



DANIELLA INES BORGES

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO COMPORTAMENTO
DA ANTRACNOSE E NA PÓS-COLHEITA DE
BANANA 'Prata'**

LAVRAS – MG

2011

DANIELLA INES BORGES

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO COMPORTAMENTO DA ANTRACNOSE E
NA PÓS-COLHEITA DE BANANA 'Prata'**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Borges, Daniella Ines.

Óleos essenciais no comportamento da antracnose e na pós-colheita de banana Prata / Daniella Ines Borges. – Lavras : UFLA, 2011.

154 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Nilton Nagib Jorge Chalfun.

Bibliografia.

1. *Colletotrichum musae*. 2. Controle alternativo. 3. Frutífera tropical. 4. Pós-colheita. 5. Produtos vegetais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.772943

DANIELLA INES BORGES

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO COMPORTAMENTO DA ANTRACNOSE E
NA PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘Prata’**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 05 de agosto de 2011

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima	UFLA
Dr. Mario Sobral de Abreu	UFLA
Dr. Eduardo Alves	UFLA
Dra. Ester Alice Ferreira	EPAMIG

Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun
Orientador

**LAVRAS – MG
2011**

“Alguns anjos não possuem asas e sim quatro patas, corpo peludo, nariz de bolinha, orelhas de atenção, olhar de aflição e carência. Apesar dessa aparência, são tão anjos quanto os outros e se dedicam aos seus humanos tanto quanto qualquer anjo costuma dedicar-se. Que bom seria se todos os humanos pudessem ver a humanidade perfeita de um cão...” . Eterna saudade da minha Catarina.

OFEREÇO

A minha pequena família: meu marido Thiago, minha filhinha Lydia Helena e aos meus anjinhos, Isabeau e Jotinha,

DEDICO

"Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo.

Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta."

(Chico Xavier)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as dificuldades que enfrentei, pois, se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.

A Deus a aos anjos do céu, por sempre iluminarem meus caminhos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Nilton Nagib J. Chalfun, pela orientação.

Aos professores do DAG, principalmente do setor de Fruticultura, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos professores Luiz Carlos de O. Lima, Maria das G. Cardoso e Eduardo Alves, por toda ajuda e orientação nos experimentos.

Ao Departamento de Fitopatologia, principalmente ao professor Paulo Estevão de Sousa, pela disponibilidade do espaço físico para a condução dos experimentos.

Ao pesquisador Lair Victor Pereira (EPAMIG) e ao Sr. José Ferreira, pelo auxílio na condução do projeto.

À Marli dos S. Túlio, secretária da pós-graduação, pela ajuda e amizade.

A meu Pai, pelo amor, apoio e confiança em mim depositados.

A minha mãe e avó que, mesmo do céu, continuam me iluminando.

Ao Thiago, pela compreensão e carinho, desde sempre.

A minha pequenininha, Lydia Helena, que veio ao mundo pra nos trazer muitas alegrias.

As minhas amigas Ana Cláudia, Heloísa, Marília e Eliane, pela amizade, carinho e ajuda em todos os momentos e na condução dos experimentos.

RESUMO

Embora seja um dos maiores produtores, o Brasil possui entraves na produção de banana. Grandes perdas são causadas pela ocorrência de doenças na pós-colheita, como a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum musae*. O controle químico vem sendo substituído por métodos alternativos de controle, evitando, assim, os problemas causados por estes produtos. Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de selecionar produtos alternativos para controlar essa doença. Primeiramente, foram realizados testes *in vitro* com óleos essenciais obtidos de alecrim, canela, capim-limão, cravo-da-índia, erva-doce, manjerição, tomilho e orégano, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹, para avaliar o efeito desses no crescimento micelial e na germinação de conídios de *C. musae*. Selecionados para teste *in vivo*, os óleos essenciais de cravo-da-índia (250 mg.L⁻¹), tomilho (500 mg.L⁻¹) e de canela (750 mg.L⁻¹) foram pulverizados sobre bananas 'Prata', inoculadas com o fungo, mas os mesmos não foram eficientes no controle da doença. Em média, ocorreu um acréscimo na percentagem da área lesionada de 20,0%, entre as avaliações. Podem ser observados nas eletromicrografias, conídios germinados, hifas em desenvolvidas e acérvulos, comprovando a ineficiência dos produtos aplicados. Em seguida, o efeito desses óleos foi avaliado as características físicas e bioquímicas de bananas 'Prata', inoculadas com *C.musae*. De acordo com a análise estatística, a maioria das características analisadas apresentou a interação tratamento x data de avaliação como significativa, exceto para perda de massa, acidez e pH, em que apenas o fator data de avaliação foi significativo. Para a coloração da região equatorial e da ponta (L, a* e b*), o fator data de avaliação foi significativo e as coordenadas L e a* da região da ponta. O fator tratamento apresentou-se como significativo a 5%. Para a avaliação do nível de CO₂ e O₂, o fator data de avaliação foi significativo e o fator tratamento foi significativo apenas para o CO₂.

Palavras-chave: *Colletotrichum musae*. Controle alternativo. Frutífera tropical. Pós-colheita. Produtos vegetais

ABSTRACT

Although, it is one of the largest producers, Brazil possesses obstacles in banana production. Huge losses are caused by the occurrence of diseases at post-harvest, such as anthracnose, caused by the fungus *Colletotrichum musae*. Chemical control has been replaced by alternative control methods, thus avoiding the problems caused by these chemicals. Thus, this work was conducted with the purpose of selecting alternative chemicals to control this disease. First, in vitro tests with essential oils of rosemary, cinnamon, lemon grass, Indian clove, fennel, basil, thyme and oregano, at the concentrations of 250, 500, 750 and 1000 mg.L⁻¹, were carried out to evaluate the effects of them upon the mycelial growth and conidial germination of *C. musae*. Selected for in vivo testing, the essential oils of Indian clove (250 mg.L⁻¹), thyme (500 mg.L⁻¹) and cinnamon (750 mg.L⁻¹) were sprayed on banana 'Prata', inoculated with the fungus, but the same ones were not efficient in the disease control. In vivo analysis, they were not effective in controlling the disease. On average, an increase of 20.0% occurred in the percentage of the damaged area between the evaluations. In the electron micrographs, conidia germinated, developing hyphae and acervuli, proving the inefficiency of the chemicals applied. Next, the effect of those oils was assessed upon the physical and biochemical characteristics of 'Prata' banana inoculated with *C.musae*. According to the statistical analyses, most of the traits investigated presented the treatment x date of evaluation interaction as significant, except for mass loss, acidity and pH in which only the factor date of evaluation was significant. For the coloration of the equatorial region and of the tip (L, a* and b*), the factor date of evaluation was significant as well as the L and a* coordinates of the region of the tip. The factor treatment presented itself as significant at 5%. For the evaluation of the level of CO₂ and O₂, the factor date of evaluation was significant and the factor treatment was significant only for CO₂.

Keywords: *Colletotrichum musae*. Alternative control. Tropical fruit-bearing tree. Post-harvest. Plant products

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Escala de cores para estádios de maturação de bananas dos grupos Cavendish e Prata (BRASIL, 2000).....	33
ARTIGO 1		
Figura 1	Efeito <i>in vitro</i> dos óleos essenciais de alecrim, canela, erva-doce e manjerição, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L ⁻¹ , sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum musae</i> , medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM). UFLA, Lavras, MG, 2011	61
Figura 2	Efeito <i>in vitro</i> dos óleos essenciais de capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L ⁻¹ , sobre o crescimento micelial de <i>C. musae</i> , medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM). UFLA, Lavras, MG, 2011	64
Figura 3	Fotografia mostrando o efeito <i>in vitro</i> dos óleos essenciais de alecrim, canela, erva-doce e manjerição, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L ⁻¹ , sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum musae</i> , medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (ICM), após 7 dias de incubação. UFLA, Lavras, MG, 2011	66
Figura 4	Fotografia mostrando o efeito <i>in vitro</i> dos óleos essenciais de capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L ⁻¹ , sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum musae</i> , medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), após 7 dias de incubação. UFLA, Lavras, MG, 2011	67
ARTIGO 2		
Figura 1	Eletromicrografia de varredura de casca de banana, infectada com <i>C. musae</i> , sem efeito de nenhum tratamento (testemunha-água). A, C, D: Hifas bem desenvolvidas (seta). B: Conídio em fase inicial de germinação. UFLA, Lavras, MG, 2011	88
Figura 2	Eletromicrografia de varredura de banana, infectada com <i>C. musae</i> , sob efeito de fungicida. A: hifas bem desenvolvidas. B: Conídios não germinados dentro de estômato. C: Visão geral de um acérvulo e hifa bem desenvolvida e D: Acérvulo com conídios aparentes. UFLA, Lavras, MG, 2011	89

Figura 3	Electromicrografia de varredura de banana, infectado com <i>C. musae</i> , sob o efeito de óleo essencial de cravo-da-índia. A: Hifas originadas de uma rachadura do fruto (seta). B: Acérvulo. C: Conídios não germinados (seta). D: Hifas bem desenvolvidas (seta). UFLA, Lavras, MG, 2011	90
Figura 4	Electromicrografia de varredura de banana, infectado com <i>C. musae</i> , sob o efeito de óleo essencial de tomilho. A, B e C: hifas bem desenvolvidas (seta). D: Aspecto geral da superfície do fruto, com grande número de hifas. UFLA, Lavras, MG, 2011	91
Figura 5	Electromicrografia de varredura de banana infectada com <i>C. musae</i> sob o efeito de óleo essencial de canela. A: conídio não germinado (seta). C: conídio germinado (seta). B e D: hifas bem desenvolvidas. UFLA, Lavras, MG, 2011	92
ARTIGO 3		
Figura 1	Porcentagem média da perda de massa de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	107
Figura 2	Valores médios de acidez total titulável (ATT) e pH de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26± 1°C. Lavras, MG, 2011	109
Figura 3	Valores médios de amido (g.100g ⁻¹), açúcares solúveis totais (g/100g) e sólidos solúveis totais (°Brix) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	114
Figura 4	Valores médios de pectina total e solúvel (g/100g) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	119

Figura 5	Valores médios de firmeza (N) e solubilidade de pectina (pectina total/pectina solúvel x 100) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	121
Figura 6	Valores médios de pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (nmol.g ⁻¹ .min ⁻¹) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	125
Figura 7	Valores médios da coloração da casca (cor L, a* e b*) de bananas ‘Prata’, da região equatorial, submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	126
Figura 8	Valores médios da coordenada L (A) e a* (B) de banana ‘Prata’, da região da ponta, submetida a tratamentos com óleos essenciais de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	128
Figura 9	Valores médios da coloração da casca (cor L, a* e b*) de banana ‘Prata’, da região da ponta, submetida a tratamentos com óleos essenciais de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	129
Figura 10	Valores médios de ângulo Hue (°h) e cromaticidade (C*) da região da ponta de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	134

Figura 11	Valores médios de ângulo Hue ($^{\circ}h$) e cromaticidade (C^*) da região equatorial de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26\pm 1^{\circ}C$. Lavras, MG, 2011	136
Figura 12	Valores médios de gás carbônico ($mL.kg^{-1}.h^{-1}$) de bananas banana ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (●), tomilho (●) e canela (●), testemunha-água (●) e fungicida (Magnate 500 CE [®]) (●), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26\pm 1^{\circ}C$. Lavras, MG, 2011	140
Figura 13	Valores médios de oxigênio ($mL.kg^{-1}.h^{-1}$) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26\pm 1^{\circ}C$. Lavras, MG, 2011	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valor nutritivo de 100 g de banana ‘Prata’	22
ARTIGO 1		
Tabela 1	Percentagem de germinação de conídios de <i>Colletotrichum musae</i> , sob o efeito de óleos essenciais. UFLA, Lavras, MG, 2011	68
ARTIGO 2		
Tabela 1	Severidade (em % de área afetada) de <i>Colletotrichum musae</i> , em frutos de banana ‘Prata’ submetidos a tratamentos com óleos essenciais. UFLA, Lavras, MG, 2011	87
ARTIGO 3		
Tabela 1	Valores médios de amido, açúcares solúveis totais e sólidos solúveis de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	111
Tabela 2	Valores médios de pectina solúvel e pectina total bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	116
Tabela 3	Valores médios de firmeza e de porcentagem da solubilidade da pectina bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26± 1°C. Lavras, MG, 2011	117
Tabela 4	Valores médios da atividade enzimática de pectinametilesterase e de poligalacturonase de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	122

Tabela 5	Valores médios de ângulo Hue e cromaticidade da região da ponta de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26± 1°C. Lavras, MG, 2011	130
Tabela 6	Valores médios de ângulo Hue e cromaticidade da região equatorial de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	132
Tabela 7	Valores médios de gás carbônico de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE [®]), inoculadas com <i>Colletotrichum musae</i> , durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011	139

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO GERAL	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	A cultura da banana	19
2.1.1	Origem e botânica	19
2.1.2	Característica da cultura	20
2.1.3	Valores nutricionais da fruta	21
2.1.4	Colheita e pós-colheita	23
2.2	Antracnose	24
2.2.1	Epidemiologia	24
2.2.2	Sintomas	25
2.2.3	Processos de infecção	25
2.2.4	Método de controle	26
2.2.5	Métodos alternativos de controle	28
2.3	Alterações físicas e bioquímicas decorrentes do processo de amadurecimento da banana	31
2.3.1	Alterações físicas	32
2.3.2	Alterações bioquímicas	33
2.4	A ultraestrutura da interação patógeno-hospedeiro e o modo de ação dos produtos alternativos de controle	37
	REFERÊNCIAS	40
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	
	ARTIGO 1 ATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE COLLETOTRICHUM MUSAE	51
1	INTRODUÇÃO	54
2	MATERIAL E MÉTODOS	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.1	Efeito <i>in vitro</i> de óleos essenciais sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum musae</i>	59
3.2	Efeito <i>in vitro</i> de óleos essenciais sobre a germinação de conídios de <i>Colletotrichum musae</i>	67
4	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS	72
	ARTIGO 2 EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA SEVERIDADE DA ANTRACNOSE E NO PROCESSO DE GERMINAÇÃO DE CONÍDIOS DE <i>Colletotrichum musae</i>, EM BANANA ‘PRATA’	78
1	INTRODUÇÃO	81
2	MATERIAL E MÉTODOS	83

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4	CONCLUSÕES	94
	REFERÊNCIAS	95
	ARTIGO 3 EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOQUÍMICAS DE BANANA ‘PRATA’, INOCULADAS COM <i>Colletotrichum musae</i>	98
1	INTRODUÇÃO	101
2	MATERIAL E MÉTODOS	103
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
4	CONCLUSÕES	142
	REFERÊNCIAS	143
	ANEXOS	147

1 INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* sp.), cultivada na maioria dos países tropicais, produz uma das frutas mais consumidas no mundo devido às boas características de sabor, coloração, aroma e aos altos valores nutricionais. Atualmente, a produção mundial ultrapassou 97 milhões de toneladas, sendo a Índia o maior produtor, contribuindo com cerca de 30% da produção mundial. O Brasil tem destaque no cenário mundial, com pouco mais de 7 milhões de toneladas e área plantada de 532 mil hectares, o que coloca o país em quarto lugar em produção e em segundo em área colhida (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRICULTURAL, 2010; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2011).

Embora seja um dos maiores produtores, a participação brasileira no mercado internacional é insignificante, em razão de diversos fatores, entre eles sua precária estrutura comercial, baixa qualidade de produção e, principalmente, os danos pós-colheita, relacionados a inúmeros fatores como o físico, o fisiológico e o microbiológico (RANGEL; PENTEADO; TONET, 2002).

Dentro do fator microbiológico, inúmeros organismos (fungos, bactérias, nematoides e vírus) prejudicam o desenvolvimento da bananeira, merecendo destaque na pós-colheita o fungo *Colletotrichum musae* (Berk. & Curtis) von Arx., agente causal da antracnose, o qual prejudica a comercialização e o consumo *in natura*, podendo ocasionar danos de até 40% da produção (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005; SILVA, 2000).

A antracnose é considerada a doença de pós-colheita mais importante em todas as regiões produtoras de bananas do mundo, prejudicando a comercialização e o consumo *in natura*, com perdas de até 40% na produção (SILVA, 2000). O fungo infecta os frutos ainda verdes e as infecções permanecem quiescentes até o amadurecimento, quando lesões escuras

desenvolvem-se progressivamente (ABAYASEKARA; RATNAYAKE; ADIKARAM, 1998), afetando sua qualidade e comercialização.

Para o controle da doença vêm sendo utilizados tratamento químico e práticas culturais, visando reduzir a quantidade de inóculo no campo. Em pós-colheita, as medidas de controle são constituídas, principalmente, de fungicidas. Assim, visando minimizar os efeitos quanto ao uso de produtos químicos e aumentar a produção de alimentos de melhor qualidade, prolongando o período da pós-colheita e a redução nas perdas causadas pelo ataque do patógenos, têm-se buscado novas medidas de proteção de frutos na pós-colheita, que incluem o uso de produtos alternativos, como óleos essenciais. Os resultados alcançados nessa linha de pesquisa têm se mostrado promissores para uma utilização prática no controle de fitopatógenos em diversas culturas (BENATO et al., 2002; CARRÉ et al., 2002; FRANCO; BETTIOL, 2000; MOREIRA et al., 2002).

