de Colletotricum musae em Banana. **Fitopatologia Brasileira**, Marituba, v. 29, n. 8, p.54-58, dez. 2004. [Http://www.scielo.br/pdf/fb/v29n5/21869.pdf](http://www.scielo.br/pdf/fb/v29n5/21869.pdf). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fb/v29n5/21869.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2016.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for quantification of microgran quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.
- BRITO, C.A.K; SATO, H.H; SPIRONELLO, A; SIQUEIRA, W.J. Abacaxi IAC gomo-de-mel (Ananás comosus (L.) Merrill): Características da polpa e da peroxidase do suco. *Boletim do CEPPA*, Curitiba, v.25, n.2, p.257-266, 2007. Disponível em: Acesso em: 14 out. 2016.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. New York: Jonh Wiley, 1990. 532p. 07. Colhoun, J. Effects of environmental factors on plant disease. *Ann. Revist Phytopathol.*, Palo Alto, v.11, p.343-364, 1973.
- CARDOSO, M.G., SHAN, A.Y.K.V., PINTO, J.E.B.P., FILHO, N.D. & BERTOLUCCI, S.K.V. 2001. Metabólitos secundários vegetais: visão geral química e medicinal. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- 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. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, [s.l.], v. 11, n. 4, p.399-406, 2009.
- CARRÉ, V.; STANGARLIN, J. R.; BECKER, A.; ZANELLA, A. L.; GONÇALVES JR., A. C.; SCHWANESTRADA, K. R. F.; FRANZENER, G.; CRUZ, M. E. S. Controle pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana (*Musa* sp.) por cânfora (*Artemisia camphorata*) e quitosana. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 5, n. 1, p. 57-66, 2006.
- CARVALHO,P.R.S. **Extratos vegetais: potencial elicitador de fitoalexinas e atividade antifúngica em antracnose do cajueiro**. 2010. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – São Paulo, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105258/carvalho_prs_dr_jabo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 nov. 2016.
- CHOUDHURY, R.P; KUMAR, A; GARG, A.N. Analysis of índia mint (*Mentha spicata*) for essential, trace and toxic elements and its antioxidante behaviour. In press. **Journal of Pharmaceutical and Biomrdical Analysis**, 2006.

COSTA, S.M.O; LEMOS, T.L; PESSOA O.D; PESSOA C; MONTENEGRO, R.C; BRAZ, F.R. Chemical constituents from *Lippia sidoides* and cytotoxic activity. **Journal Natural Products**, 64, 792 - 795, 2001.

COUTO, E.F.; MENEZES,M. Caracterização fisiomorfológica de isolados de *C.musae*. **Fitologia Brasileira**, Brasília, v.29, p.406-412, 2004.

CRUZ, M.J.S.; CLEMENTE, E.; CRUZ, M.E.S.; MORA, F.; COSSARO, L.; PELISSON, N. Efeito dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de mangueira cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 428-433, 2003.

DEMARTELAERE et al. Extratos vegetais no controle da antracnose e na conservação da qualidade em frutos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, p.1041-1048, 17 abr. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v17n4s3/1516-0572-rbpm-17-4-s3-1041.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

DUARTE, M.C.T; LEME, E.E; DELARMELINA, C; SOARES, A.A; FIGUEIRA, G.M; SARTORATTO, A. Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on *Escherichia coli*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.111, p.197-201, 2007.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Ministério da Agricultura, Pecuária e Alimentos MAPA (2014), Technological solutions and innovation: Embrapa in the International Year of Family Farming, Brasília, DF.

FAO. **Agricultura brasileira: Perspectivas e Desafios 2015-2024**. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

FONTENELLE, R. O. S.; MORAIS, S. M.; BRITO, E. H. S.; KERNTOPF, M. R.; BRILHANTE, R. S. N.; CORDEIRO, R. A.; TOMÉ, A. R.; QUEIROZ, M. G. R.; NASCIMENTO, N. R. F.; SIDRIM, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. Chemical composition, toxicological aspects and antifungal activity of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy** v.59, p.934-940, 2007.

GOUPY, P., AMIOT, M.J., RICHARD-FORGET, F., DUPRAT F., AUBERT S., NICOLAS, J. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenol oxidase. **Journal Food Sci.**, v. 60, p. 497-505, 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 outubro. 2016.

ITAKO, A.T; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F; JÚNIOR J. B. T; STANGARLIN J. R; CRUZ, M. E. S. Atividade antifúngica e proteção do tomateiro por extratos de plantas medicinais. **Tropical Plant Pathology**, v.33, n.3, p.241-4, 2008.

JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Plantas Oleaginosas do Pará:Composição Florística e Usos Mediciniais. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v.84, n. 4, p. 124-127, 2006

KORDALI, S; KOTAN, R; CAKIR, A. Screening of antifungal activities of 21 oxygenated monoterpenes in-vitro as plant disease control agents. **Allelopathy Journal**, v.19, n.2, p.373-91, 2007.

MACAGNAN, D; ROMEIRO, R.S; BARACAT-PEREIRA, M.C; LANNAR, F.R; BATISTA, G.S; POMELLA, A.A.W.V. Atividade de enzimas associadas ao estado de indução em mudas

de cacauzeiro expostas a dois actinomicetos residentes de filoplano. **Summa Phytopathologica**. V. 34, n.1, p.34-37, 2008.

MAIA, A. J.; LEITE, C. D.; BOTELHO, R. V.; FARIA, C. M. D. R.; MACHADO, D. Quitosana como opção de controle do míldio para viticultura sustentável. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6 Supl1, p. 2519-2530, 2012.

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

MORAES, W.S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J.D. Quimioterapia de banana ‘prata anã’ no controle de podridões em pós-colheita. **Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo**, v.75, n.01, p.79-84, jan./mar, 2008.