Diante disso e considerando a importância da bananicultura e as perdas na pós-colheita, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de óleos essenciais obtidos de alecrim, canela, capim-limão, cravo-da-índia, erva-doce, manjerição, tomilho e orégano sobre o fungo *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose em banana. Os óleos essenciais mais efetivos foram também avaliados como indutores de resistência da antracnose em banana 'Prata', por meio de avaliações de severidade, estudos em microscópio eletrônico de varredura, como também na maturação da banana 'Prata', analisando suas alterações bioquímicas e físicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da banana

2.1.1 Origem e botânica

A bananeira é uma planta oriunda do sudoeste da Ásia, atualmente encontrada em todas as regiões tropicais, tornando-se uma das culturas mais importantes do mundo (VALMOYORT et al., 1990). Acredita-se que a banana foi identificada no Brasil pelos primeiros emigrantes, havendo descrição sobre a bananeira nativa, denominada pelos indígenas de “pacoba” (MEDINA, 1990; MOURA, 1986).

Inicialmente, a banana possuía sementes, mas, com o tempo, foram sendo selecionadas cultivares sem sementes para o cultivo. Hoje, com exceção de raríssimas variedades silvestres e aquelas utilizadas em trabalho de melhoramento de plantas, não é mais possível encontrar bananas com sementes e sua propagação se faz exclusivamente por processo vegetativo (SOTO-BALLESTERO, 1992).

Tendo em visto o fato de a banana ser uma fruta facilmente adaptável a clima tropical úmido e subtropical seco, não foi difícil seu cultivo na Ásia e nas Américas (FAO, 2011).

É uma monocotiledônea, pertencente à ordem Scitaminales, família Musaceae, subfamília Musoideae, gênero *Musa*, abrangendo entre 24 e 30 espécies, das quais se originam todas as cultivares produtoras de frutos partenocárpicos comestíveis. Das espécies deste gênero, a mais importante é, sem dúvida, a *Musa acuminata*, sendo esta o ponto de partida de todas as bananeiras comestíveis. Deve-se destacar também a associação desta com a *Musa balbisiana* (MEDINA, 1990). Da combinação desses genomas resultaram

os seguintes grupos: diploides (AA, BB), triploides (AAA, AAB, ABB) e tetraploides (AAAA, AABB, AAB, AB) (DANTAS; SOARES FILHO, 1997).

Além dos grupos genômicos, foi criado o termo subgrupo para designar um complexo de cultivares oriundas de um único clone, por meio de mutação (SIMMONDS, 1973).

2.1.2 Características da cultura

A banana é uma fruta climatérica, de considerável importância sócio-econômica nos países tropicais, por constituir uma fonte de calorias, vitaminas e minerais de baixo custo, podendo ser consumida na forma natural em virtude de suas peculiaridades de aroma e sabor (*flavor*), bem como na forma processada, pela população de diferentes classes sociais (VILAS-BOAS et al., 2001). Contribuem ainda para o seu alto consumo a ausência de suco na polpa, a ausência de sementes duras e a sua disponibilidade no mercado brasileiro e em diversos países do mundo durante o ano todo (LICHTENBERG, 1999).

A banana 'Prata' (AAB), pertencente ao subgrupo Prata, foi introduzida no Brasil pelos portugueses. É plantada em quase todo o território brasileiro, sendo importante no mercado interno, principalmente no consumo *in natura* (AGRIANUAL, 2010). A planta apresenta altura variando de 4,5 a 5,5 m, com folhas dispostas na posição mais ou menos ereta. O cacho é normalmente pequeno, com 10-16 kg, com 69-118 frutos. Os frutos são praticamente retos, com seção transversal pentagonal, têm comprimento médio entre 10 a 13 cm e diâmetro de 3,5 a 4,0 cm, com casca de espessura média e cor amarela quando maduros, com polpa creme-pálida (SILVA et al., 1999).

Segundo Rodrigues, Souto e Menegucci (2001), a bananeira 'Prata' adaptou-se muito bem ao clima das regiões brasileiras. Os frutos apresentam

angulosidade definida, que reduz à medida que ocorre o enchimento, entretanto, essa característica não desaparece por completo. O sabor ligeiramente ácido e a polpa de textura consistente dos frutos proporcionam boa aceitação por parte dos consumidores, principalmente no mercado nacional.

2.1.3 Valores nutricionais da fruta

Consumida em sua totalidade na forma *in natura*, a banana é parte integrante da alimentação das populações de baixa renda, não somente por seu alto valor nutritivo, como por seu custo relativamente baixo, além de fazer parte da fixação da mão de obra rural (DANTAS; SOARES FILHO, 1997).

A banana é considerada um dos alimentos mais completos. Constitui de fonte de hidratos de carbono, potássio, sódio, fósforo, cloro, magnésio, enxofre, silício, cálcio, ferro, niacina, vitaminas A, B1, B2 e C, D, E e H, conforme pode ser visualizado na Tabela 1. É nacionalmente conhecida como calmante intestinal, por estimular o apetite e as funções digestivas, graças a uma substância oleosa presente em sua composição, de efeito adstringente, que suaviza o intestino delgado, grosso e reto, sendo aplicada em casos de diarreia aguda ou crônica. Por ser ótima fonte de energia, é um dos alimentos preferidos dos atletas. Uma unidade de banana contém, aproximadamente, 100 calorias, sob a forma de frutose e amido, principalmente (VALOR..., 2008).

Tabela 1 Valor nutritivo de 100 g de banana ‘Prata’

Nutriente	Unidade	Valor por 100 g de porção comestível
Macrocomponentes		
Água	g	74,26
Energia	kcal	92
	g	385
Proteína	g	1,03
Lípídeos (total)	g	0,48
Carboidratos (por diferença)	g	23,43
Fibra dietética (total)	g	2,4
Cinzas	g	0,8
Minerais		
Cálcio, Ca	mg	6
Ferro, Fe	mg	0,31
Minerais		
Magnésio, Mg	mg	29
Fósforo, P	mg	20
Potássio, K	mg	396
Sódio, Na	mg	1
Zinco, Zn	mg	016
Cobre, Cu	mg	0,1
Manganês, Mn	mg	0,15
Selênio, Se	mcg	1,1
Vitaminas		
Vitamina A (retinol)	IU	81
Vitamina A (retinol)	mcg_RE	8
Vitamina B1 (tiamina)	mg	0,04
Vitamina B2 (riboflavina)	mg	0,1
Vitamina B3 (niacina)	mg	0,54
Vitamina B5 (ácido pantotênico)	mg	0,26
Vitamina B6 (piridoxina)	µg	0,57
Vitamina B9 (ácido fólico)	IU	19,1
Vitamina C (ácido ascórbico)	mg	9,1
Vitamina E (tocoferol)	mg_ATE	0,27

Fonte: Brazilian Fruit (2010).

2.1.4 Colheita e pós-colheita

A colheita é uma das operações mais importantes do cultivo da banana. Assim, deve ser precedida de um planejamento que assegure a preservação do cacho, bem como o máximo aproveitamento da fruta, como qualidade que satisfaça aos mercados (ALVES, 2001).

O grande problema da bananicultura brasileira, no que se refere à qualidade do fruto, reside no manejo do produto a partir da colheita. Nessa fase ocorrem vários danos que prejudicam a aparência do produto. A falta de cuidados no manejo pós-colheita é responsável pela desvalorização da banana no mercado interno e pela perda de oportunidade de exportação da fruta brasileira (LICHTEMBERG, 1999). Segundo Botrel (1994), existem técnicas adequadas que, empregadas na colheita, podem minimizar os prejuízos que ocorrem nas últimas etapas da cadeia de produção.

A banana, por ser um produto altamente perecível, em virtude de sua alta taxa respiratória, exige cuidados redobrados na pós-colheita, a fim de reduzirem as perdas que, em determinadas situações, podem chegar a 40% (BOTREL; SILVA; BITTENCOURT, 2001). Segundo Lichtemberg (2001), essas perdas podem atingir índices de 40% a 60%.

De acordo com Lichtemberg (1999), o principal diferencial entre a qualidade das bananas de países tradicionalmente exportadores, como Equador, Costa Rica e Colômbia, e a banana produzida no Brasil são os cuidados na pós-colheita.

Em todas as regiões produtoras os frutos da bananeira estão sujeitos à incidência de inúmeras doenças, causando redução na produção, qualidade e vida pós-colheita, destacando-se aquelas causadas por fungos (PLOETZ, 1998; STOVER, 1972; WARDLAW, 1972). A antracnose causada por *Colletotrichum musae* (Berk. and M.A. Curtis) Von Arx destaca-se como uma das principais

doenças pós-colheita em bananas, levando a grandes perdas na produção (MORAES, 1999).

2.2 Antracnose

A doença tem como agente causal o fungo *Colletotrichum musae* (Berk. & M.A.Curtis) Arx.. Os esporos liberados dos acérvulos se depositam sobre os frutos verdes no campo, germinam e neles penetram, permanecendo a infecção latente até o início da maturação (CORDEIRO, 1997).

Segundo Cordeiro (1997), existem duas formas distintas dessa doença: a antracnose de frutos maduros, originária de infecção latente da casca verde e que permanece dormente até o início da maturação e a antracnose não latente, produzida pela invasão do fungo em ferimentos sobre frutos verdes em trânsito. Esses ferimentos são, geralmente, resultantes do choque entre frutos, e o fungo não produz lesão sobre os frutos verdes no campo, antes da colheita.

2.2.1 Epidemiologia

Em condições favoráveis, todos os frutos da penca podem ser afetados, cobrindo-se de lesões. A temperatura ideal para o crescimento e a esporulação é de 27° a 30°C. Os conídios são mantidos viáveis por períodos longos no tecido da casca, em acérvulos que os protegem de variações extremas de umidade e temperatura (ZAMBOLIM et al., 2002).

Os conídios são disseminados pelo vento e por insetos e, na presença de água livre, germinam em 4 a 24 horas. Durante a penetração, que ocorre entre 24 a 48 horas, ocorre uma reação de hipersensibilidade nas células adjacentes da epiderme, que acumulam fitoalexinas e tornam a infecção latente até a

maturação (JEGER et al., 1995). A infecção pode ocorrer por meio de ferimentos.

2.2.2 Sintomas

As manchas de antracnose, em frutos verdes injuriados mecanicamente, apresentam coloração marrom-escura ou preta, com halo esbranquiçado (JONES; SLABAUGH, 1994), ultrapassando 8 x 3 cm. Em frutos maduros, as manchas são originadas de infecções latentes produzidas ainda no bananal, com a coloração de café (JEGER et al., 1995) e manifestam-se durante o processo de maturação.

As manchas aceleram o processo de maturação da fruta e, à medida que aumentam de tamanho, tornam-se deprimidas no centro, onde se formam os acérvulos cobertos por uma massa de esporos de cor salmão-alaranjado (ZAMBOLIM et al., 2002).

De acordo com Cordeiro (1997), geralmente, a polpa não é afetada, exceto na presença de altos níveis de temperatura ou quando os frutos se encontram em adiantado estágio de maturação.

2.2.3 Processo de infecção

Para espécies do gênero *Colletotrichum*, o processo de pré-penetração envolve o conjunto de eventos que ocorrem a partir do início da germinação do esporo até a penetração da hifa infectiva no hospedeiro, incluindo o movimento direcionado do patógeno em relação ao hospedeiro e o seu crescimento na superfície do hospedeiro com a produção de estruturas especializadas (AMORIM, 1995), incluindo tubos germinativos, apressórios, haustórios, hifas intracelulares necrotróficas secundárias e acérvulos (SUTTON, 1980).

Geralmente, os frutos ainda verdes são mais resistentes a patógenos, devido à presença de fitoalexinas e outros compostos. Em banana, a infecção tem início no campo, onde os conídios são depositados sobre as frutas, penetrando no tecido, provocando infecções quiescentes (PESSOA; OLIVEIRA, 2006). Chillet et al. (2006), trabalhando no patossistema banana x *C. musae*, demonstraram que a idade fenológica é um fator chave na suscetibilidade ao patógeno. Ainda de acordo com os autores, frutas em avançado estágio de maturação são altamente suscetíveis a infecções por *C. musae*, enquanto frutas verdes ou em baixo estágio de maturação apresentam maior resistência a infecção.

Assim, a penetração do tubo germinativo ocorre após a formação de apressórios, que são essenciais para os processos de infecções quiescente e subcuticular durante os primeiros estágios de desenvolvimento da fruta. O apressório em contato com a superfície do hospedeiro adere à cutícula e emite hifas de penetração, sendo a invasão muito rápida em tecido com ferimento, em comparação com a penetração direta através da superfície intacta do hospedeiro, conduzindo à produção de sintomas típicos de antracnose (GOOS; TSCHIRSCH, 1962).

2.2.4 Métodos de controle

O controle deve iniciar no campo, com boas práticas culturais. A desfolha frequente do bananal, com remoção de restos foliares, florais e do coração, é a principal forma de combater o inóculo em sua fonte (ZAMBOLIM et al., 2002).

No momento da colheita, recomendam-se práticas que evitam ferimentos nos frutos, que são a principal via de penetração do patógeno. Além disso, é

importante a calibragem dos frutos, uma vez que os de maior calibre favorecem o aparecimento da doença durante o transporte (CORDEIRO, 1997).

Segundo Eckert e Ogawa (1985), pulverizações ou banhos pós-colheita com fungicidas, especialmente benzimidazóis, são comumente usados para o controle da antracnose. Entretanto, com o surgimento de isolados resistentes, têm reduzido a efetividade dos benzimidazóis, sendo substituído pelo imazalil e pelo procloraz (AL ZAEMEY; MAGAN; THOMPSON, 1993; LAPEYRE-DE-BELLAIRE; DUBOIS, 1997).

O sucesso do controle depende de que a colheita seja feita no estágio correto de maturidade, que os cachos sejam transportados com cuidado para minimizar os ferimentos, da boa organização para limitar a exposição dos ferimentos, de armazenagem cuidadosa e refrigeração rápida nos contêineres, de condições que favoreçam um amadurecimento rápido, de manutenção das casas de embalagem, nos contêineres e salas de amadurecimento limpas para não haver contaminação (FEAKIN, 1972; WARDLAW, 1972). O uso de caixas com forros ou almofadas de polietileno reduz as injúrias durante o transporte (ECKERT; OGAWA, 1985; JONES; SLABAUGH, 1994).

A principal forma de controle das doenças em pós-colheita é o uso de fungicidas, que apresenta alguns inconvenientes, como a forma de aplicação (THOMPSON, 1994; WISNIEWSKI; WILSON, 1992), o surgimento de patógenos resistentes (SPALDING; REEDER, 1972) e as pressões sócio-econômicas. A moderna agricultura requer redução no uso desses produtos na produção de alimentos, havendo necessidade crescente de estratégias de controle alternativas (LAPEYRE-DE-BELLAIRE; MOURICHON, 1998).

2.2.5 Métodos alternativos de controle

Nos últimos anos, tratamentos físicos, químicos e biológicos têm sido experimentados como alternativa aos fungicidas em pós-colheita, estendendo a vida comercial e preservando a qualidade de produtos hortícolas. Dentre esses tratamentos, destacam-se a luz ultravioleta, micro-organismos antagonistas, sais de cálcio e tratamento térmico (SPONHOLZ et al., 2004).

O tratamento térmico é vantajoso por não apresentar resíduos. Assim, os patógenos podem ser controlados, porém, o hospedeiro sofre pouca alteração. A eficácia desse método de controle é avaliada pela redução da viabilidade dos propágulos tratados (GOLAN; PHILLIPS, 1991) e das desordens fisiológicas durante o armazenamento (JACOBI; GILES, 1997), mantendo a consistência dos frutos, o que melhora a resistência a doenças (COUEY, 1989).

Moraes et al. (2006) avaliaram o efeito da termoterapia e quimioterapia associada à temperatura de armazenamento no controle de podridões em pós-colheita de banana 'Prata-Anã'. Sob armazenamento a 13° C, a área lesionada reduziu de 10% para 0%, associado ao tratamento com termoterapia (56° C por 6 minutos), além de prolongar o período de armazenamento até 45 dias.

Em bananas, a termoterapia tem sido usada com propósitos de quarentena (ARMSTRONG, 1982) e para estender a vida comercial do fruto (DOMÍNGUEZ; LÓPEZ-CABRERA; GARCÍA, 1998). A resistência de banana a esse tratamento foi determinada para o subgrupo Cavendish (AAA) (RAHMAN; GRANDISON; CAMPBALL-PLATT, 1994) e 'Prata de Santa Catarina' (AAB) (REYES; NISHIJIMA; PAULL, 1998), para o controle da antracnose e da podridão da coroa, respectivamente.

A termoterapia tem sido muito utilizada para o controle de doenças fúngicas em pós-colheita, entretanto, as maiores limitações ao seu uso referem-

se à falta de proteção residual contra a recontaminação por patógenos oportunistas e às injúrias promovidas no hospedeiro (COUEY, 1989).

A exploração da atividade biológica de compostos secundários, como os óleos essenciais, pode se constituir, ao lado da indução de resistência, em mais uma forma potencial de controle alternativo de doenças em plantas cultivadas (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2003).

Diversos trabalhos com extratos vegetais ou óleos essenciais, obtidos de plantas medicinais da flora nativa, têm indicado seus potenciais no controle de fitopatógenos, tanto por ação fungitóxica direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela indução de fitoalexinas, indicando a presença de compostos de caráter eliciador (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2003). Dentre essas plantas estão *Allium sativum* (alho), *Rosmarinus officinalis* (alecrim), *Artemisia camphorata* (cânfora) e *Cymbopogon citratus* (capim-limão) (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2003).

Alves et al. (2002, 2003) relataram a eficiência de monoterpenos citral, citronelal e dos óleos essenciais das plantas *Cymbopogon citratus* (capim-limão), *C. nardus* (citronela) e *Eucalyptus citriodora* (eucalipto) no controle *in vitro* da germinação de conídios e do crescimento micelial de *Colletotrichum musae*.

A pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) é excelente produtora de óleo essencial, apresentando alto teor do éter fenílico dilapiol (MAIA et al., 1998). Produtos naturais obtidos dessa planta têm apresentado ação eficaz no controle de fitopatógenos (NAIR; BURKE, 1990). Bastos e Albuquerque (2004) relataram que, em concentrações acima de $100\mu\text{g.mL}^{-1}$, o mesmo óleo essencial inibiu em 100% o crescimento micelial e a germinação dos conídios de *Colletotrichum musae* e, a 1mg.L^{-1} , impediu a manifestação de podridões nos frutos de banana 'Prata'.

O óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (capim-limão) inibiu em 100% o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* na concentração de 1.000 a 1.500 $\mu\text{L.L}^{-1}$ e de *C. musae* na concentração de 1.000 $\mu\text{L.L}^{-1}$. Na concentração de 1.500 $\mu\text{L.L}^{-1}$, o óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* (capim-limão) proporcionou inibição de 61% e 84%, respectivamente (PEREIRA et al., 2007). Além desses, os óleos essenciais de *Mentha arvensis* (hortelã-pimenta) e de *Artemisia dracunculus* (estragão) foram efetivos na inibição micelial de *C. gloeosporioides* e em mamão, a 1 mg.L^{-1} , os óleos de *C. citratus* e de *E. citriodora* inibiram o crescimento micelial em 30% e 26%, respectivamente (CARMELOSSI et al., 2007).

Silva et al. (2007) avaliaram a fungitoxicidade de óleos essenciais de alecrim-de-vargem (Família Lamiaceae), alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*), lippia (*Lippia citriodora*), goiaba-branca (*Psidium guajava*), goiaba-vermelha (*Psidium guajava*) e de capim-santo (*Cymbopogon citratus*). Todos se apresentaram efetivos na inibição da germinação de esporos de *C. gloeosporioides*.

Segundo Alves et al. (2007), o óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), em todas as concentrações utilizadas, com destaque para 0,4 mg.L^{-1} , conseguiu inibir o crescimento micelial de *C. gloeosporioides*. Sobre a bactéria *Erwinia carotovora*, Costa et al. (2008) observaram que, na concentração de 0,25, 0,5, 1,0 e 2,0 mg.L^{-1} de óleo essencial, inibiu totalmente o crescimento da bactéria.

O óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum*) testado frente a diferentes sorogrupos de *Escherichia coli* mostrou atividade antibacteriana significativa (MARTINS et al., 2010). O mesmo mostrou-se ativo até a concentração de 2 mg.L^{-1} sobre os isolados da bactéria *E. carotovora* (COSTA et al., 2009). Anteriormente, Stangarlin et al. (1999) obtiveram 100% de inibição

no controle do crescimento micelial de *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia* e *Alternaria*, nas alíquotas de 20, 40, 100, 500 e 1.000 μL .

Souza Júnior, Sales e Martins (2009) observaram que o óleo essencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), a 500 mg.L^{-1} , inibiu completamente o crescimento de *Rhizopus* sp., *Penicillium* spp., *Eurotium repens* e *Aspergillus niger*. Anteriormente, Viegas et al. (2005) obtiveram bons resultados com o mesmo óleo essencial sobre *A. flavus*.

Plotto, Roberts e Roberts (2003) observaram que o óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) apresentou atividade antifúngica a 500 mg.L^{-1} sobre *Botrytis cinerea*, *Alternaria arborescens*, *Geotrichum candidum* e *Rhizopus stolonifer*. Posteriormente, Soyly, Soyly e Kurt (2006) constataram inibição total deste sobre o crescimento micelial de *Phytophthora infestans* a partir de 6,4 mg.mL^{-1} .

2.3 Alterações físicas e bioquímicas decorrentes do processo de amadurecimento da banana

Durante o amadurecimento da banana, várias modificações ocorrem nas células dos frutos, envolvendo processos de degradação e síntese de compostos orgânicos, além de mudanças na atividade enzimática, exteriorizando-se, como mudança na coloração da epiderme, firmeza da polpa, sabor e aroma. O conhecimento dessas mudanças metabólicas associadas com a maturação é essencial para prolongar a conservação da qualidade dos frutos e prevenir distúrbios fisiológicos (BLANKE, 1991; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O início do amadurecimento é marcado por um aumento na taxa respiratória e da produção de etileno (climatério), seguido por uma diminuição, que indica o início da senescência (MUNASQUE et al., 1990).

2.3.1 Alterações físicas

Os principais parâmetros para avaliar a qualidade física da banana são a coloração da casca, a firmeza e o peso da fruta. O primeiro sinal de amadurecimento na banana é perceptível por meio do desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento da cor amarela (AWAD, 1993), causado por uma redução no teor de clorofila na casca do fruto, dando lugar aos carotenoides, pigmentos amarelos que caracterizam a banana madura (BLEINROTH, 1995; MEDLICOTT et al., 1990; SEYMOUR; TAYLOR; TUCKER, 1993).

O grau de coloração da casca da banana é um importante preditor de sua vida útil e é, frequentemente, utilizado como guia para sua distribuição no varejo (VILAS-BOAS et al., 2001). Para tanto, foi desenvolvida uma escala de coloração (Figura 1).

A velocidade de perda de água é dependente de vários fatores externos bem como das propriedades físico-químicas dos componentes da polpa e da casca, que sofrem mudanças decorrentes do amadurecimento influenciando na retenção de água.

A diminuição no teor de água afeta adversamente não somente o peso, mas também a aparência, o *flavor* e a textura dos produtos vegetais. A mudança na textura da polpa conduz a um amaciamento gradual, em decorrência não somente da hidrólise do amido, como também devido à solubilização dos constituintes pécticos (MATOO et al., 1975).

O teor de água intracelular afeta a textura dos frutos ao determinar a pressão de turgor das células. Assim, a diminuição na turgidez pode conduzir à separação celular. A perda da firmeza, no entanto, é mais frequentemente atribuída à decomposição enzimática da lamela média da parede celular (AWARD, 1993; FISHER; ARRIGONI; AMADO, 1994).

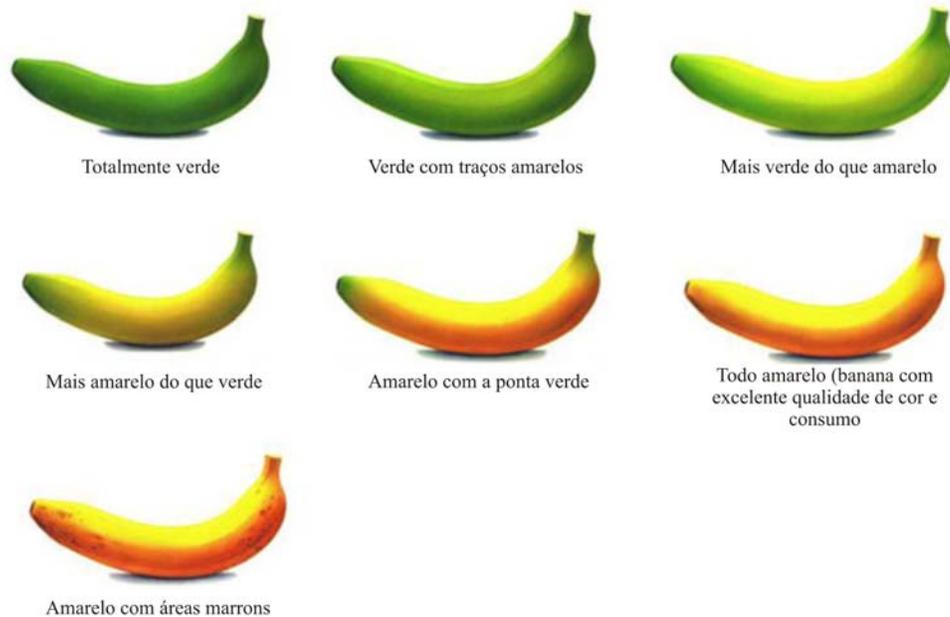


Figura 1 Escala de cores para estádios de maturação de bananas dos grupos Cavendish e Prata (BRASIL, 2000)

2.3.2 Alterações bioquímicas

Segundo Menezes e Draetta (1980) e Vilas-Boas et al. (2001), o sabor da banana é um dos mais importantes atributos de sua qualidade. A polpa da fruta verde é caracterizada por uma forte adstringência determinada pela presença de compostos fenólicos solúveis, principalmente dos taninos, detectada por meio de ligações cruzadas com as proteínas do interior da boca. À medida que a fruta amadurece, ocorre a polimerização desses compostos, com consequente diminuição na adstringência e aumento na doçura e acidez.

Após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam suas próprias reservas de substratos com consequente depressão nas reservas de

matéria seca acumulada. Entretanto, as atividades metabólicas não são apenas catabólicas, pois alguns órgãos vegetais utilizam a energia liberada na respiração para continuar a síntese de pigmentos, enzimas e outros materiais de estrutura molecular elaborada, como parte essencial do processo de amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A banana exibe um padrão climatérico de respiração que se caracteriza, inicialmente, por baixa produção de CO₂, ou absorção de O₂ (pré-climatérico), seguida por uma súbita elevação, atingindo o pico climatérico e, finalmente, um declínio (pós-climatérico) (ABDULLAH et al., 1990; LOESECKE, 1950; PALMER, 1971).

A intensificação da doçura da fruta é decorrente da hidrólise do amido, acarretando na formação de açúcares simples. Cerca de 20% a 25% do amido encontrado na polpa da banana na fase pré-climatérica sofre hidrólise quase que completa durante o amadurecimento, muitas vezes num espaço de 20 a 30 horas (CHITARRA, 1979). Há, então, um conseqüente acúmulo de açúcares solúveis, principalmente glicose, frutose e sacarose (HULME, 1971). Tais açúcares são oxidados e servem como substratos básicos no processo respiratório da fruta.

Sgarbieri, Hec e Leonard (1966) realizaram um estudo bioquímico durante o amadurecimento de diversas variedades de banana cultivadas no Brasil e verificaram que, para banana 'Prata', o teor de amido decresceu de 25,9%, no estágio verde, para 1,5% na fruta muito madura, enquanto os açúcares totais aumentaram de 0,2% para 11,5%. Mota, Lajolo e Cordenunsi (1997) encontraram, para banana 'Prata Anã', um decréscimo do teor de amido de 18,7% para 2,5% e aumento no teor de açúcares solúveis da ordem de 13,9%.

Segundo Forsyth (1980), durante o processo de amadurecimento, a mudança mais marcante na polpa da banana é a conversão de amido a açúcares, o qual sofre rápida conversão no início do amadurecimento (LOESECKE, 1950).

A banana apresenta baixa acidez no início do amadurecimento, que vai aumentando lentamente, mas, à medida que a fruta vai amadurecendo, esse teor tende a decrescer (DURIGAN; RUGGIERO, 1995). De modo geral, a acidez cresce paralelamente à velocidade de hidrólise do amido (BLEINROTH, 1995).

Em estudos realizados por Palmer (1971), o pH da polpa apresentou o comportamento inverso da acidez total titulável, confirmando os resultados obtidos por Carvalho et al. (1989) e Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996), que encontraram, para banana 'Prata' verde e madura, pH de 5,15 e 4,50 respectivamente.

Considera-se que, em banana verde, o ácido oxálico predomina sobre os ácidos málico e cítrico, porém, este ácido diminui com a maturação, dando lugar ao ácido málico como o mais importante (BLEINROTH, 1995). Em estudos realizados com banana 'Prata', demonstrou-se que o teor de acidez pode aumentar de 0,2%, na fruta verde para 0,6%, na fruta madura (CHITARRA; CHITARRA, 1994).

O amaciamento detectado no decorrer do amadurecimento da fruta é um reflexo da degradação coordenada de amido e compostos da parede celular, notadamente substâncias pécticas e hemiceluloses e do aumento de umidade da polpa em razão de trocas osmóticas com a casca (VILAS BOAS et al., 2001).

As substâncias pécticas atuam como matérias cimentantes localizadas na lamela média. Essas substâncias derivam dos ácidos poligalacturônico e ocorrem nas formas de protopectina, ácido pectínico e ácido péctico (SALUNKHE; BOLIN; REDDY, 1991).

Assim, o processo de amaciamento da polpa da banana está intimamente relacionado com a degradação de polissacarídeos pécticos e hemiceluloses, bem como do amido. Existem evidências de que o amaciamento do fruto durante o amadurecimento é acompanhado pelo aumento na solubilização de substâncias pécticas na parede celular e lamela média e que um incremento no teor de

pectina solúvel em água é observado com o decorrer do amaciamento (KOJIMA; SAKURAI; KURAISHI, 1994). Segundo Vilas-Boas (1999), um decréscimo na protopectina e pectina total é observado durante o amadurecimento, paralelamente ao aumento das pectinas solúveis na polpa da banana.

Os sólidos solúveis também são tidos como indicadores do grau de maturidade e estão relacionados com o sabor dos frutos. São constituídos por compostos solúveis em água, que representam substâncias tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (SILVA, 1997).

Os teores de sólidos solúveis aumentam com o amadurecimento de frutos em decorrência da hidrólise da protopectina em pectina solúvel. Segundo Sgarbieri e Figueiredo (1971), a variação no teor de sólidos solúveis em bananas é na ordem de 0,92%, no fruto verde para 22,3%, no fruto maduro.

De acordo com Seymour, Taylor e Tucker (1993), grandes mudanças na estrutura péctica acompanham o amadurecimento de muitos frutos. Essas mudanças na estrutura têm sido atribuídas à ação de poligalacturonase (EC 3.2.1.15, PG) e pectinametilesterases (EC 3.1.1.11, PME).

A PG é uma enzima que catalisa a hidrólise das ligações α -1,4 do ácido poligalacturônico (KONNO; YAMASAKI; KATOH, 1983). A atividade desta enzima tem sido identificada em vários frutos em amadurecimento e está relacionada com o aumento no teor de pectina solúvel e amaciamento que acompanha o amadurecimento (BRADY, 1976; VILAS-BOAS et al., 1996). Sua atividade é aumentada acentuadamente, durante o climatério, participando da perda de firmeza progressiva de muitos frutos (AWAD, 1993).

A enzima PME é conhecida por desesterificar compostos pécticos constituintes na parede celular das plantas. A hidrólise de grupos metil-éster, catalisada por esta enzima, produz pectina com menor grau de metilação, a qual sofre clivagem pela PG. Assim, o efeito sinérgico dessas duas enzimas tem

um importante papel no sucesso de amaciamento do fruto durante o estágio de amadurecimento. A desmetilação da pectina resulta em um maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase, que degrada substâncias pécnicas, preferivelmente desestricadas (FRY, 1986).

2.4 A ultraestrutura da interação patógeno-hospedeiro e o modo de ação de produtos alternativos de controle de patógeno

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a microscopia eletrônica de transmissão (MET) apresentam-se como importantes ferramentas para a elucidação da interação patógeno-hospedeiro e do modo de ação dos óleos essenciais sobre a morfologia de patógenos, pois permitem a observação das alterações estruturais e ultraestruturais, respectivamente, sobre membrana plasmática, citoplasma (coagulação, vacuolização, extravasamento), núcleos e outras organelas, e sobre conídios, estruturas de infecção e hifas (colapsamento, enrugamento) e a visualização dos eventos de infecção (pré-penetração: adesão, germinação e, em alguns casos, formação de apressórios, penetração e estabelecimento das relações parasitárias), colonização e reprodução, bem como as reações das plantas aos patógenos (ALVES; LEITE; KATAJIMA, 2008).

A ultraestrutura de fungos e a interação patógeno-hospedeiro estão bem descritos na literatura, mas o modo de ação desses produtos sobre patógenos ainda necessita de mais estudos. Diversos patossistemas já foram estudados sobre esse assunto.

Zambonelli et al. (1996) observaram, por MEV, a degeneração de hifas e o extravasamento celular de *Colletotrichum lindemuthianum* e *Pythium ultimum* pelo óleo de tomilho a 800 mg.L⁻¹, que promoveu a redução do crescimento micelial, *in vitro*.

Soylu, Soylu e Kurt (2006), por MEV e microscopia de luz, verificaram alterações morfológicas das hifas de *Phytophthora infestans* expostas às fases voláteis e de contato do óleo de orégano, como coagulação citoplasmática, vacuolização, enrugamento das hifas e extravasamento do protoplasto. Sharma e Tripathi (2006), além de distorção, observaram, por MEV, um afinamento da parede e redução do diâmetro das hifas, além da ausência de conidióforos em *Aspergillus Níger*, promovida pelo óleo essencial laranja (*Citrus sinensis*).

O uso de óleos essenciais de *Thymus eriocalyx* e *T. x-porlock* causou colapso severo nas hifas, ruptura de membrana plasmática e destruição das mitocôndrias em *Aspergillus niger*. Ainda, causaram danos à parede, às membranas e às organelas celulares, pela exposição dos esporos do patógeno, nas concentrações inibitórias mínimas de 125 e 250 mg.L⁻¹ (RASOOLI; REZAEI; ALLAMEH, 2006).