NASCIMENTO, J. B; BARRIGOSI, J. A. F. O papel das enzimas antioxidantes na defesa das plantas contra insetos herbívoros e fitopatógenos. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 1, n. 1, p.134-134, mar, 2014.

NEGREIROS, R. J. Z. Controle da antracnose na pós-colheita de bananas-‘prata’ com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Sp, v. 35, n. 1, p.51-58, dez, 2013.

OLIVEIRA, M.M.M; BRUGNERA, D.F; CARDOSO, M.G; GUIMARÃES, L.G.L; PICCOLI, R.H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.1, p.8-16, 2011.

RASOOLI, I; REZAEI, M.B; ALLAMEH, A. Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. **Food Control**, v.17, n.5, p.359-64, 2006.

ROCHA, R. C. D. S. **Quitosana na indução de resistência ao tombamento de plântulas de espécies olerícolas e no controle de fitopatógenos in vitro**. 2015. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: <repositufpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1617/1/PB_PPGAG_D_Rocha, Rita de Cassia Dosciatti Serrão_2015.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.

RODRIGUES, M. L. M. **Uso de óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de banana prata-anã**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2012. Disponível em: <http://www.producaovegetal.com.br/arquivos_upload/editor/file/dissertacao_maria_rodrigues.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

ROZWALKA, C.L; LIMA, M.C.R.Z.C; MIO, L.L.M; NAKASHIMA, T. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Revista Ciência Rural**, v.38, n.2, p.301-7, 2008.

SÁNCHEZ, E., SOTO, J.M., GARCIA, P.C., LÓPEZ-LEFEBRE, L.R., RIVERO, R.M., RUIZ, J.M. & ROMERO, L. Phenolic compounds and oxidative metabolism in green bean plants under nitrogen toxicity. **Australian Journal of Plant Physiology** V. 27, P. 973-978, 2000.

SATO, K; KRIST, S; BUCHBAUER, G. Antimicrobial effect of trans-cinnamaldehyde, (-)-perillaldehyde, (-)-citronellal, citral, eugenol and carvacrol on airborne microbes using an airwasher. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v.29, n.11, p.2292-4, 2006.

TUZUM S. The relationship between pathogen-induced systemic resistance (ISR) and multigeic (horizontal) resistance in plants. **European Journal of Plant Pathology**. V. 107, P.85-93, 2001.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOQUÍMICAS DE FRUTOS DE BANANEIRA TRATADOS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

SANTOS, M.D.R. **Alternativas de Controle Pós-colheita da Antracnose em Banana** (*Musa* spp.) Areia-PB, 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A banana é uma das frutas mais consumidas no Brasil e com grande grau de suscetibilidade a doenças pós-colheita. A principal doença dessa cultura, a antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum musae* é tratada com defensivos químicos, que atuam de forma eficaz, mas provoca perdas ambientais e interfere negativamente na saúde humana. Atualmente a sociedade está mais preocupada com a procedência dos alimentos que consomem, e buscam por produtos saudáveis, livre de produtos químicos e de boa qualidade. Com isso, a indústria alimentícia procura de adequar as novas exigências do mercado. Diante disso o objetivo desse trabalho foi determinar a qualidade pós-colheita dos frutos tratados com óleos essenciais de menta, eucalipto, cânfora, citronela, cravo, girassol, gengibre, hortelã, semente de uva, alecrim, quitosana e fungicida (Tiabendazol). Os óleos e a quitosana foram adquiridos em loja especializada na venda dos mesmos. Os tratamentos foram compostos pela solução dos óleos na concentração de 2%, quitosana (1,12g/ mL), fungicida (Tiabendazol) (4 mL. L⁻¹) e ADE (água destilada esterilizada) com quatro repetições e três frutos por repetição. As avaliações foram divididas em quatro períodos com intervalos de três dias. As análises físicas e físico-químicas analisadas foram perda de massa, coloração, firmeza, teor de sólidos solúveis totais (SST), determinação do pH, acidez total titulável. Os tratamentos com os óleos essenciais apresentaram algumas interferências positivas na qualidade dos frutos e manteve outras.

Palavras-chave: Doença pós-colheita, físico-química, óleos essenciais.

SANTOS, M.D.R. **Alternativas de Controle Pós-colheita da Antracnose em Banana** (*Musa* spp.) Areia-PB, 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Universidade Federal da Paraíba.

ABSTRACT

Banana is a fruit with great importance to the national economy, however has a big grade of susceptibility to postharvest diseases. The main disease of this culture, anthracnose caused by fungus *Colletotrichum musae*, is treated with chemical defensives that act effectiveness, but cause environmental losses and interfere negatively on human health. Nowadays society is more concerned about the origin of the foods that consume and looks for healthy products, free of agrottoxics and with good quality. With that, food industry seeks to adapt to the new market requirements. Besides that, the objective of this work was to determinate the postharvest quality of the treated fruits with essential oils of mentha, eucalyptus, camphor, citronella, clover, sunflower, ginger, spearmint, grape seed and rosemary in concentration of 2% with four repetitions and three per repetition. To the control treatments were used chitosan (1,12g/ mL), Tiabendazole (4 mL. L¹) and distilled water sterilized (AED). The evaluations were divided into four periods with ranges of three days. The physical and chemical analyses evaluated were loss of mass, colour, firmness, total soluble solids content (SST), pH determination (pH), total titratable acidity. The treatment with the essential oils presented some positive interferences in the quality of the fruits and maintained others.

Key-words: Postharvest disease, physicochemical, essential oils.