Observações em MET e microscopia de luz mostraram alterações morfológicas consideráveis nas hifas e escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, causadas pelos óleos essenciais de orégano (*Origanum vulgare*) e funcho (*Foeniculum vulgare*) que demonstraram eficiência inibindo significativamente o crescimento do fungo no solo tratado, aumentando, assim, o número de mudas de tomate sobreviventes para 69,8% e 53,3%, respectivamente (SOYLU et al., 2007).

Os processos de penetração e colonização de *Colletotrichum musae* em bananas maduras e verdes foram observados por Chang, Lin e Leu (1987) e Chang, Routree e Leu (2000), respectivamente, por meio de microscopia eletrônica de varredura e de transmissão. Ferreira et al. (2009), avaliando os eventos do processo de infecção de *Colletotrichum gloeosporioides* isolado de folhas de cafeeiro e mangueira inoculados em folhas de *Coffea arabica* L., por meio de microscopia eletrônica de varredura, observaram conídios de todos os

isolados aderidos frequentemente nas depressões das células da epiderme e células-guarda dos estômatos com septos formados antes da germinação.

A aplicação da microscopia eletrônica de varredura, como também a de transmissão no estudo da interação patógeno-hospedeiro e do modo de ação de óleos essenciais quimicamente complexos sobre os patógenos em nível celular, serve como auxílio na determinação de estratégias de controle de doenças em plantas.

REFERÊNCIAS

- ABAYASEKARA, C.; RATNAYAKE, S.; ADIKARAM, N. K. B. Resistance of banana fruit to fungal disease: an overview. In: JONSON, G. I.; HIGHLEY, E.; JOYCE, D. C. (Ed.). **Disease resistance in fruit**. Camberra: ACIAR, 1998. p. 93-104.
- ABDULLAH, H. et al. Storage of banana. In: HASSAN, A.; PANTASTICO, E. R. B. (Ed.). **Banana fruit development postharvest physiology, handling and marketing in Asean**. Boston: CRC, 1990. p. 45-64.
- AL ZAEMEY, A. B.; MAGAN, N.; THOMPSON, A. K. Studies on the effect of fruit-coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* *in vitro* and on postharvest control of anthracnose of bananas. **Mycological Research**, Cambridge, v. 97, n. 12, p. 1463-1468, Dec. 1993.
- ALVES, E.; LEITE, B.; KITAJIMA, E. W. Ultraestrutura na era do DNA. In: PASCHOLATI, S. F. et al. (Org.). **Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba: FEALQ, 2008. v. 1, p. 433-466.
- ALVES, E. J. **Banana: pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 22 p. (Frutas do Brasil, 16).
- ALVES, E. S. S. et al. Avaliação de óleos essenciais na inibição do crescimento de fungos de fruteiras. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 343, 2003. Resumo.
- _____. Eficiência de óleos essenciais no controle *in vitro* da germinação de conídios e do crescimento micelial de *Colletotrichum musae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 75, 2002. Resumo.
- ALVES, K. F. et al. Inibição do crescimento fúngico de *Colletotrichum gloeosporioides* pelo óleo essencial de alecrim. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7., 2007, Recife. **Anais...** Recife: Adaltech, 2007. 1 CD-ROM.
- AMORIM, L. Infecção. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 295-308.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Banana**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. 204 p.

ARMSTRONG, J. W. Development of a hot-water immersion quarantine treatment for hawaiian-grown 'Brazilian' bananas. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 75, n. 5, p. 787-791, Oct. 1982.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BASTOS, C. N.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 555-557, set./out. 2004.

BENATO, E. A. et al. Avaliação de fungicidas e produtos alternativos no controle de podridões pós-colheita em maracujá-amarelo. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 28, n. 4, p. 299-304, 2002.

BLANKE, M. M. Respiration of apple and avocado fruit. **Postharvest News and Information**, London, v. 2, p. 429-436, 1991.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: MEDINA, J. C. et al. (Ed.). **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. rev. e ampl. Campinas: ITAL, 1995. p. 179-196. (Série Frutas Tropicais, 3).

BOTREL, B. Sistema de armazenamento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 9-13, 1994.

BOTREL, N.; SILVA, O. F.; BITTENCOURT, A. M. Procedimentos pós-colheita. In: MATSUURA, U. F. C. A.; FOLEGATTI, M. I. da S. (Ed.). **Banana: pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP, 2001. p. 32-39. (Frutas do Brasil, 16).

BRADY, C. J. The pectinesterase of the pulp of the banana fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 3, p. 163-172, 1976.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Banana**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.integração.gov.br>>. Acesso em: 8 abr. 2008.

BRAZILIAN FRUIT. **Banana: referências nutricionais e dietéticas**. Disponível em: <http://www.brazilianfruit.org.br/Informacoes_para_o_Consumidor/informacoes_nutricionais_banana.asp?produto=2>. Acesso em: 7 jun. 2010.

- CARNELOSSI, P. R. et al. Controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão pelo uso de óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus citriodora*, *Mentha arvensis* e *Artemísia dracunculu*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 226, 2007. Resumo.
- CARRÉ, V. et al. Fungitoxicidade de quitosana e extrato de *Artemísia camphorata* a *Colletotrichum musae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 291, 2002. Resumo.
- CARVALHO, H. A. et al. Qualidade da banana prata previamente armazenada em filme de polietileno, amadurecida em ambiente com umidade relativa elevada: acidez, sólidos solúveis e taninos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 5, p. 495-501, maio 1989.
- CHANG, C. W.; LIN, S. H.; LEU, L. S. Electron microscopy of penetration and colonization process of *Colletotrichum musae* on ripe banana fruit. **Plant Protection Bulletin**, Kuala Lumpur, v. 29, n. 1, p. 71-75, Mar. 1987.
- CHANG, H. C.; ROUTREE, R. L.; LEU, L. S. Electron microscopic observation of unripe banana fruit infected with *Colletotrichum musae*. **Plant Protection Bulletin**, Kuala Lumpur, v. 42, n. 3, p. 135-146, Sept. 2000.
- CHILLET, M. et al. Effects of the physiological age of bananas on their susceptibility to wound anthracnose due to *Colletotrichum musae*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n. 9, p. 1181-1185, Sept. 2006.
- CHITARRA, A. B. **Contribuição ao estudo da fisiologia e bioquímica pós-colheita da banana 'Marmelo'**. 1979. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.
- _____. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CORDEIRO, Z. J. M. Doenças e nematóides. In: ALVES, E. J. et al. (Ed.). **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 69-86.

CORDEIRO, Z. L. M.; MATOS, A. P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 99-117.

COSTA, C. M. G. R. et al. Efeito inibitório do óleo essencial de manjerição sobre o crescimento *in vitro* de *Erwinia carotovora*. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 3, p. 35-38, set. 2009.

_____. Inibição do crescimento bacteriano *in vitro* de *Erwinia carotovora* pelo óleo essencial de alecrim. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 7-10, 2008.

COUEY, M. H. Heat treatment for control post-harvest disease and insect pest of fruits. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 1, p. 198-202, Apr. 1989.

DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. S. Classificação botânica, origem e evolução. In: ALVES, E. J. et al. (Ed.). **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 9-13.

DOMÍNGUEZ, A. M.; LÓPEZ-CABRERA, J. J.; GARCÍA, M. P. Effects of hot water treatments on postharvest quality and ethylene synthesis of bananas. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 490, p. 529-535, 1998.

DURIGAN, J. F.; RUGGIERO, C. **Bananas de qualidade**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 37 p.

ECKERT, J. W.; OGAWA, J. M. The chemical control of postharvest diseases: subtropical e tropical fruits. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 23, p. 421-454, Sept. 1985.

FEAKIN, S. D. **Pest control in bananas**. London: Centre for Overseas Pest Research, 1972. 128 p. (Past Manual, 1).

FERREIRA, J. B. et al. Eventos do processo de infecção de *Colletotrichum gloeosporioides* inoculados em folhas de *Coffea arabica* L. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 273-281, out./dez. 2009.

FISCHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening: part 2, analysis of the pectic fractions. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 25, n. 3, p. 167-175, 1994.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT statistical databases**. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

FORSYTH, W. G. C. Banana and plantain. In: NAGY, S.; SHAW, P. E. (Ed.). **Tropical as subtropical fruits: composition, properties and uses**. Westport: AVI, 1980. p. 258-265.

FRANCO, D. A.; BETTIOL, W. Controle de *Penicillium digitatum* em pós-colheita de citros com produtos alternativos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 602-606, jul./ago. 2000.

FRY, S. C. Cross linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 37, p. 165-166, Nov. 1986.

GOLAN, R. B.; PHILLIPS, D. J. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. **Plant Disease**, Quebec, v. 75, n. 6, p. 1085-1089, Dec. 1991.

GOOS, R. D.; TSCHIRSCH, M. Effect of environmental factors on spore germination, spore survival, and growth of *Gloeosporium musarum*. **Mycologia**, Lancaster, v. 54, p. 353-367, 1962.

HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic, 1971. 788 p.

JACOBI, K. K.; GILES, J. E. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapour heat desinfestation and water disease control treatments. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, n. 2, p. 285-292, Apr. 1997.

JEGER, M. J. et al. Banana diseases. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 317-381.

JONES, D. R.; SLABAUGH, W. R. Banana disease caused by fungi: antracnose and fungal scald. In: PLOETZ, R. C. et al. (Ed.). **Compendium of tropical fruit diseases**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1994. p. 4-5.

KOJIMA, K.; SAKURAI, N.; KURAISHI, S. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall componentes and starch during ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 4, p. 772-778, 1994.

KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Exopolygalacturonase from suspension cultures of *Marchantia polymorpha*: its presence and involvement in pectic polysaccharide degradation. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 73, n. 2, p. 216-222, Oct. 1983.

LAPEYRE-DE-BELLAIRE, L. de; DUBOIS, C. Distribution of Thiabendazole-resistant *Colletotrichum musae* isolates from Guadeloupe banana plantains. **Plant Disease**, Quebec, v. 81, n. 12, p. 1378-1383, Dec. 1997.

LAPEYRE-DE-BELLAIRE, L. de; MOURICHON, X. The biology of *Colletotrichum musae* (Berk. et Curt.) Arx and its relation to control of banana anthracnose. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 490, p. 287-303, 1998.

LICHTEMBERG, L. A. Banana: produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 73-90, 1999.

_____. Pós-colheita de banana. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Nova Porteirinha: EPAMIG, 2001. p. 105-130.

LOESECKE, H. W. von. Chemical changes during ripening. In: _____. **Bananas: chemistry, physiology, technology**. New York: Interscience, 1950. p. 67-118.

MAIA, J. G. S. et al. Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing in the Amazon Region. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v. 13, n. 4, p. 269-272, July/Aug. 1998.

MARTINS, A. G. L. A. et al. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjeriço frente a sorogrupos de *Escherichia coli* enteropatogênica isolados de alfaves. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1791-1796, ago. 2010.

MATOO, A. K. et al. Chemical changes during ripening and senescence. In: PANTASTICO, E. B. (Ed.). **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Connecticut: AVI, 1975. p. 272-283.

MEDINA, J. C. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 3. ed. Campinas: ITAL, 1990. 302 p. (Frutas Tropicais, 3).

MEDLICOTT, A. P. et al. Measurement color changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 69, p. 161-166, Apr. 1990.

MENEZES, H. C. de; DRAETTA, I. S. dos. Bioquímica. In: _____. **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. São Paulo: ITAL, 1980. p. 9-59.

MORAES, W. S. **Interação de métodos de controle de podridões em pós-colheita da banana 'Prata-anã' (AAB)**. 1999. 75 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MORAES, W. S. et al. Termoterapia e quimioterapia de banana 'Prata-Anã' associadas à temperatura de armazenamento no controle de podridões em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 17-22, jan./fev. 2006.

MOREIRA, L. M. et al. Controle em pós-colheita de *Monilia Fructicola* em pêssegos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 395-398, maio/jun. 2002.

MOTA, R. V. da; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B. R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa* spp.) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 94-97, 1997.

MOURA, P. A. M. de. Aspectos econômicos da cultura da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 133, p. 3-7, 1986.

MUNASQUE, V. S. et al. Fruit growth and maturation of banana. In: HASSAN, A.; PANTÁSTICO, E. B. (Ed.). **Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing, in ASEAN**. Jakarta: ASEAN Food Handling Bureau, 1990. p. 33-43.

NAIR, M. G.; BURKE, B. A. Antimicrobial *Piper* metabolite and related compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 38, n. 4, p. 1093-1096, Apr. 1990.

PALMER, J. K. The banana. In: HULMER, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic, 1971. v. 2, p. 65-105.

- PEREIRA, A. J. et al. Inibição *in vitro* do crescimento micelial de *Colletotrichum musae* e *Colletotrichum gloeosporioides* por óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf e *Eucalyptus citriodora* Hooker. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 185, 2007. Resumo.
- PESSOA, W. R. L. S.; OLIVEIRA, S. M. A. Doenças da banana. In: OLIVEIRA, S. M. A. et al. (Ed.). **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006. p. 539-554.
- PLOETZ, R. Banana diseases in the subtropics: a review of their importance, distribution and management. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 490, p. 263-276, 1998.
- PLOTTO, A.; ROBERTS, D. D.; ROBERTS, R. G. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 628, p. 737-745, 2003.
- RAHMAN, R. A.; GRANDISON, A.; CAMPBALL-PLATT, G. Electron beam irradiation combined with hot-water immersion treatment for banana preservation. In: CHAMP, B. R.; HIGHLEY, E.; JONSON, G. I. (Ed.). **Postharvest handling of tropical fruits**. Melbourne: ACIAR, 1994. p. 378-380.
- RANGEL, A.; PENTEADO, L. A. C.; TONET, R. M. **Cultura da banana**. 2. ed. Campinas: CATI, 2002. 91 p.
- 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**, Guildford, v. 17, n. 5, p. 359-364, May 2006.
- REYES, M. E. Q.; NISHIJIMA, W.; PAULL, R. Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' bananas with hot water treatments. **Postharvet Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 71-75, Feb. 1998.
- RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos da bananeira 'Prata-Anã' irrigada na Região Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 559-562, maio/jun. 2001.

SALUNKHE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. **Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables**: fresh fruits and vegetables.

Boston: CRC, 1991. v. 1, 323 p.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 54-56, jan./fev. 2003.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. S.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454 p.

SGARBIERI, V. C.; FIGUEIREDO, I. B. Transformações bioquímicas de banana durante o amadurecimento. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v. 2, n. 12, p. 85-94, 1971.

SGARBIERI, V. C.; HEC, M.; LEONARD, S. J. Estudo bioquímico de algumas variedades de banana cultivadas no Brasil. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 1, p. 527-559, 1966.

SHARMA, N.; TRIPATHI, A. Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogens. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 22, n. 6, p. 587-593, June 2006.

SILVA, A. C. et al. Efeito de extratos vegetais e óleos essenciais sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* isolado do maracujazeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 220, 2007. Resumo.

SILVA, S. de O. Cultivares de banana para exportação. In: ALVES, E. J. et al. (Ed.). **Banana para exportação**: aspectos técnicos da produção. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 9-13.

_____. _____. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção**: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2000. p. 30-38.

SILVA, S. de O. et al. Cultivares. In: ALVES, E. J. (Ed.). **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2. ed. Brasília: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. p. 85-105.

SIMMONDS, N. W. **Los plátanos**. Barcelona: Blume, 1973. 539 p.

SOTO-BALLESTERO, M. **Banana**: cultivo y comercialization. San José: Litografía, 1992. 674 p.

SOUZA JÚNIOR, I. T.; SALES, N. L. P.; MARTINS, E. R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 77-83, set. 2009.

SOYLU, E. M.; SOYLU, S.; KURT, S. Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*. **Mycopathologia**, Dee Haag, v. 161, n. 2, p. 119-128, Feb. 2006.

SOYLU, S. et al. Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 103, p. 1021-1030, Oct. 2007.

SPALDING, D. H.; REEDER, W. F. Postharvest disorders of mango as affected by fungicides and heat treatments. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 56, p. 751-753, 1972.

SPONHOLZ, C. et al. Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana prata no controle da antracnose em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 480-485, set./out. 2004.

STANGARLIN, J. R. et al. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. **Biotechnology Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 16-21, 1999.

STOVER, R. H. **Banana plantain and abaca disease**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1972. 316 p.

SUTTON, B. C. **Coelomycetes**. Surrey: CMI Kew, 1980. 696 p.

THOMPSON, A. K. Preharvest fungicidal spray for postharvest disease control. In: POSTHARVEST HANDLING OF TROPICAL FRUITS, 1., 1994, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: ACIAR, 1994. p. 169-171.

VALMAYORT, R. V. et al. Commercial banana cultivars in ASEAN. In: HASSAN, A.; PANTASTISCO, E. B. (Ed.). **Banana: fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN**. Jakarta: ASEAN Food Handling Bureau, 1990. p. 23-32.

VALOR nutricional dos alimentos. Disponível em:
<<http://www.dietaoriginal.com.br>>. Acesso em: 13 jan. 2008.

VIEGAS, E. de C. et al. Toxicidade de óleos essenciais de alho e casca de canela contra fungos do grupo *Aspergillus flavus*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 915-919, out./dez. 2005.

VILAS-BOAS, E. V. de B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. 1999. 75 p. Monografia (Especialização em Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

VILAS-BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de bananas Prata γ -irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, set. 1996.

VILAS-BOAS, E. V. de B. et al. **Banana: pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 19 p.

WARDLAW, C. W. **Banana disease, including plantains and abaca**. London: Longman, 1972. 878 p.

WISNIEWSKI, M. E.; WILSON, C. L. Biological control of post-harvest disease of fruits and vegetables: recent advances. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 94-98, Mar. 1992.

ZAMBOLIM, L. et al. **Controle de doenças de plantas: fruteiras**. Viçosa, MG: UFV, 2002. v. 2, 938 p.

ZAMBONELLI, A. et al. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi *in vitro*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 144, n. 2, p. 491-494, Feb. 1996.

ARTIGO 1

**ATIVIDADE FUNGITÓXICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE
CONÍDIOS E MICÉLIOS DE *Colletotrichum musae***

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de óleos essenciais de alecrim, canela, capim-limão, cravo-da-índia, erva-doce, manjerição, orégano e tomilho, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1000 mg.L⁻¹ sobre o crescimento micelial e a germinação de *Colletotrichum musae*. Para o crescimento micelial, um disco de micélio foi colocado em uma placa de Petri (9 cm) contendo meio de cultura BDA, com o óleo essencial incorporado. Em seguida, estas foram levadas para incubação em BOD, com fotoperíodo de 12 horas, a 25°C, onde permaneceram até o fim das avaliações. Foi avaliado o índice de velocidade de crescimento micelial em oito repetições, tendo cada placa constituído uma repetição. Para o teste de germinação de conídios, alíquotas de 100 µL da suspensão de conídios (2x10⁶ conídios.mL⁻¹) foram adicionadas nas placas de Petri (5 cm) contendo meio ágar-água, com o óleo essencial incorporado, por 12 horas, a 25°C. Foram utilizados quatro repetições, sendo cada uma constituída por metade da placa, onde foram observados os conídios germinados, num total de 200 conídios/placa. Os óleos essenciais que apresentaram melhor efeito de inibição do crescimento micelial foram os de cravo-da-índia (250 mg.L⁻¹), tomilho (500 mg.L⁻¹) e canela (750 mg.L⁻¹). Para a inibição da germinação, a maioria foi efetiva, exceto o óleo essencial de alecrim, em todas as concentrações e o de canela a 250 mg.L⁻¹.

Palavras-chave: Antracnose. Controle alternativo. Banana. Pós-colheita. Propriedades antimicrobianas.

ABSTRACT

The goals of this study were to evaluate the effect of essential oils of rosemary, cinnamon, lemon grass, India clove, anise, basil, oregano and thyme, in concentrations of 250, 500, 750 and 1000 mg.L⁻¹ on the mycelia growth and conidial germination of *Colletotrichum musae*. For mycelial growth, mycelia plugs were placed in places of Petri (9 cm) containing BDA medium, with essential oil mixed. Then, were taken to incubation in growth chamber with a photoperiod of 12 hours at 25°C, where they remained until the end of evaluations. It was evaluated the IMGR (index of mycelial growth rates) in eight repetitions, being each plate consisted of a repetition. To the test of the conidial germination, aliquots of 100 µL of the spore suspension (2x10⁶ conidial.mL⁻¹) were added in the Petri dishes (5 cm) containing water-agar medium, with essential oil mixed and kept for 12 hours, at 25°C. Four repetitions were used, being that each repetition consisting of half of the dish, where were observed the conidial germination of 200 conidia. The essential oils, that showed the best effect of inhibition of mycelial growth, were those extracted from clove (250 mg.L⁻¹), thyme (500 mg.L⁻¹) and cinnamon (750 mg.L⁻¹). For the inhibition of the germination, most was effective, except the essential oil of rosemary, at all concentrations and cinnamon at 250 mg.L⁻¹.

Keywords: Antracnose. Alternative control of plant diseases. Banana. Post-arvest. Antimicrobial properties.

1 INTRODUÇÃO

As perdas ocorridas na pós-colheita da banana são decorrentes de inúmeros fatores, como o microbiológico (RANGEL; PENTEADO; TONET, 2002). Dentre esses, o *Colletotrichum musae* (Berk. & Curtis) von Arx, agente causal da antracnose em bananeira, causa grandes danos à comercialização e ao consumo *in natura*, podendo ocasionar perdas de até 40% (CORDEIRO; KIMATI, 1997; SILVA; CORDEIRO, 2000).

As medidas de controle desta doença são constituídas, principalmente, pela aplicação de fungicidas. Entretanto, as restrições ao uso destes, devido à fitotoxicidade, aos efeitos residuais, ao espectro de ação e à resistência pelo patógeno, têm levado a procura de métodos alternativos de controle tais como: o uso de produtos naturais eficientes (biofungicidas, extratos vegetais, óleos essenciais e etc.) e de baixo impacto ambiental. Os resultados alcançados nessa linha de pesquisa têm se mostrado promissores para a utilização, na prática, no controle de fitopatógenos em diversas culturas (BENATO et al., 2002; CARRÉ et al., 2006; FRANCO; BETTIOL, 2000; MOREIRA et al., 2002).

Na literatura, tem-se observado a eficiência de óleos essenciais, obtidos de uma ampla gama de espécies botânicas, em promover a inibição do desenvolvimento de vários fitopatógenos em frutos na pós-colheita (GARCIA et al., 2008; LEE et al., 2007; MARQUES et al., 2000; TRIPATHI; DUBEY; SHUKLA, 2008). De acordo com a International Standard Organization (ISO), os óleos essenciais são produtos obtidos de partes de plantas por meio de destilação por arraste a vapor, bem como os produtos obtidos por prensagem dos pericarpos cítricos. De forma geral, são substâncias orgânicas voláteis, as quais são muito conhecidas pelo aroma que caracteriza certas plantas (SIMÕES; SPITZER, 2004).

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito

fungitóxico de óleos essenciais obtidos de alecrim, canela, capim-limão, cravo-da-índia, erva-doce, manjerição, tomilho e orégano, sobre o crescimento micelial e a germinação de conídios de *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose em banana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O isolado de *C. musae* foi obtido a partir de bananas ‘Prata’, naturalmente infectadas, provenientes de um supermercado local, situado na cidade de Lavras, MG. O fungo foi transferido para placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), em seguida levado à incubação em câmara de crescimento (BOD), com fotoperíodo de 12 horas, sob temperatura de 25°C, por sete dias, onde permaneceu até a condução do experimento.

O processo de extração dos óleos essenciais foi realizado no Laboratório de Química Orgânica, no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. O método utilizado foi por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger modificado (CASTRO et al., 2006). Os materiais vegetais utilizados foram folhas de tomilho (*Thymus vulgaris*), orégano (*Origanum vulgare*), manjeriço (*Ocimum basilicum*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), botão floral de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), sementes de erva-doce (*Pimpinella anisum*) e casca do caule de canela (*Cinnamomum zeylanicum*).

Os testes foram conduzidos no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG.

Para avaliação do crescimento micelial, foram conduzidos dois experimentos, sendo cada um com quatro óleos essenciais. No primeiro foram avaliados os efeitos de óleos essenciais de alecrim, canela, erva-doce e manjeriço e, no segundo, óleos essenciais de capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho. Como testemunha absoluta utilizou-se água destilada estéril e como testemunha positiva, um fungicida sistêmico (Magnate 500 CE[®]), de acordo com a dosagem recomendada pelo fabricante (200 mL.100 L⁻¹ de água).

Utilizaram-se placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Os óleos essenciais foram incorporados ao meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), nas

concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹. Discos de 0,8 cm de diâmetro, contendo o micélio do fungo, foram colocados no centro da placa e, em seguida, levadas à incubação em câmara de crescimento (BOD), com fotoperíodo de 12 horas, sob temperatura de 25° C, onde permaneceram até o fim das avaliações.

Nos dois experimentos foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições, tendo cada placa de Petri se constituído de uma repetição.

As avaliações foram iniciadas um dia após a inoculação, sendo avaliado o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), pela seguinte equação proposta por Oliveira et al. (1992):

$$\text{IVCM} = \sum (D - D_a) / N$$

em que

IVCM = índice de velocidade de crescimento micelial;

D = diâmetro médio atual da colônia;

D_a = diâmetro médio da colônia do dia anterior e

N = número de dias após a inoculação.

Os dados de IVCM foram analisados no programa Sisvar (FERREIRA, 2000). Os tratamentos com óleos essenciais, nas respectivas concentrações, foram analisados por regressão e esses foram comparados com as testemunhas por contraste.

Para o teste de germinação, foram utilizadas placas de Petri de 5 cm de diâmetro, contendo meio de cultura ágar-água incorporado com o óleo essencial, originando as concentrações finais 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹. Aliquotas de 100 µL da suspensão de conídios (2x10⁶ conídios.mL⁻¹ de água destilada com Tween 20 a 0,7%) foram adicionadas nas placas de Petri, sendo posteriormente

incubadas, por 12 horas, a 25° C. Depois, foi feita a análise de germinação em microscópio de luz.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, composto por 32 tratamentos, com 4 repetições, sendo cada repetição constituída de metade de uma placa de Petri, onde foram observados 50 conídios, totalizando 200 conídios por placa.

As análises dos experimentos foram realizadas no programa Sisvar (FERREIRA, 2000) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5%. Devido à grande quantidade de valores zero de germinação, os dados foram transformados para arco-sen $\sqrt{x/100}$, em que x é a porcentagem observada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito *in vitro* dos óleos essenciais no crescimento micelial de *Colletotrichum musae*

De acordo com as análises estatísticas, em ambos os experimentos, as variáveis óleo essencial, concentração, óleo essencial x concentração e fatorial x adicional foram significativas, a 5,0% (Tabelas 1A e 3A). De forma geral, o crescimento micelial foi reduzido com o aumento das concentrações dos óleos essenciais testados.

No primeiro experimento, ambos os contrastes mostraram-se como significativos a 5,0% de probabilidade (Tabela 2A). A média geral do índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) apresentada no fatorial (óleo essencial x concentração) foi de 2,43 para o primeiro teste. Assim, no contraste realizado entre testemunha-água destilada e o fatorial, observou-se que a mesma apresentou IVCM superior em 2,95, resultado esperado, considerando que, neste tratamento, o fungo pode se desenvolver sem interferência de nenhuma substância. Já entre a testemunha-fungicida e o fatorial, o IVCM apresentou-se inferior em 0,90, demonstrando o efeito positivo de controle do referido fungo.

Nenhum modelo estatístico se ajustou para o óleo essencial de alecrim. Na Figura 1, pode-se observar que, em todas as concentrações testadas, o IVCM apresentou resultados superiores aos demais óleos essenciais testados, apresentando tendência de decréscimo com o aumento da dose.

Apesar de o óleo de alecrim não ter apresentado resultados satisfatórios, o mesmo foi avaliado sobre o crescimento de *C. gloesporioides*. De acordo com os resultados, todas as concentrações testadas conseguiram inibir o crescimento micelial do fungo, com destaque para a concentração de 0,4% (ALVES et al., 2007). Sobre a bactéria *Erwinia carotovora*, Costa et al. (2008) observaram que,

nas concentrações de 0,25%, 0,5%, 1,0% e 2,0% de óleo essencial, inibiu totalmente o crescimento da bactéria.

O componente mais abundante encontrado no alecrim, segundo Genena et al. (2008), é o isocarnosol. Ainda foram encontrados α -pineno, acetato de bornil, cânfora e carvacrol, que são responsáveis pela atividade antimicrobiana da planta (BURT, 2004). Possivelmente, esses componentes não são encontrados nessa espécie de alecrim ou estão presentes em quantidade insuficiente para que seja efetivo na inibição do crescimento do fungo.

Essas diferenças na composição química de óleos poderia ser atribuída a efeitos climáticos sobre as plantas (GACHKAR et al., 2007). Além disso, os seguintes fatores devem ser considerados quando se observam as diferenças entre os estudos: 1) diferenças genotípicas e ambientais dentro das espécies, 2) tempo de extração de amostra e 3) técnica de extração usada para obter o óleo de alecrim ou extrato.

Os óleos essenciais de manjerição e erva-doce apresentaram efeito linear decrescente. Na concentração de 1.000 mg.L^{-1} , os valores de IVCm foram iguais a zero. Essas duas espécies vegetais têm sido amplamente testadas em diversos patossistemas. O teste *in vitro* do óleo essencial do manjerição testado frente a diferentes sorogrupos de *Escherichia coli* mostrou atividade antibacteriana significativa (MARTINS et al., 2010). O mesmo mostrou-se ativo até a concentração de 2% sobre os isolados da bactéria *E. carotovora* (COSTA et al., 2009).

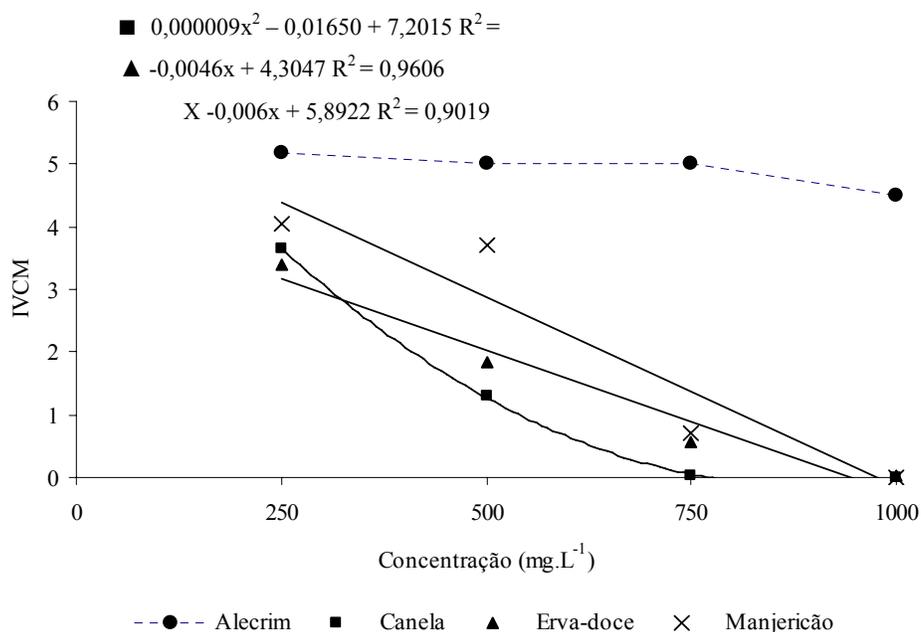


Figura 1 Efeito *in vitro* dos óleos essenciais de alecrim, canela, erva-doce e manjerição, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹, sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum musae*, medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM). UFLA, Lavras, MG, 2011

Anteriormente, Stangarlin et al. (1999) obtiveram 100% de inibição no controle do crescimento micelial de *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia* e *Alternaria*, com óleo essencial de manjerição, nas alíquotas de 20, 40, 100, 500 e 1.000 μ L, indicando, assim, a importância do óleo de manjerição no controle de agentes fitopatogênicos.

A atividade antimicrobiana do óleo essencial de manjerição tem sido relatada associada aos seus constituintes majoritários, o metil chavicol e o linalol (BOZIN et al., 2006). Martins et al. (2010) identificaram seis componentes presentes no óleo essencial de manjerição: metil chavicol ou estragol (62,39%), linalol (25,88%), α -farneseno (6,14%), 1,8 cineol (eucaliptol) (3,48%), α -

terpineol (1,43%) e α -cadinol (0,67%), tendo o efeito inibitório sobre a bactéria *Escherichia coli* sido atribuído à presença do metil chavicol e linalol, os constituintes majoritários do óleo, certamente, esses mesmos compostos que atuaram sobre a inibição do crescimento micelial de *C. musae*.

A erva-doce tem propriedades farmacológicas muito importantes, mas, quanto à sua ação tóxica, os compostos presentes possivelmente não são efetivos no desenvolvimento de fitopatógenos.

O óleo essencial de canela inibiu completamente o crescimento micelial nas concentrações acima de 750 mg.L⁻¹. Essa inibição, possivelmente, é devido ao aldeído cinâmico. Esse composto foi identificado, por Freire et al. (2011) e Jham et al. (2005) e como composto majoritário do óleo essencial da casca do caule da canela, com cerca de 87,0%.

Em trabalhos com outros fungos, Souza Júnior, Sales e Martins (2009) observaram que o mesmo óleo, na concentração de 500 ppm, inibiu completamente o crescimento de *Rhizopus* sp., *Penicillium* spp., *Eurotium repens* e de *Aspergillus niger*. Anteriormente, Viegas et al. (2005) obtiveram bons resultados com o mesmo óleo essencial sobre *A. flavus*.

Para o segundo experimento, ambos os contrastes mostraram-se como significativos a 5,0% de probabilidade (Tabela 4A). A média geral do índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) apresentada no fatorial (óleo essencial x concentração) foi de 0,90. Assim, no contraste realizado entre testemunha-água destilada e o fatorial, observou-se que a mesma apresentou IVCM superior em 5,75. Já entre a testemunha-fungicida e o fatorial, o IVCM apresentou-se inferior em 0,90.

Os óleos essenciais de capim-limão e orégano tiveram efeito semelhante e, de acordo com a análise de regressão, ambos apresentaram efeito quadrático decrescente em relação ao aumento da dose testada (Figura 2).