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura influencia atividades econômicas, sociais e alimentares, cujo consumo de produtos *in natura* e industrializados cresce rapidamente, gerando riquezas ao país, fixando o homem no campo e cumprindo papel expressivo na saúde humana. Uma grande preocupação no setor de frutas são as doenças que acarretam em grandes perdas e para o controle dos patógenos, é essencial o uso de defensivos agrícolas com menor poder residual; entretanto, dificilmente isso é possível com a aplicação de agrotóxicos em frutas após a colheita (SOLINO et al., 2012) além de que o uso contínuo e indiscriminado de agrotóxicos causa uma série de problemas ambientais e à saúde humana, tais como a interrupção do controle biológico natural, uma vez que organismos não alvo podem ser afetados (SOYLU et al., 2010).

A incidência de patógenos causadores de doenças após a colheita é um dos problemas que prejudica a qualidade e que tem limitado a exportação de frutas brasileiras (COELHO et al, 2010). No caso da banana, várias podridões podem ocorrer nessa fase, porém o maior destaque é dado à antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum musae*, que se manifesta, principalmente, na fruta madura (VENTURA; HINZ, 2002).

A necessidade de minimizar os impactos causados por agrotóxicos, associada à procura crescente por produtos orgânicos, tem favorecido o desenvolvimento de estudos com substâncias alternativas que possam substituí-los no controle desses microrganismos, dentre os produtos naturais usados com esse objetivo, encontram-se os óleos essenciais (BARBOSA et al., 2015). Originários do metabolismo das plantas, os óleos essenciais possuem uma complexa composição química e são considerados fontes de substâncias biologicamente ativas, principalmente contra microrganismos (OLIVEIRA et al., 2011).

A banana é colhida antes da completa maturação, por apresentar padrão respiratório climatérico; no entanto, após a colheita, seu amadurecimento é rápido e irreversível, acompanhado de mudanças significativas nos atributos físicos e químicos – como conversão do amido em açúcar, amaciamento da polpa, aroma, sabor – e pigmentação amarela da casca (MOHAPATRA et al., 2010; ALKARKHI et al., 2011). Isso faz com que a banana madura tenha vida de prateleira relativamente curta, cerca de 6 a 8 dias em temperatura ambiente (HUANG et al., 2014). Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi determinar a qualidade pós-colheita de frutos tratados com óleos essenciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II utilizando frutos de bananeira da variedade Pacovan no estágio pré-climatérico como coloração de casca 1 (totalmente verde) segundo escala de maturação descrita por Von Loesecke (1950), obtidas de produtor da região do Brejo Paraibano.

Os frutos foram tratados com óleos essenciais de eucalipto, hortelã, semente de uva e citronela na concentração de 2,0%, quitosana, fungicida e água destilada esterilizada (ADE). A quitosana, considerando relatos positivos na literatura, foi determinada como tratamento controle, além da ADE e o fungicida (Tiabendazol).

Aplicação dos tratamentos em frutos de bananeira com óleos essenciais e quitosana

Os óleos essenciais utilizados foram obtidos em estabelecimento comercial na cidade de Campina Grande-PB. Foram preparadas dosagens de 2% onde o óleo foi diluído em água destilada esterilizada acrescido de 2 gotas de Tween 20 como emulsionante.

A quitosana foi adquirida da empresa Polymar® com peso molecular na faixa de 104-106 g.mol⁻¹. A mesma foi dissolvida em HCl 0,04 N para melhor homogeneização da solução, ajustando-se posteriormente o pH para 6,0 com KOH 2 N. A solução foi preparada na proporção 100/1,12 (1,12g/100 mL), levando em consideração a densidade do produto e posteriormente homogeneizada em batedeira doméstica por 2 horas consecutivas. Os frutos foram lavados com água, sabão e hipoclorito de sódio a 1%, em seguida pulverizados com uso de pulverizador manual até o ponto de escorrimento e colocados para secar sobre papel toalha à temperatura ambiente (25± 2 °C).

O fungicida tiabendazol (Tecto® SC) foi preparado na dosagem de 4mL. L⁻¹ e aplicado nos frutos por meio de imersão durante 5 minutos. Logo após foram acondicionados em bandejas de poliestireno no tamanho de 11x18 cm durante 15 dias em ambiente com UR de 60-70% e temperatura de 22°C.

Características físicas de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais

- **Maturação:** A maturação dos frutos foi avaliada segundo escala de VON LOESECKE (1950) (Figura 1), através de observações visuais durante 12 dias de avaliação.

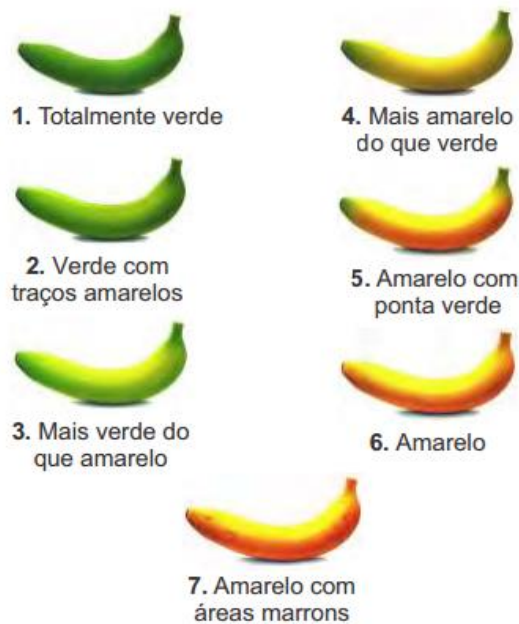


Figura 1. Escala de maturação de frutos de bananeira segundo metodologia de von Loesecke (1950).

- **Perda de Massa (%):** Determinada através de pesagem diária, com balança analítica, levando-se em consideração a massa inicial e final, expresso o percentual de perda durante o armazenamento dos frutos. Fórmula: $PM = 100 - (PF * 100 / PI)$. Onde: PM= Perda de Massa; PF= Peso Final (peso de cada dia) e PI= Peso Inicial (peso do 1º dia de avaliação).
- **Firmeza dos frutos íntegros (N):** Determinada através do penetrômetro digital (Fruit Hardness Tester 5000g modelo FR-5105). Para as leituras, foram usados 3 frutos por repetição. Os valores foram expressos em N.

Características químicas de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais

- **Potencial Hidrogeniônico - pH:** Determinação do pH por potenciometria em eletrodo de vidro, pHmetro de bancada Kasvi, modelo PH 0-14
- **Sólidos Solúveis (SS - %):** Determinado com o auxílio de um refratômetro digital, Milwaukee MA871 Digital Brix/Sugar.
- **Acidez Titulável (AT):** Determinado por titulometria utilizando-se solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína, até obtenção de coloração róseo claro permanente,

utilizando 1 g da amostra em 50 mL de água destilada conforme metodologia Instituto Adolf Lutz (2005), utilizando para a expressão dos resultados a fórmula: $(V \times F \times M \times PM) / (10 \times P \times n)$, onde V= volume gasto de NaOH na titulação em mL; F fator de correção da solução de NaOH; M = molaridade da solução de hidróxido de sódio; PM = peso molecular do ácido tartárico em g; P = massa da amostra em g; e n = número de hidrogênios ionizáveis do ácido tartárico na amostra;

Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x4 (tratamentos x período de avaliação), com quatro repetições de três frutos cada, totalizando 336 frutos. A análise estatística foi realizada mediante comparação das médias pelo teste de Tukey com ($P < 0,5$) através do programa software SAS® versão 5.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físicas de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais

Maturação

Dados demonstram que a regressão se comportou de forma linear, com coeficientes de determinação de 0,93, 0,91, 0,93, 0,96, 0,94, 0,93,0,95 para os tratamentos com óleo de eucalipto, semente de uva, citronela, hortelã e quitosana, fungicida e ADE, respectivamente (Gráfico 1). O tratamento com fungicida apresentou maior maturação com o decorrer dos dias, enquanto que os frutos tratados com a quitosana e os óleos de semente de uva, eucalipto e hortelã diferenciaram-se deste. Alguns autores relatam que com o uso de tratamentos com óleos essenciais pode retardar a maturação devido à redução do metabolismo promovido pela película formada pelos óleos, que, por sua vez, reduzem o oxigênio nos espaços intracelulares dos frutos e diminuem, conseqüentemente, a respiração.

Solino et al. (2012) afirmam que com a aplicação de óleos de copaíba e soja em frutos do maracujazeiro o tempo de conservação foi elevado o, podendo estar associado à formação de uma película de proteção no epicarpo do fruto, que retarda a perda de água e reduz as trocas gasosas. Com isso, há uma redução do metabolismo do fruto, pois as alterações químicas nos frutos ocorrem em baixos níveis de oxigênio (PEREIRA; BELTRAN, 2002; JUNQUEIRA et al. 2004; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Ao modificar a atmosfera, principalmente com revestimentos que reduzam a concentração de O₂ e/ou aumentem a de CO₂, em condições de armazenamento, pode-se inibir o desenvolvimento de patógenos, diretamente, por meio da supressão do crescimento e ou, indiretamente, por meio da manutenção da resistência do hospedeiro, retardando, com isso, os processos de maturação e senescência (BETTIOL, 2005).

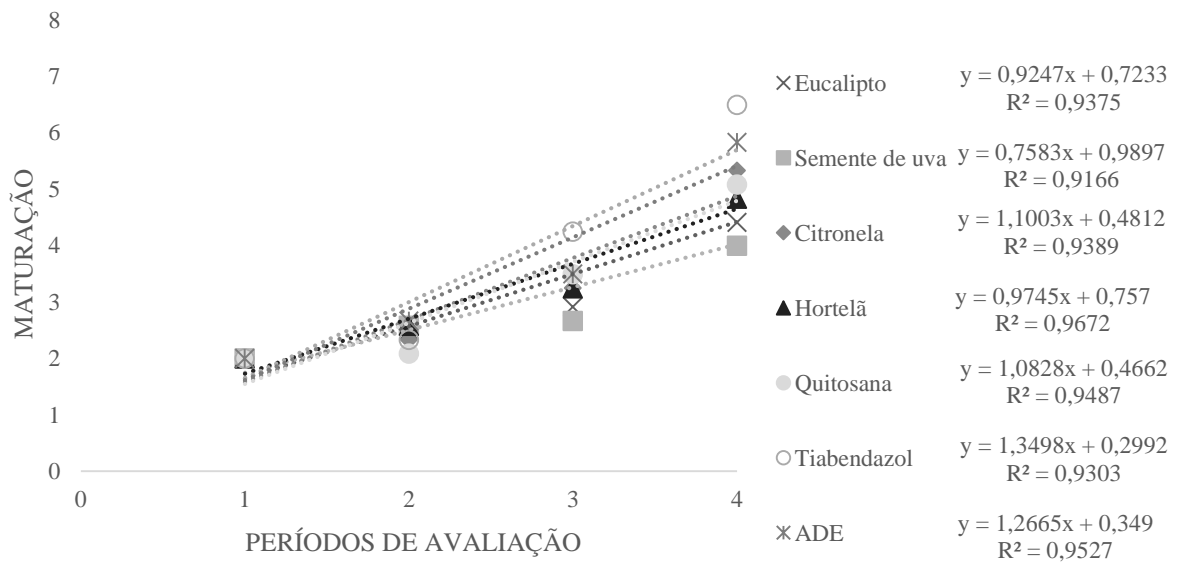


Figura 2. Avaliação da maturação de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias.

Ao observar os frutos pode-se perceber algumas diferenças em seus aspectos. Os tratados com óleo de eucalipto chegaram aos doze dias de armazenamento com boa aparência, assim como o óleo de hortelã, esses se assemelharam aos tratados com quitosana e fungicida. O óleo de semente de uva apesar de proporcionar bons resultados na maturação dos frutos, alguns apresentaram uma coloração escura. A diferença apresentada entre os frutos tratados com tiabendazol e ADE é que o fungicida seguiu a maturação uniforme, enquanto que o tratamento com ADE apresentou frutos em senescência como também frutos parcialmente verdes (Figura 1).