Em trabalhos anteriores, o óleo essencial de capim-limão foi testado sobre o mesmo fungo, como também em outros do mesmo gênero. Pereira et al. (2007) obtiveram bons resultados sobre *C. musae* e *C. gloeosporioides* em concentrações acima de $1.000 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, semelhantemente a Souza Júnior, Sales e Martins (2009) sobre *C. gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro-amarelo.

Na menor concentração avaliada de óleo essencial de capim-limão (250 ppm), o IVCN atingiu o valor máximo, comparando com os demais avaliados. Contradizendo a esse resultado, Vivas et al. (2006), na concentração de $100\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$, observaram a total inibição do crescimento de *C. acuntatum*.

Rozwalka et al. (2008), utilizando o mesmo óleo, obtiveram 100% de inibição do crescimento micelial de *Glomerella cingulata* após cinco dias de incubação, apresentando redução no potencial de inibição para 62,8% no oitavo dia.

Segundo Guimarães et al. (2011), citral (65,45%) e mirceno (12,05%) foram os compostos encontrados em óleo essencial de capim-limão. Esses resultados estão de acordo com diversos autores, que afirmam a presença do citral como componente majoritário do óleo essencial de capim-limão (BARBOSA et al., 2008; COSTA et al., 2005). Diante disso, pode-se concluir que o citral é o composto responsável pela inibição do crescimento do fungo.

O óleo essencial de orégano apresentou valores de IVCN menores do que os de capim-limão, apesar do mesmo comportamento. Bons resultados foram detectados em trabalho realizado por Zanandrea et al. (2004), utilizando óleo essencial de orégano em fungos de outros gêneros.

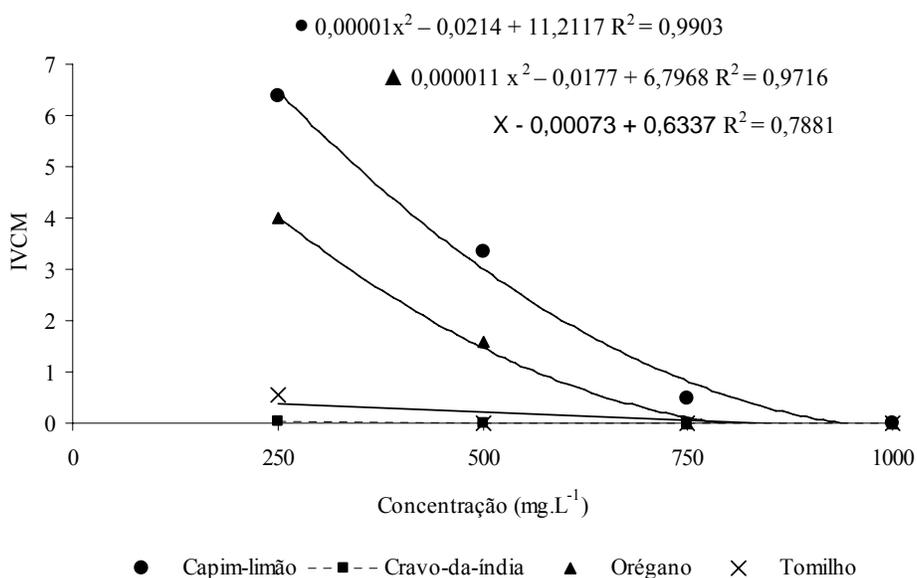


Figura 2 Efeito *in vitro* dos óleos essenciais de capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹, sobre o crescimento micelial de *C. musae*, medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM). UFLA, Lavras, MG, 2011

Pereira et al. (2008) analisaram os constituintes do óleo essencial de orégano e detectaram que terpen-4-ol e β -cimeno, respectivamente, 26,3% e 16,6%, foram as substâncias presentes em maiores quantidade. Burt (2004) e Milos, Mastelic e Jerkovic (2000) determinaram que os compostos majoritários são o timol e o carvacrol. Ainda, Burt (2004) relata que esses compostos provocam distorção na estrutura física da célula, causando expansão e consequente desestabilidade na membrana, modificando sua permeabilidade, desnaturando enzimas essenciais e alterando a força próton motora, por meio de variações no pH e potencial elétrico.

Os óleos essenciais de cravo-da-índia e tomilho apresentaram bons resultados quanto à inibição ao crescimento o fungo, com 100% de inibição a

partir da concentração de 750 mg.L⁻¹. O de cravo-da-índia, mesmo na menor concentração testada (250 mg.L⁻¹), apresentou valor próximo a zero de IVCN.

Plotto, Roberts e Roberts (2003) observaram que o óleo essencial de tomilho apresentou atividade antifúngica a 500 mg.L⁻¹ sobre *Botrytis cinerea*, *Alternaria arborescens*, *Geotrichum candidum* e *Rhizopus stolonifer*. Estes autores identificaram o timol como principal componente. Posteriormente, Soyulu, Soyulu e Kurt (2006) constataram inibição total deste sobre o crescimento micelial de *Phytophthora infestans* a partir de 6,4 mg.mL⁻¹ e também detectaram, por cromatografia, a presença desse composto. Baseado nisso, pode-se concluir que o timol é o responsável pela inibição do crescimento de *C. musae*, como também dos fungos acima citado.

O efeito promissor desses óleos essenciais foi relatado, em trabalhos anteriores, por Rozwalka et al. (2008). Neste, os autores utilizaram a metodologia de distribuição de alíquotas de óleo essencial em três pontos equidistantes da placa e observaram que os óleos essenciais inibiram totalmente o crescimento micelial de *C. gloeosporioides*.

Em outros fungos, esses óleos também apresentaram resultados promissores. Souza et al. (2004) verificaram que o desenvolvimento micelial de *Rhizopus* sp., *Penicillium* spp., *Eurotium repens* e *Aspergillus niger* foi inibido em 100%, com variação apenas nas concentrações dos óleos.

Segundo Pereira et al. (2008), o eugenol é o constituinte majoritário do óleo essencial de cravo-da-índia, sendo o responsável pelo efeito inibitório sobre bactérias, muito utilizado como antisséptico. Por meio de microscopia, Bennis et al. (2004) observaram que o eugenol causou alterações na membrana e na parede celular de *Saccharomyces cerevisiae*, determinando liberação do conteúdo celular.

Assim, diante da complexidade dos óleos essenciais, admite-se que existem vários mecanismos de ação que não são conhecidos. Dessa forma, a

inibição de patógenos pode ter ocorrido pela desnaturação de proteínas, inibição de enzimas e/ou desintegração de membranas (JANSSEN, 1989).

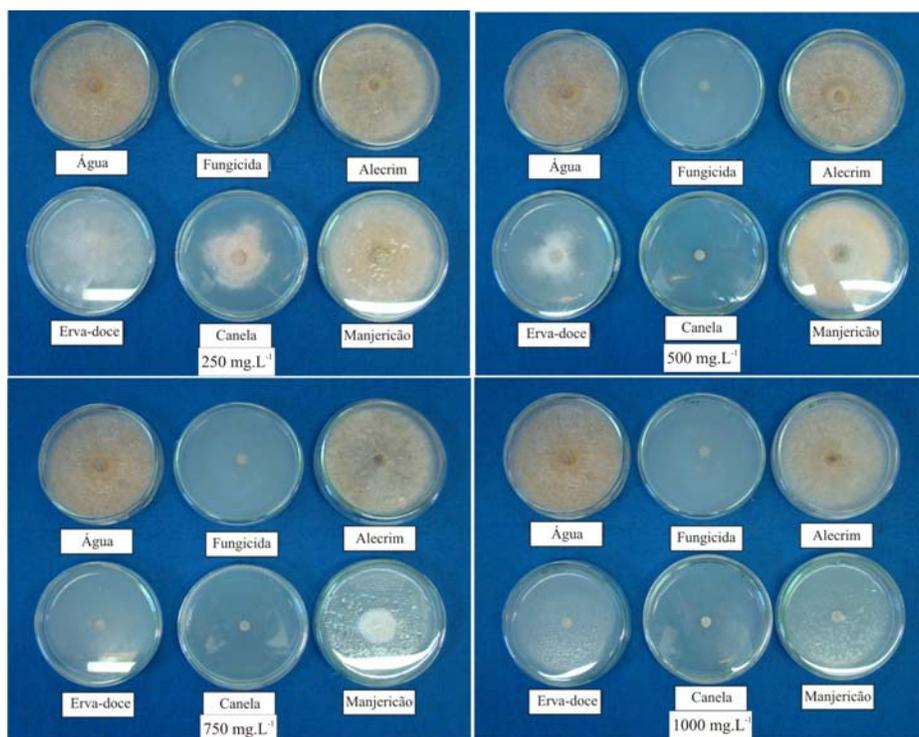


Figura 3 Fotografia mostrando o efeito *in vitro* dos óleos essenciais de alecrim, canela, erva-doce e manjerição, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹, sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum musae*, medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (ICM), após 7 dias de incubação. UFLA, Lavras, MG, 2011

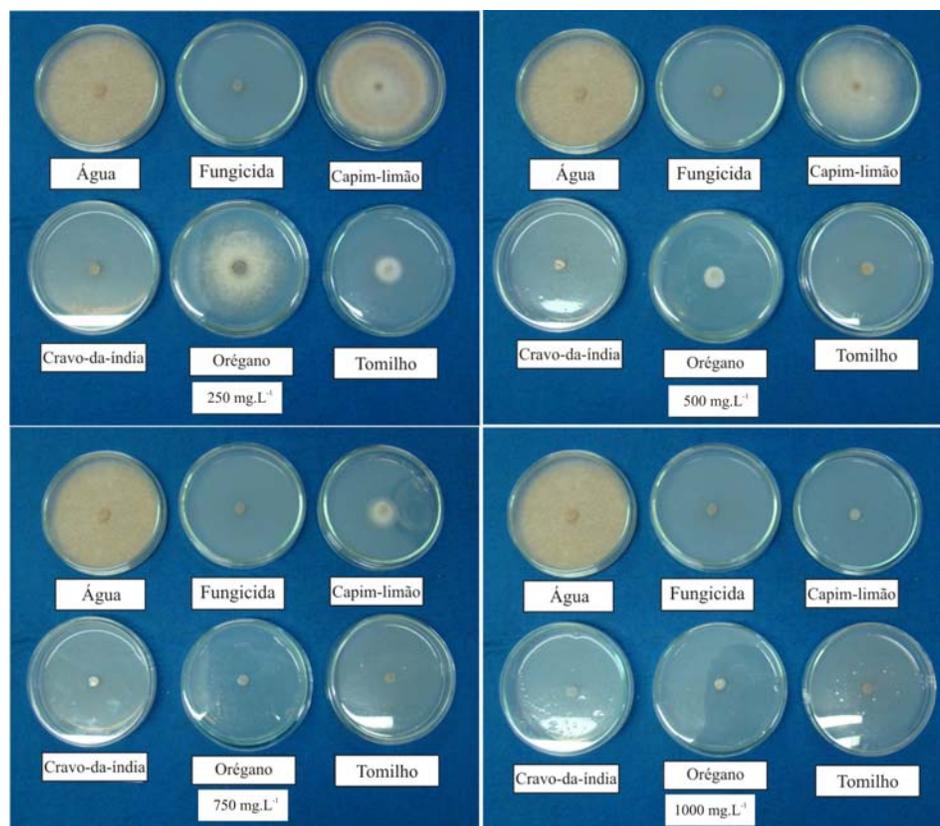


Figura 4 Fotografia mostrando o efeito *in vitro* dos óleos essenciais de capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho, nas concentrações de 250, 500, 750 e 1.000 mg.L⁻¹, sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum musae*, medido pelo índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), após 7 dias de incubação. UFLA, Lavras, MG, 2011

3.2 Efeito *in vitro* dos óleos essenciais sobre a germinação de conídios de *Colletotrichum musae*

De acordo com a análise estatística, o fator tratamento apresentou-se como significativo, a 5,0% de probabilidade (Tabela 5A). De modo geral, todos os óleos essenciais testados foram 100% efetivos na inibição da germinação,

exceto o óleo essencial de alecrim, em todas as concentrações e o óleo essencial de canela a 250 mg.L⁻¹. Apesar de apresentar um percentual de germinação de 0,5%, esse valor foi igual, estatisticamente, ao tratamento com fungicida.

O alecrim, uma planta facilmente encontrada, esta não deve ser desconsiderada. Na concentração de 1.000 mg.L⁻¹, verificaram-se apenas 8,0% de conídios germinados, sendo 91,34% de inibição da germinação, quando comparado com o tratamento com somente água destilada (Tabela 1).

Tabela 1 Percentagem de germinação de conídios de *Colletotrichum musae*, sob o efeito de óleos essenciais. UFLA, Lavras, MG, 2011

Tratamento	% conídios germinados	% de inibição comparada com água destilada
Água destilada	93,0 a *	0,0
Água destilada + Tween 20 a 0,7%	91,5 a	1,61
Alecrim 250 mg.L ⁻¹	89,0 a	4,3
Alecrim 500 mg.L ⁻¹	86,5 a	6,9
Alecrim 750 mg.L ⁻¹	64,5 b	30,64
Alecrim 1000 mg.L ⁻¹	8,0 c	91,34
Canela 250 mg.L ⁻¹	0,5 d	99,46
Fungicida	0,0 d	100,0
Outros óleos essenciais	0,0 d	100,0

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Trabalhos relatando o efeito de óleos essenciais de plantas sobre a germinação de esporos de espécies do gênero *Colletotrichum*, bem como as concentrações mínimas inibitórias ao fungo, têm sido amplamente encontrados. Bastos e Albuquerque (2004), testando o óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*) sobre os conídios de *C. musae*, observaram 100% de inibição da germinação dos esporos utilizando concentrações do óleo acima de 100µg/mL.

O óleo essencial de tomilho resultou na inibição total da germinação de conídios de *C. musae*, conforme dados da Tabela 2. Em outro patossistema, Medice et al. (2007) observaram que o mesmo óleo, a 0,3%, inibiu em 100% a germinação dos uredinósporos de *Phakospora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem da soja, em meio água-ágar.

Em um trabalho desenvolvido por Pereira, Vilela e Costa (2006), o óleo essencial de tomilho apresentou efeito tóxico aos conídios de *Cercospora coffeicola*, nas concentrações de 500, 1.000 e 2.000 mg.L⁻¹, com redução na germinação de 27%, 30% e 45%, respectivamente.

Do mesmo modo, o óleo essencial de capim-limão foi eficiente (Tabela 1), impedindo a germinação de conídios de *C. musae* em 100%. Fiori (2000) obteve o mesmo resultado na germinação de esporos do fungo *Dydimella bryoniae*, causador de danos às folhas e frutos de melão.

Citral é o maior componente (>70 %) do óleo essencial do capim-limão. Esse monoterpene mostrou-se efetivo na inibição da germinação de esporos, como também no crescimento micelial de *C. gloeosporioides* (GARCIA et al., 2008). Além disso, é um dos flavorizantes mais utilizados pela indústria mundial. Palhano et al. (2003), utilizando esse monoterpene, observaram que, na concentração de 0,75 mg.mL⁻¹, foi mais efetivo na inibição da germinação de conídios de *C. gloeosporioides*. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques et al. (2000), para o mesmo fungo.

Assim, tanto o aumento quanto a redução do potencial de inibição de *C. musae* podem estar associados à volatilização dos compostos destes óleos, modificando a atmosfera no interior das placas de Petri. Na natureza, a difusão de traços (signals) de compostos voláteis pode induzir ou inibir a germinação ou o crescimento, ou desencadear alterações no desenvolvimento em plantas e fungos (FRENCH, 1992). Além disso, quando as hifas do patógeno em questão, que são estruturas responsáveis pela absorção de água e nutrientes (KRUGNER;

BACCHI, 1995), como também responsáveis pela formação do micélio, entram em contato com os compostos secundários fixos (saponinas, flavonoides e etc.), presentes nos óleos essenciais, como também nos extratos aquosos, podem interferir inibindo ou estimulando o crescimento e a esporulação.

A atividade antimicrobiana apresentada pelos óleos essenciais é dificultada devido à sua complexidade, insolubilidade (em água) e volatilização, sendo fundamental a observação da técnica ou método utilizado nos testes, o meio de cultura, o micro-organismo e, até mesmo, o óleo essencial utilizado (JANSSEN, 1989).

A exploração da atividade biológica dos metabólitos secundários, a partir de óleos essenciais, vem sendo estudada em diversos patossistemas, com a finalidade de substituir o controle químico de doenças. Entretanto, a quantidade e a composição química dos óleos essenciais são influenciadas por diversos fatores, entre eles, a idade da planta, o tipo de tecido, o tipo de solo onde a planta é cultivada e o seu habitat, fatores climáticos, fatores genéticos e horários de coleta do material vegetal. Assim, é importante observar o local da coleta, bem como o estado geral da planta que se pretende utilizar para extração do óleo essencial.

4 CONCLUSÕES

A inibição total ou parcial observada com o uso de óleos essenciais no crescimento micelial e na germinação de conídios de *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose em banana, demonstra a existência de compostos com ação fungitóxica, com potencial para a aplicação em frutos, para o controle da referida doença.