Figura 3. Frutos de bananeira Pacovan submetidos a tratamento com óleos essenciais, aos 12 dias de avaliação. T1

(Eucalipto) T2 (Semente de Uva) T3 (Citronela) T4 (Hortelã)
T5 (Quitosana) T6 (Fungicida) T7 (água destilada esterilizada)
aos 12 dias de avaliação

A polpa da banana verde é caracterizada por uma forte adstringência determinada pela presença de compostos fenólicos solúveis, principalmente os taninos. À medida que o fruto amadurece, ocorre a polimerização desses compostos, com conseqüente diminuição na adstringência e aumento na doçura e na acidez. A intensificação da doçura do fruto decorre da hidrólise do amido, com conseqüente acúmulo de açúcares solúveis. Com o amadurecimento da banana a polpa fica mais mole e, portanto, o grau de maturidade da banana também pode ser avaliado pela força necessária para penetrar a polpa (VILAS BOAS et al., 2001).

Firmeza

Os frutos tratados com óleos de eucalipto, semente de uva, citronela, hortelã, além da quitosana apresentaram comportamento linear para firmeza, com valores de coeficiente de determinação de $R^2 = 0,94, 0,98, 0,98, 0,98, 0,88$ respectivamente. Já os tratamentos com tiabendazol e ADE exibiram comportamento quadrático com $R^2 = 0,77, 0,66$ (Gráfico 2). Sendo que o uso dos óleos de citronela e eucalipto determinou um melhor resultado aos frutos, proporcionando-lhes maior firmeza ao fim dos 12 dias de avaliação, apresentando deste modo diferença significativa do tiabendazol, tratamento controle com menor firmeza. Porém

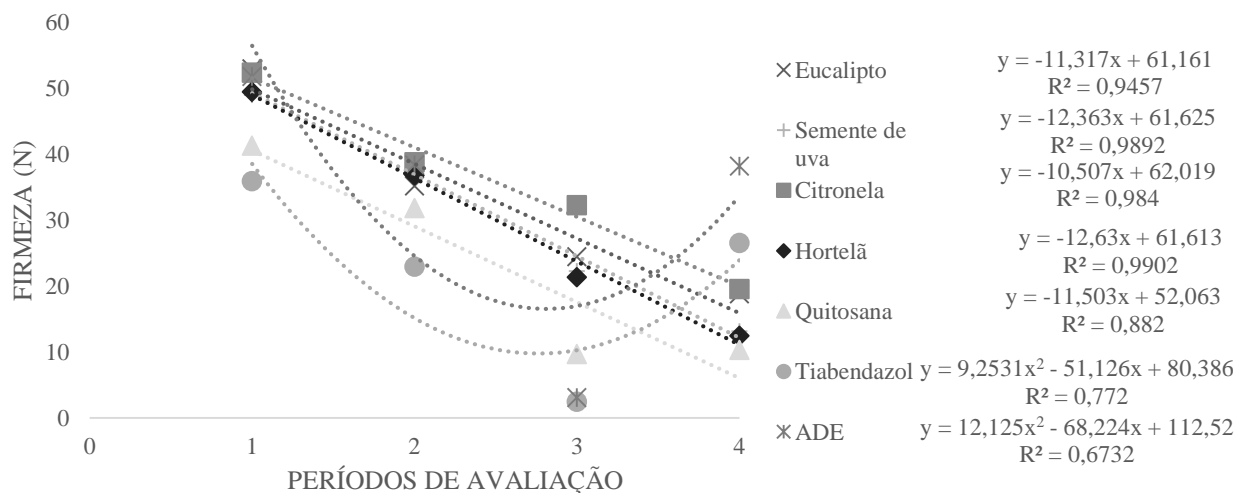


Figura 4. Avaliação da firmeza (N) de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias.

Alemu et al. (2014) ao investigarem a atividade antifúngica dos extratos vegetais e sua aplicabilidade no prolongamento da vida de prateleira de frutos de manga percebeu que quando usaram, *Ocimum basillicum* e *Rosmarinus officinalis* a 10% de concentração variaram de 4,93 N a 5,47 N. A firmeza mais baixa para o fruto estudado pode ter sido ocasionada pelo

elevado nível de infecção por antracnose. Com o aumento da taxa de respiração do fruto e assim resultou na perda da integridade estrutural da parede celular na fruta (Abbasi et al., 2009).

A redução na firmeza da polpa dos frutos geralmente ocorre em virtude da ação de enzimas que atuam em sua parede celular (ALVES, 2014) e os óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon flexuosus* e *O. basilicum* têm sido usados para controlar as doenças pós-colheita da banana, mantendo a qualidade (ANTHONY et al., 2003).

Perda de Massa

Com relação aos valores de perda de massa todos os tratamentos apresentaram comportamento linear com coeficientes de determinação que variam de 0,98 a 0,99 (Gráfico 3). Os frutos tratados com óleo de eucalipto foram os únicos que não diferenciaram significativamente do controle negativo durante os 12 dias de avaliação. Cruz (2006), ao aplicar óleos essenciais de *Citrus sienses*, *Cybopogon citratus* e de *Eucalyptus citriodora*, em manga ver. Tommy Atkins, constatou que a perda de massa fresca dos frutos também foi reduzida.