REFERÊNCIAS

- ALVES, K. F. et al. Inibição do crescimento fúngico de *Colletotrichum gloeosporioides* pelo óleo essencial de alecrim. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7., 2007, Recife. **Anais...** Recife: Adaltech, 2007. 1 CD-ROM.
- BARBOSA, L. C. A. et al. Evaluation of the chemical composition of Brazilian commercial *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf samples. **Molecules**, Basel, v. 13, n. 8, p. 1864-1874, 2008.
- BASTOS, C. N.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 555-557, set./out. 2004.
- BENATO, E. A. et al. Avaliação de fungicidas e produtos alternativos no controle de podridões pós-colheita em maracujá-amarelo. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 28, n. 4, p. 299-304, 2002.
- BENNIS, S. et al. Surface alteration of *Saccharomyces cerevisiae* induced by thymol and eugenol. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 454-458, June 2004.
- BOZIN, B. et al. Characterization of the volatile composition of essential oils of some *Lamiaceae* species and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 5, p. 1822-1828, Mar. 2006.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Utrecht, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.
- CARRÉ, V. et al. Controle pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana (*Musa* sp.) por cânfora (*Artemisia camphorata*) e quitosana. **Scientia Agrária Paranaensis**, Cascavel, v. 5, n. 1, p. 57-66, 2006.
- CASTRO, D. P. et al. Não-preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 27-32, 2006.

CORDEIRO, Z. L. M.; KIMATI, H. Doenças da bananeira. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 112-136.

COSTA, C. M. G. R. et al. Efeito inibitório do óleo essencial de manjerição sobre o crescimento *in vitro* de *Erwinia carotovora*. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 3, p. 35-38, set. 2009.

_____. Inibição do crescimento bacteriano *in vitro* de *Erwinia carotovora* pelo óleo essencial de alecrim. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 7-10, 2008.

COSTA, L. C. do B. et al. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 956-959, jul./ago. 2005.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANNUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFScar, 2000. p. 235.

FIORI, A. C. G. Antifungal activity of leaf extracts and essential oils of some medicinal plants against *Didymella bryonice*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 148, n. 7/8, p. 483-487, Aug. 2000.

FRANCO, D. A.; BETTIOL, W. Controle de *Penicillium digitatum* em pós-colheita de citros com produtos alternativos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 602-606, jul./ago. 2000.

FREIRE, J. M. et al. Essential oil of *Origanum majorana* L.; *Illicium verum* Hook. f. and *Cinnamomum zeylanicum* Blume: chemical and antimicrobial characterization. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 209-214, mar./abr. 2011.

FRENCH, R. C. Volatile chemical germination stimulators of rust and other fungal spores. **Mycologia**, New York, v. 4, n. 3, p. 277-288, Mar. 1992.

GACHKAR, L. et al. Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. **Food Chemistry**, Tehran, v. 102, n. 3, p. 898-904, Mar. 2007.

GARCIA, R. et al. Antimicrobial activity and potential use of monoterpenes as tropical fruits preservatives. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 1-6, Jan./Feb. 2008.

GENENA, A. K. et al. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*): a study of the composition, antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained with supercritical carbon dioxide. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 463-469, abr./jun. 2008.

GUIMARÃES, L. G. L. et al. Atividades antioxidante e fungitóxica do óleo essencial de capim-limão e do citral. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 464-472, abr./jun. 2011.

JANSSEN, A. M. **Antimicrobial activities of essential oils: pharmacognostical study**. 1989. 181 f. Thesis (Doctor aan de Rijksuniversiteit te Leiden) - Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen, Groningen, 1989.

JHAM, G. N. et al. Identification of the major fungitoxic component of cinnamon bark oil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 404-408, jul./ago. 2005.

KRUGNER, T. L.; BACCHI, L. M. A. Fungos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 413-145.

LEE, S. L. et al. Antifungal activity of five plant essential oil as fumigant against postharvest and soilborne plant pathogenic fungi. **Plant Pathology Journal**, Honolulu, v. 23, n. 2, p. 97-102, 2007.

MARQUES, S. S. et al. Uso de óleos essenciais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose em frutos de mamoeiro. In: _____. **Papaya Brasil**. Vitória: UFES, 2000. p. 591-593.

MARTINS, A. G. L. A. et al. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjeriço frente a sorogrupos de *Escherichia coli* enteropatogênica isolados de alfaces. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1791-1796, ago. 2010.

MEDICE, R. et al. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 83-90, jan./fev. 2007.

MILOS, M.; MASTELIC, J.; JERKOVIC, I. Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from orégano (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*). **Food Chemistry**, Oxford, v. 71, n. 1, p. 79-83, Oct. 2000.

MOREIRA, L. M. et al. Controle em pós-colheita de *Monilia Fructicola* em pêssegos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 395-398, jul./ago. 2002.

OLIVEIRA, J. A. et al. Efeito do tratamento fungicida sobre o desempenho de sementes de pepino e pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 42-47, jan./mar. 1992.

PALHANO, J. L. et al. Inativação de esporos de *colletotrichum gloeosporioides* por ação combinada do citral ou óleo essencial de capim-limão e alta pressão hidrostática. In: MARQUES, S. S. et al. (Ed.). **Papaya Brasil**. Vitória: UFES, 2000. p. 587-590.

PEREIRA, A. de A. et al. Caracterização química e efeito inibitório de óleos essenciais sobre o crescimento de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 887-893, maio/jun. 2008.

PEREIRA, A. J. et al. Inibição *in vitro* do crescimento micelial de *Colletotrichum musae* e *Colletotrichum gloeosporioides* por óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf e *Eucalyptus citriodora* Hooker. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 40., 2007, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2007. p. 185.

PEREIRA, M. C.; VILELA, G. R.; COSTA, L. M. A. S. Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 731-733, jul./ago. 2006.

PLOTTO, A.; ROBERTS, D. D.; ROBERTS, R. G. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 628, p. 737-745, 2003.

RANGEL, A.; PENTEADO, L. A. C.; TONET, R. M. **Cultura da banana**. 2. ed. Campinas: CATI, 2002. 91 p.

ROZWALKA, L. C. et al. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 301-307, mar./abr. 2008.

SILVA, J. R.; CORDEIRO, Z. J. M. Fitossanidade na exportação de banana. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana fitossanidade**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2000. p. 9-14.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004. p. 467-495.

SOUZA, S. M. C. de et al. Avaliação de óleos essenciais de condimentos sobre o desenvolvimento micelial de fungos associados a produtos de panificação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 685-690, maio/jun. 2004.

SOUZA JÚNIOR, I. T.; SALES, N. L. P.; MARTINS, E. R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 77-83, set. 2009.

SOYLU, E. M.; SOYLU, S.; KURT, S. Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*. **Mycopathologia**, Den Haag, v. 161, n. 2, p. 119-128, Feb. 2006.

STANGARLIN, J. R. et al. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. **Biotechnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 16-21, 1999.

TRIPATHI, P.; DUBEY, N. K.; SHUKLA, A. K. Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 39-46, Jan. 2008.

VIEGAS, E. de C. et al. Toxicidade de óleos essenciais de alho e casca de canela contra fungos do grupo *Aspergillus flavus*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 915-919, out./dez. 2005.

VIVAS, M. et al. Inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum acutatum* por extrato aquoso e óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf e *Corymbia citriodora* Hill & Johnson. **Biofar: Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 83-88, 2011.

ZANANDREA, I. et al. Atividade do óleo essencial de orégano contra fungos patogênicos do arroz: crescimentos micelial em placas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 14-16, 2004. Suplemento.

ARTIGO 2

**EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA SEVERIDADE DA
ANTRACNOSE (*Colletotrichum musae*) EM BANANA 'Prata'**

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de óleos essenciais de cravo-da-índia (250 mg.L^{-1}), tomilho (500 mg.L^{-1}) e canela (750 mg.L^{-1}), como indutores de resistência na severidade da antracnose em banana 'Prata' e o estudo em microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos possíveis efeitos desses óleos essenciais sobre conídios de *Colletotrichum musae* e no processo de infecção do fungo. Assim, os tratamentos foram aplicados em frutos ainda verdes e mantidos a $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Após oito dias, foi pulverizada uma suspensão de conídios ($2 \times 10^6 \text{ conídios.mL}^{-1}$) sobre os frutos. Foram feitas duas avaliações, aos 4 e 6 dias após a inoculação e os dados foram expressos em porcentagem da área lesionada. Como testemunhas, foram utilizados frutos pulverizados com somente água destilada e frutos pulverizados com fungicida (Magnate 500 CE[®]). Amostras da área lesionada da casca dos frutos com 6 dias após a inoculação foram preparadas de acordo com protocolo do Laboratório de Microscopia da Eletrônica e Análise Ultraestrutural da UFLA e a observação e o registro de imagens foram realizados em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo 40 XVP. De acordo com a análise estatística, os tratamentos utilizados não apresentaram efeito no controle da doença, para ambas as avaliações. A segunda avaliação apresentou um acréscimo em torno de 20%. De modo geral, podem ser observados, nas eletromicrografias, conídios germinados e não germinados, o desenvolvimento de hifas e acérvulos, indicando que os óleos essenciais não apresentaram nenhum efeito na indução de resistência de banana contra o referido fungo.

Palavras-chave: Pós-colheita. Controle alternativo. Frutos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of essential oils from Indian clove (250 mg.L^{-1}), thyme (500 mg.L^{-1}) and cinnamon (750 mg.L^{-1}), as inducers of resistance in the severity of anthracnose in banana 'Prata' and study by scanning electron microscopy (SEM) of the possible effects of these essential oils on conidia of *Colletotrichum musae* and the process of fungus infection. Thus, the treatments were applied in unripe fruits and kept at $26^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$. After eight days, was sprayed a spore suspension ($2 \times 10^6 \text{ conidia.mL}^{-1}$) on the fruit. Two assessments were made at 4 and 6 days after inoculation and the data were expressed as a percentage of the injured area. The checks were used only fruit sprayed with distilled water and fruit sprayed with fungicide (Magnate[®] 500 EC). Samples of bark damaged area of fruit with 6 days after inoculation were prepared according to the protocol of the Laboratory of Electron Microscopy and Ultrastructural Analysis of UFLA and observation and recording of images were performed in a scanning electron microscope LEO Evo XVP 40. According to statistical analysis, the treatments had no effect on disease control for both evaluations. The second evaluation showed an increase of around 20%. In general, can be seen in electron micrographs, non-germinated and germinated conidia, hyphae and the development of acervuli, indicating that essential oils had no effect on the induction of resistance against that banana fungus.

Keywords: Postharvest. Alternative control. Fruits.

1 INTRODUÇÃO

A antracnose é considerada a doença de pós-colheita mais importante em todas as regiões produtoras de bananas do mundo, prejudicando a comercialização e o consumo *in natura* dessa fruta, com perdas de até 40% na produção (SILVA, 2000). O fungo infecta os frutos ainda verdes e permanecem quiescentes até o amadurecimento, quando lesões escuras desenvolvem-se progressivamente (ABAYASEKARA; RATNAYAKE; ADIKARAM, 1998), afetando sua qualidade e comercialização.

A principal forma de controle das doenças em pós-colheita é o uso de fungicidas, que apresenta alguns inconvenientes, como a forma de aplicação (THOMPSON, 1994; WISNIEWSKI; WILSON, 1992), o surgimento de patógenos resistentes (SPALDING; REEDER, 1972) e as pressões sócio-econômicas. Atualmente, uma das alternativas pesquisadas envolve o uso de óleos extraídos de plantas, buscando explorar suas propriedades fungitóxicas.

Esses óleos, extraídos dos vegetais por arraste de vapor de água ou outras técnicas, são compostos de grande importância em pesquisas, por serem potencialmente úteis no controle fitossanitário, propiciando o desenvolvimento de técnicas que procuram diminuir os efeitos negativos de oxidantes, radicais e micro-organismos causadores de prejuízos nas indústrias alimentícias (SANTOS, 2004).

O modo de atuação desses produtos no controle de patógenos de plantas ainda é pouco conhecido, da mesma forma que a ultraestrutura do fungo e a interação *Colletotricum musae*-banana. A microscopia eletrônica de varredura pode fornecer também informações relevantes sobre o modo de ação de produtos sobre a morfologia de patógenos, quanto a alterações ultraestruturais (ALVES; LEITE; KITAJIMA, 2008).

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar óleos essenciais como indutores de resistência na severidade da antracnose em banana 'Prata' e o estudo em microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos possíveis efeitos desses óleos essenciais sobre conídios de *Colletotrichum musae* e no processo de infecção do fungo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As bananas colhidas no estágio de coloração 1 - frutos totalmente verde, conforme Boletim FrutiSéries (BRASIL, 2000) - foram obtidas em uma plantação comercial, situada no município de Lavras, MG. Os frutos foram colhidos, selecionados e transportados, no mesmo dia da colheita, para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

No laboratório, as bananas foram lavadas em água corrente, para retirada de impurezas e, em seguida, lavadas em solução de dicloroisocianurato de sódio $0,6\text{g.L}^{-1}$ (Sumaveg[®]) por, aproximadamente, 5 minutos. Após esse processo, foram pulverizados sobre os frutos os tratamentos (solução de óleo essencial de cravo-da-índia 250 mg.L^{-1} , tomilho 500 mg.L^{-1} e de canela 750 mg.L^{-1}) previamente selecionados nos experimentos *in vitro*. Como testemunha absoluta utilizou-se pulverização com água destilada e, como testemunha positiva, um fungicida sistêmico (Magnate 500 CE[®]), de acordo com a dosagem recomendada pelo fabricante (200 mL.100L^{-1} de água). Para melhorar a solubilização dos óleos essenciais, foram colocadas duas gotas de detergente neutro para 100 mL de água destilada

Em seguida, os frutos foram acondicionados em bandejas previamente sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio e acondicionadas em câmara de armazenamento ($90\% \text{UR} \pm 1\%$), sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$.

O inóculo foi obtido a partir de bananas naturalmente infectadas, provenientes de um supermercado na cidade de Lavras, MG. O fungo foi transferido para placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) e, em seguida, levado à incubação em câmara de crescimento (BOD), com fotoperíodo de 12 horas, a 25°C , por oito dias. Foi preparada uma suspensão de conídios na concentração de 2×10^6 conídios/mL de água destilada

com Tween 20 a 0,7% para inoculação. No momento da inoculação, os frutos, aparentemente, apresentavam-se no estágio 4 – 5 - frutos mais amarelos que verdes, amarelos com a ponta verde, conforme Boletim FrutiSéries (BRASIL, 2000).

A dados de severidade foram expressos em percentagem de área lesionada do fruto, com base na escala proposta por Moraes, Zambolim e Lima (2008) e foram analisados no programa Sisvar (FERREIRA, 2000), em que as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5%.

Amostras da área lesionada do fruto, com 6 dias após a inoculação, foram retiradas e analisadas em microscópio eletrônico de varredura. Assim, foram retirados pedaços de 0,5cm² da casca, os quais foram imersos em solução fixativa (Karnovsky modificado) com pH 7,2 e armazenados por um período mínimo de 24 horas, em geladeira.

Após o período de armazenamento, as amostras foram lavadas em tampão cacodilato por três vezes, durante 10 minutos, para retirar os resíduos de glutaraldeído que podem reduzir o tetróxido de ósmio. Posteriormente, foram colocadas em tetróxido de ósmio 1% em água, pelo período mínimo de 1 hora, sob temperatura ambiente, em câmara de exaustão.

Subsequentemente, as amostras foram desidratadas em uma série crescente de soluções de acetona (25%, 50%, 75%, 90% e 100%, por três vezes) e, a seguir, levadas para o aparelho de ponto crítico para completar a desidratação utilizando CO₂. As amostras foram montadas em *stubs*, fixadas por uma fita de carbono dupla face colocada sobre uma película de papel alumínio, cobertos com ouro em aparelho evaporador com atmosfera de argônio e observados em microscópio eletrônico de varredura Leo Evo 40XVP. Foram geradas e registradas digitalmente, em aumentos variáveis, diversas imagens para cada amostra, nas condições de trabalho de 20 Kv e distância de trabalho de 20 mm.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos, com 4 repetições, sendo cada repetição composta por 3 frutos (buquê). Foram feitas 2 avaliações (4 e 6 dias após a inoculação dos frutos). Assim, para cada avaliação, foram avaliados 18 frutos por tratamento, num total de 90 frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise estatística, aos 4 dias após a inoculação (d.a.i.), o fator tratamento foi significativo, a 5% de probabilidade (Tabela 1B). A testemunha-fungicida diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com percentual zero de área lesionada, demonstrando a eficácia do produto em inibir a doença (Tabela 1).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, o percentual de severidade obtido no tratamento-água foi de 4,98%, igual estatisticamente aos tratamentos com óleos essenciais, que apresentou a média de 5,55% de área lesionada.

O óleo essencial de tomilho, apesar de não apresentar diferença estatística, numericamente, foi o que apresentou a menor percentagem de área lesionada, com 4,16%.

Os dados de severidade apresentados aos 6 d.a.i. se comportaram de forma semelhante. O fator tratamento foi significativo, a 5% de probabilidade (Tabela 2B) e a testemunha-fungicida diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando 3,32% de área lesionada, muito inferior aos demais tratamentos.

Os dados de severidade para as bananas tratadas com óleos essenciais pouco variaram, com média de 24,85% de área lesionada. Nesta segunda avaliação, o tratamento com óleo essencial de canela foi o que apresentou o menor percentual, 24,16% de área lesionada.