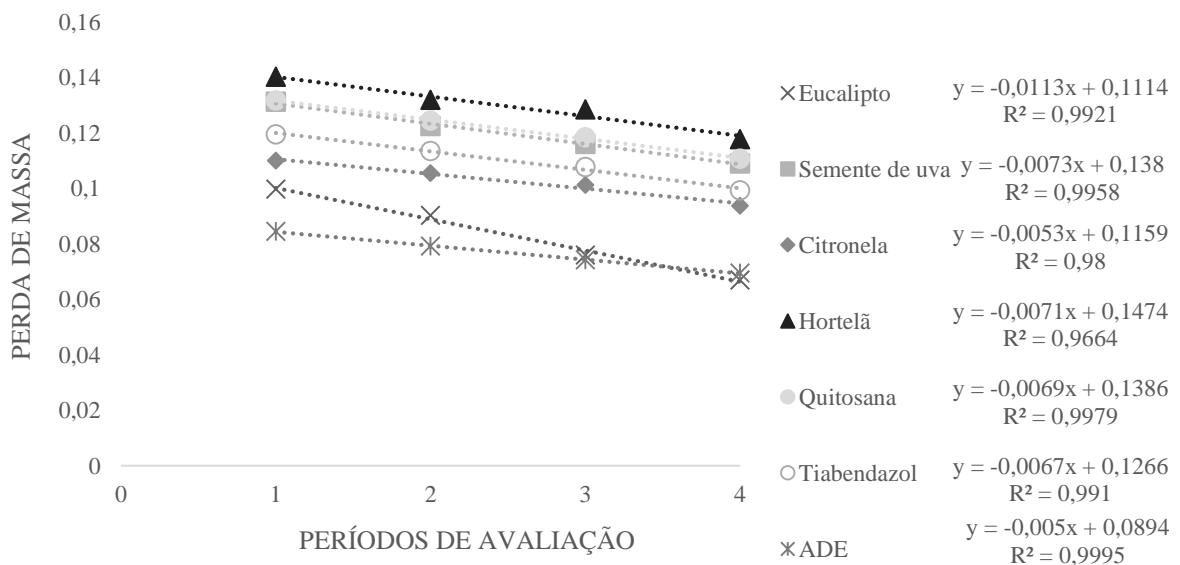


Figura 5. Avaliação da perda de massa de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias.

Sólidos Solúveis

De acordo com os dados do gráfico 4 todos os tratamentos apresentaram comportamento linear onde os coeficientes foram de 0,98, 0,94, 0,92, 0,92, 0,88, 0,77 e 0,96 para eucalipto, semente de uva, citronela, hortelã, quitosana, tiabendazol e água destilada esterilizada respectivamente. Nessa variável os frutos tratados com o fungicida apresentaram um maior teor de sólidos solúveis no final dos 12 dias de armazenamento. Isso se dá pelo

aumento das concentrações de sólidos solúveis de acordo com o estágio de maturação dos frutos, proporcionado pela degradação do amido. O mesmo foi observado por Solino et al. (2012) em frutos de maracujá-amarelo em que se aplicou óleo de nim, copaíba, soja e vinho de jatobá.

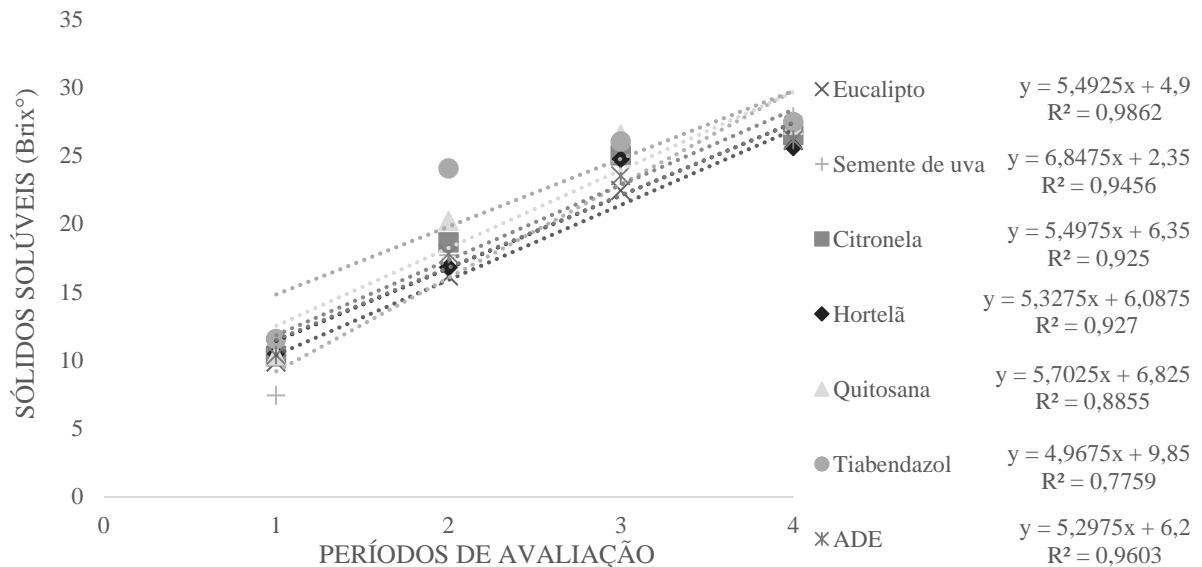


Figura 6. Avaliação de sólidos solúveis (Brix°) em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias.

Alemu et al. (2014) reportaram que houve diferença significativa no SST de frutos de manga como resultado do tratamento com extrato de plantas com valor máximo de SST (17,2, 17,47 e 17,93 °Brix.) foi exibido em frutos tratados com extratos de *Lantana camara* um alto nível de TSS, no entanto quando tratados com extratos de *Ocimum basillicum* a 25%, *Datura stramonium*, *Ruta chalepensis* e *Vernonia amygdalina* a 50% esses foram eficazes na redução do TSS do fruto, retardando a senescência precoce do mesmo. E atribuem esse resultado ao alto nível de severidade da antracnose, o que pode ter acelerado o amadurecimento, resultando no incremento do nível de açúcar dos frutos antes dos outros tratamentos, e o baixo processo de amadurecimento como resultado do baixo nível de infecção por antracnose nos frutos. Havendo desta forma correlação positiva e altamente significativa entre SST e infecção da doença. No entanto Maqbool et al. (2010) utilizando óleo essencial de canela em frutos de banana não observaram diferenças de sólidos solúveis.

Acidez Titulável

A regressão apresentada no gráfico 5 mostra que os tratamentos com quitosana, tiabendanzol e com os óleos de eucalipto e hortelã apresentaram comportamento quadrático com coeficientes de determinação 0,92, 0,98, 0,83 e 0,90 respectivamente, enquanto que os

demais apresentaram comportamento linear com R^2 variando de 0,72 a 0,98. Observou-se, a despeito do tempo, que apenas os frutos tratados com óleo de hortelã diferenciaram da testemunha negativa (ADE), apresentando frutos com menor teor de acidez.

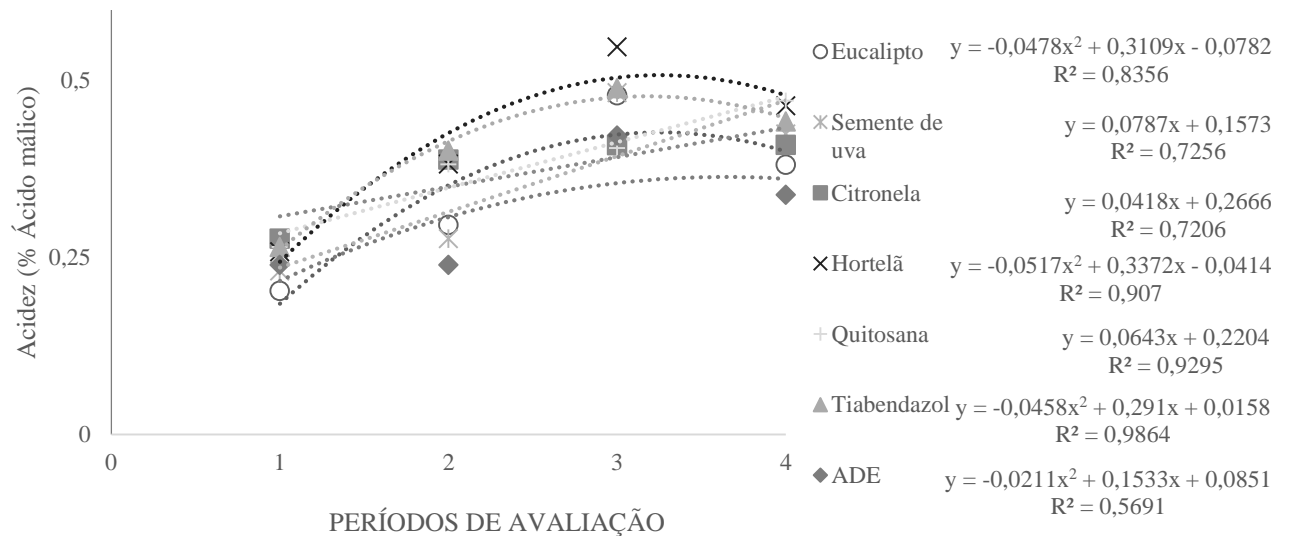


Figura 7. Avaliação da acidez (% de ácido málico) em frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias.

Resultados semelhantes foram observados por Rodrigues (2012) quando avaliou óleos de gengibre em frutos de banana inoculados com conídios de *C. musae*. Anteriormente, Abbasi et al. (2009) demonstraram que o ácido ascórbico e acidez de frutos de manga inicialmente aumentam então decrescem, enquanto que os valores de pH e SST aumentam durante a senescência.

Esse decréscimo pode ser explicado provavelmente pela utilização dos ácidos como substratos respiratórios ou pela conversão em açúcares durante o armazenamento (MARCHI et al. 2000), fato que pode ser atribuído ocorrência da antracnose que aumenta a maturação e frutos e assim reduzir acidez (JABBAR et al., 2011).

pH

De acordo com o exposto no gráfico 6 os resultados da regressão exibem um comportamento quadrático em todos os tratamentos com coeficientes de determinação que ficam entre 0,76 a 0,99. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos.

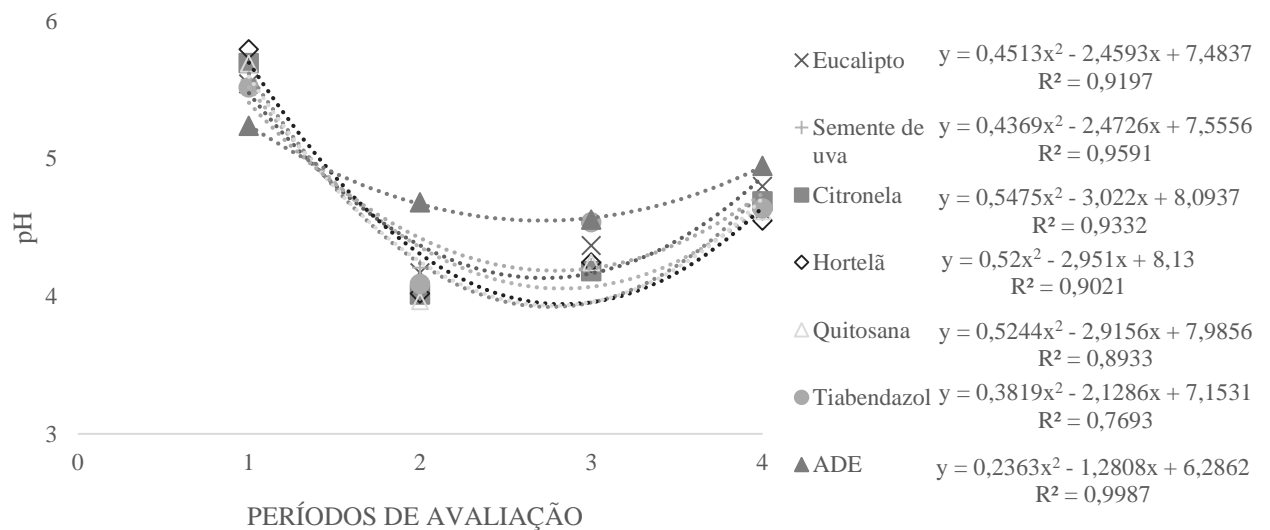


Figura 8. Avaliação do pH de frutos de bananeira tratados com óleos essenciais (concentração de 2%), quitosana e Tiabendazol em intervalos de 3 dias durante 12 dias.

Borges (2013) avaliando a conservação de morangos (*Fragaria vesca*) com revestimentos à base de óleo essencial de sálvia (*Salvia officinalis* L.) observou que os revestimentos não influenciaram significativamente nos valores de pH ao término do armazenamento.

Carnelossi et al. (2009), por sua vez, ao aplicarem óleo essencial de *Eucalipto citriodora* em frutos de mamão constataram que o fator pH foi melhor que o da testemunha. Fato distinto ao resultado apresentado no presente trabalho, onde o pH não houve diferença significativa.

A alteração do pH está associada com o efeito do tratamento na respiração e no metabolismo da atividade dos frutos (JITAREERAT et al., 2007). Os frutos com alta taxa de incidência e severidade da doença apresentaram maiores taxas de respiração que eleva o pH do suco de fruta à medida que há avanço de amadurecimento (ABBASI ET AL., 2009; TEHRANI et al., 2011).

5. CONCLUSÃO

- A qualidade pós-colheita dos frutos de banana não foi afetada pelo tratamento com óleos essenciais, assim, os óleos essenciais podem ser recomendados para o controle da antracnose em frutos de bananeira, reduzindo a severidade da doença.

6. REFERÊNCIAS

- ABBASI, A.M., G. HUSSAIN, D.F; SANAYULLAH, P. Ethnobotany and marketing of crude drug plants in district Haripur, Pakistan. **Pakistan Journal of Plant Sciences**, v. 11, p.103-114, 2005.
- ABBASI A.M., KHAN M.A., AHMAD M., ZAFAR M., KHAN H., MUHAMMAD N., SULTANA S. Medicinal plants used for the treatment of jaundice and hepatitis based on socio-economic documentation. **Afr Journal Biotechnol.** V. 8, p.1645, 2009.
- ALVES, A. P; LA SELVA, M. Amadurecimento de bananas ‘maçã’ submetidas ao 1-meticiclopropeno (1-MCP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 1-4, 2014.
- ANTHONY K.R.N; KLINE D.I; DIAZ, P. Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. **Proceedings National Academy Sciences USA.** V. 45, p. 17442–17446, 2003.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle físico. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI. H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 786-803.
- 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. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.399-406, 2009.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Revista. ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- CRUZ, M.J.S.; CLEMENTE, E.; CRUZ, M.E.S.; MORA, F.; COSSARO, L.; PELISSON, N. Efeito dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de mangueira cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 428-433, 2006.
- HUANG, H.; JING, G.; WANG, H.; DUAN, X.; QU, H.; JIANG, Y. The combined effects of phenylurea and gibberellins on quality maintenance and shelf life extension of banana fruit during storage. **Scientia Horticulturae**, v.167, p.36-42, 2014.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; CHAVES, R.da C.; NASCIMENTO, A. C. do; RAMOS, V. H. V.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, L. P. Efeito do óleo de soja no controle da Antracnose e na conservação da manga Cv. Palmer em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.2. p. 222-225, 2004.
- MAQBOLL, M.A.L.I.A. ,ALDERSON,P.G. Effect of Cinnamon oil on incidence of anthracnose disease and postharvest quality of bananas during storage. **International Journal Agricultura and biology**, v. 12, p. 516-520,2010.
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. da S.; CARDOSO, R. L.; FERREIRA, D. C. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, n.6, v.61, p. 604-608, 2004.
- MOHAPATRA, D.; MISHRA, S.; SINGH, C.B.; JAYAS, D.S. Post-harvest processing of banana: opportunities and challenges. **Food Bioprocess Technology**, v.4, p.327-339, 2010.

OLIVEIRA, M.M.M; BRUGNERA, D.F; CARDOSO, M.G; GUIMARÃES, L.G.L; PICCOLI, R.H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.1, p.8-16, 2011.

PEREIRA, W. S. P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP, bloqueador da ação do etileno visando a prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais: doenças e pragas**, Viçosa: UFV, 2002.

PINHEIRO, A. C. M. **Pós-colheita de bananas maçã submetidas ao 1-MCP**. 2007. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2670/1/TESE_Pós-colheita de bananas `Maçã` submetidas ao 1-MCP.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2670/1/TESE_Pós-colheita%20de%20bananas%20`Maçã`%20submetidas%20ao%201-MCP.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2016.

SOLINO, A. J. S; NETO, S.E.A; SILVA, A.N; RIBEIRO, A.M.A.S. Severidade da antracnose e qualidade dos frutos de maracujá-amarelo tratados com produtos naturais em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Sp, v. 34, n. 1, p.57-66, mar, 2012.

VILAS BOAS, E. V. B; MATSUURA, F. C. A. U ; FOLEGATTI, I. S. Características da fruta. Banana: pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. P.15-19,2001.

7. CONCLUSÕES GERAIS

- Os usos dos óleos estudados são eficientes no controle da severidade causada pelo *Colletotrichum musae*, com exceção do óleo de menta;
- Os óleos essenciais influenciaram na atividade das enzimas;
- Os óleos não interferiram na boa qualidade pós-colheita dos frutos.