De modo geral, considerando cada data de avaliação, os tratamentos com os óleos essenciais não apresentaram efeito sobre severidade da antracnose em banana 'Prata'. Como era esperado, a doença progrediu, acarretando num aumento de 20% de área lesionada.

Tabela 1 Severidade (em % de área afetada) de *Colletotrichum musae*, em frutos de banana 'Prata' submetidos a tratamentos com óleos essenciais. UFLA, Lavras, MG, 2011

Dias após a inoculação	Tratamentos (%)				
	Cravo-da-índia (250ppm)	Tomilho (500ppm)	Canela (750ppm)	Água	Fungicida
4	5,83 a*	4,16 a	6,66 a	4,98 a	0,0 b
6	25,82 a	25,41 a	24,16 a	25,00 a	3,32 b

* Médias seguidas pelas mesmas letras na linha, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knot, a 5,0% de probabilidade

Os óleos essenciais não apresentaram efeito indutor da doença, possivelmente devido a não fixação desses nas bananas, o que acarretou na manifestação da antracnose. De acordo com Simões e Spitzer (2000), a redução do potencial de inibição pode ser atribuída à volatilização dos constituintes dos óleos e/ou à instabilidade na presença de ar, luz, calor, umidade e metais

Segundo Gomes (2008), o óleo essencial de cravo-da-índia e de tomilho, ambos na concentração de 300 mg.L⁻¹, foi eficaz na redução do diâmetro da lesão causada pelo *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão, após quatro dias da aplicação dos tratamentos. Após seis dias, o óleo essencial de cravo-da-índia se destacou.

Ranasinghe, Jayawardena e Abeywickrama (2005) observaram o controle de podridão da coroa, causada por *Fusarium* spp., em bananas cv. Embul maduras (Musa AAB) tratadas com emulsões de óleos essenciais da casca e de folhas de canela. O óleo de cravo-da-índia não inibiu o desenvolvimento do patógeno.

Rozwalka, Mio e Nakashima (2008) observaram a eficiência de óleos essenciais de cravo-da-índia e capim-limão no controle de *C. gloeosporioides* em goiaba.

O efeito fungitóxico em mamão, sobre *C. gloeosporioides*, pode ser observado com o uso de outros óleos essenciais. Garcia et al. (2008) trataram mamões com formulado a base de monoterpene citral a 1,0%, obtido do óleo essencial de capim-limão e obtiveram 70% na redução da lesão, quando comparada com a testemunha. Marques et al. (2000) inibiram a lesão em 19,9%, utilizando o mesmo óleo essencial a 1,5%.

Nas observações realizadas em MEV, de modo geral, podem-se observar conídios germinados e não germinados, hifas bem desenvolvidas e acérvulos.

Na Figura 1, podem-se observar as eletromicrografias realizadas nas cascas de banana infectadas com *C. musae*, sem nenhum tratamento (testemunha-água); nas Figuras 1A, 3A e 4A, hifas bem desenvolvidas e, na Figura 2A, nota-se a presença de conídios em fase inicial de germinação.

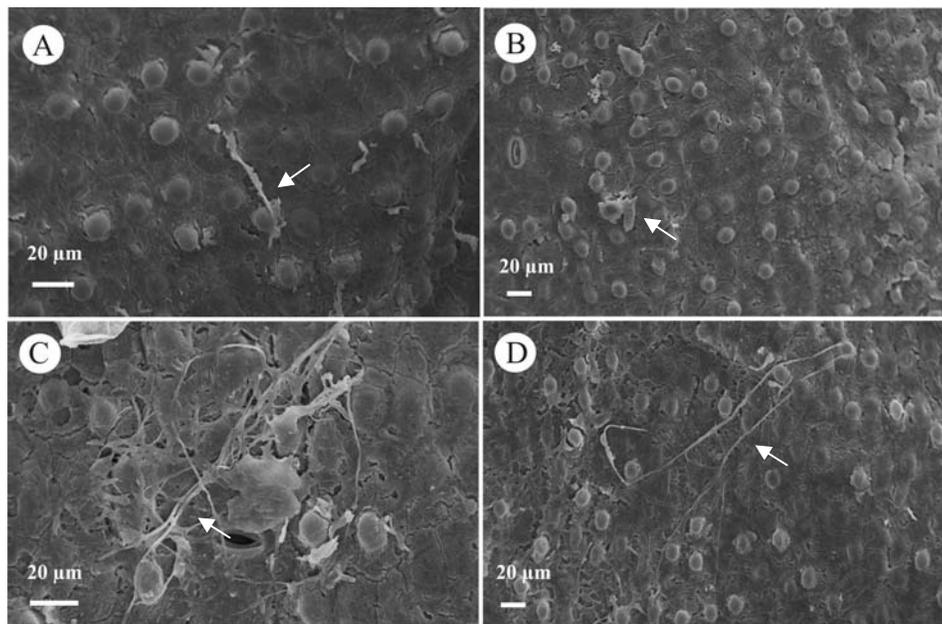


Figura 1 Eletromicrografia de varredura de casca de banana, infectada com *C. musae*, sem efeito de nenhum tratamento (testemunha-água). A, C, D: Hifas bem desenvolvidas (seta). B: Conídio em fase inicial de germinação. UFLA, Lavras, MG, 2011

Apesar de o tratamento com fungicida apresentar as menores percentagens de área lesionada, podem ser observados a presença de hifas bem desenvolvidas (Figura 2A), a presença de hifas saindo pelos estômatos (Figura 2B) e acérvulos na superfície do fruto (Figura 2C e 2D).

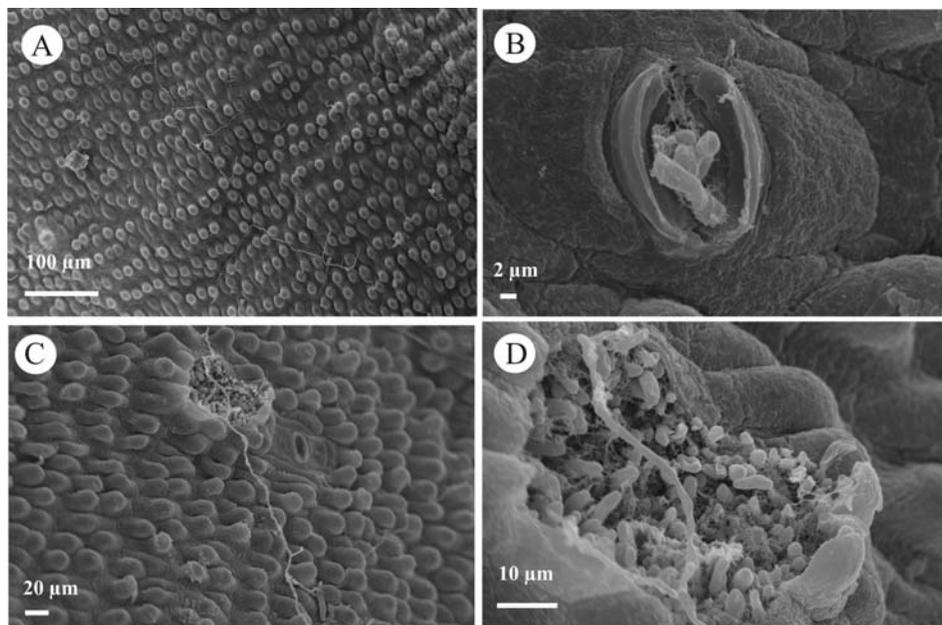


Figura 2 Eletromicrografia de varredura de banana, infectada com *C. musae*, sob efeito de fungicida. A: hifas bem desenvolvidas. B: Conídios não germinados dentro de estômato. C: Visão geral de um acérvulo e hifa bem desenvolvida e D: Acérvulo com conídios aparentes. UFLA, Lavras, MG, 2011

Na Figura 3 estão representadas eletromicrografias de tecido do fruto infectado, sob o efeito do óleo essencial de cravo-da-índia. Aparentemente, a superfície do fruto permaneceu inalterada, indicando que o óleo essencial de cravo-da-índia não provocou nenhuma reação no tecido.

Na Figura 3A pode ser observada a germinação de conídios de *C. musae* dentro de uma rachadura no tecido da casca do fruto, como também hifas bem desenvolvidas (Figura 3D).

Na Figura 2B pode ser observado um acérvulo rompido e, na Figura 3C, nota-se grande número de conídios não germinados, provavelmente devido a algum fator intrínseco aos conídios ou, mesmo, a presença do óleo essencial atrasou a germinação.

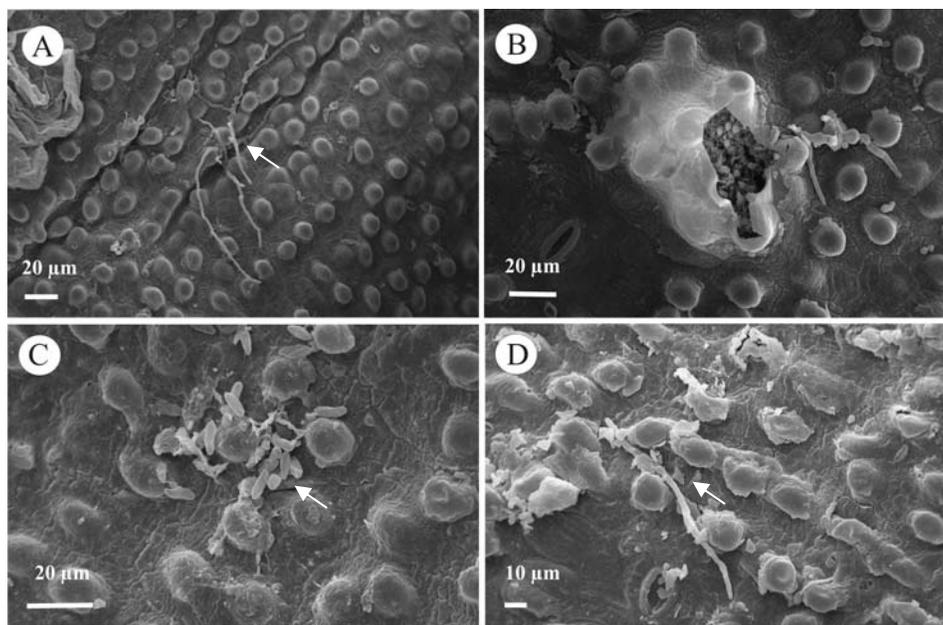


Figura 3 Eletromicrografia de varredura de banana, infectado com *C. musae*, sob o efeito de óleo essencial de cravo-da-índia. A: Hifas originadas de uma rachadura do fruto (seta). B: Acérvulo. C: Conídios não germinados (seta). D: Hifas bem desenvolvidas (seta). UFLA, Lavras, MG, 2011

As eletromicrografias dos tecidos do fruto tratados com óleo essencial de tomilho podem ser observadas na Figura 4.

Pode ser observado grande número de hifas bem desenvolvidas em toda a superfície da casca do fruto (Figura 4A, 4B e 4C). Na Figura 4D, mostra a visão geral de uma porção maior da casca, em que é comprovada a existência de grande número de hifas.

Por meio da microscopia eletrônica de varredura, Zambonelli et al. (1996) observaram a degeneração de hifas e o extravasamento celular de *Colletotrichum lindemuthianum* e *Pythium ultimum* pelo óleo de tomilho a 800 mg.L⁻¹, o qual promoveu a redução do crescimento micelial, *in vitro*.

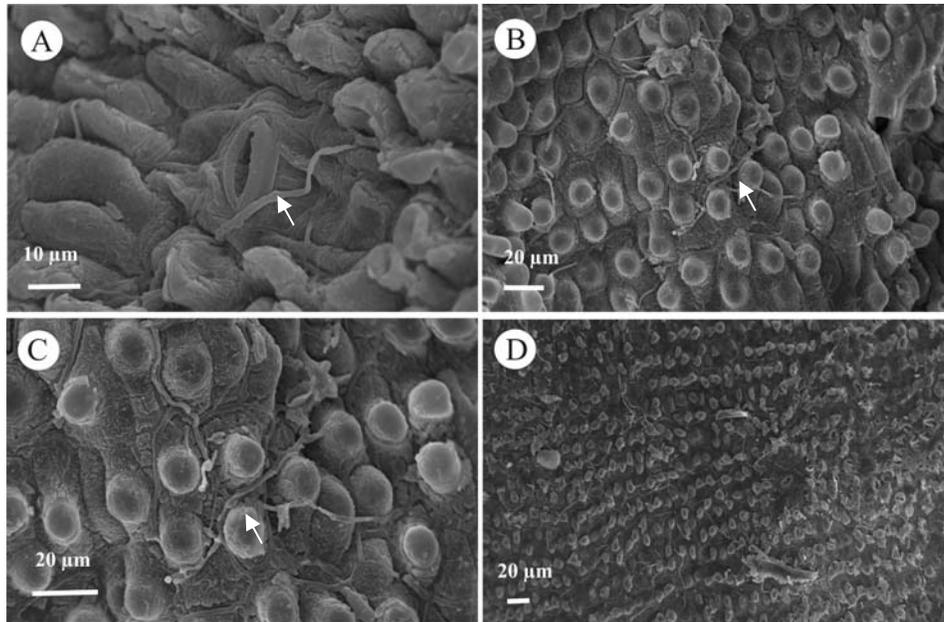


Figura 4 Eletromicrografia de varredura de banana, infectado com *C. musae*, sob o efeito de óleo essencial de tomilho. A, B e C: hifas bem desenvolvidas (seta). D: Aspecto geral da superfície do fruto, com grande número de hifas. UFLA, Lavras, MG, 2011

O efeito do tratamento com óleo essencial de canela pode ser visualizado nas eletromicrografias da Figura 5. De modo geral, permite a visualização de conídio não germinado (Figura 5A) e germinado (Figura 5C) e hifas bem desenvolvidas (Figura 5B e 5D).

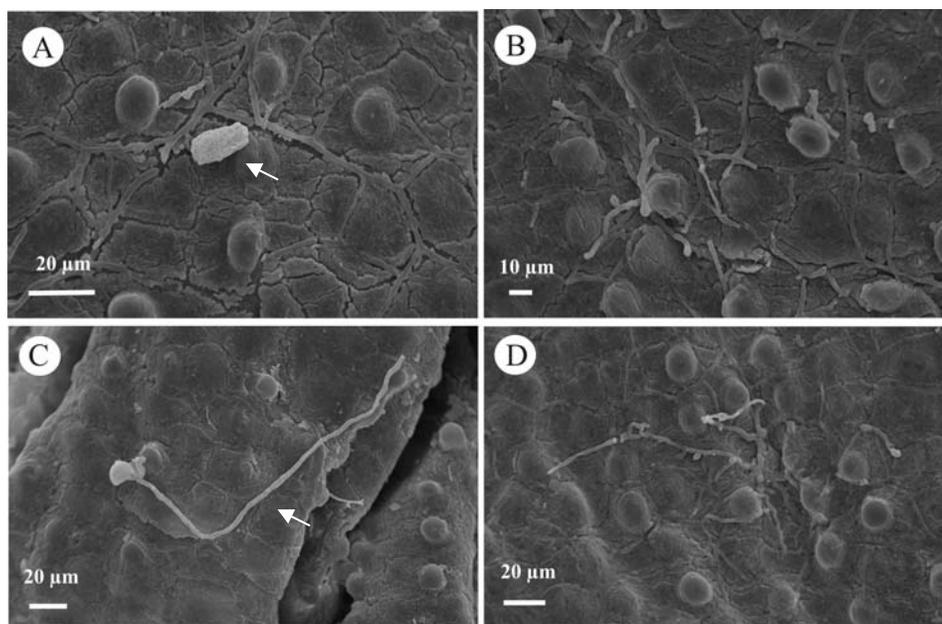


Figura 5 Eletromicrografia de varredura de banana infectada com *C. musae* sob o efeito de óleo essencial de canela. A: conídio não germinado (seta). C: conídio germinado (seta). B e D: hifas bem desenvolvidas. UFLA, Lavras, MG, 2011

Os frutos foram inoculados maduros, pois, de acordo com Simmonds (1965), os frutos verdes apresentam resistência ao fungo. Assim, o autor explica que tal fato deve-se a quatro hipóteses: a limitação da penetração do fungo pela escassez de nutrientes, a falta de degradação dos componentes da parede celular, a inibição do crescimento fúngico por toxinas e/ou alterações metabólicas nos frutos verdes.

Ainda, Swinburne (1978) relatam que a latência, período em que o fungo não se manifesta, pode ser causada pela produção de compostos antifúngicos, como as fitoalexinas. Mulvena, Webb e Zerner (1969) isolaram uma substância fungistática, o 3,4-di-hidroxibenzaldeído, a partir da porção externa da casca de banana verde 'Cavendish'. Essa substância inibiu o crescimento de *C. musae*. Brown e Swinburne (1980) trataram bananas com

glucano e detectaram acúmulo de dois compostos antifúngicos, o que não pode ser detectado em lesões mais avançadas de antracnose em frutos maduros.

Assim, diante da complexidade dos óleos essenciais, admite-se que existem vários mecanismos de ação não conhecidos exatamente, podendo a inibição de patógenos ocorrer pela desnaturação de proteínas, a inibição de enzimas e/ou a desintegração de membranas (JANSSEN, 2000). Isso indica que os resultados observados neste estudo mostraram que os óleos testados não apresentam efeito residual longo, sete dias, mas outros estudos são necessários, com a aplicação dos óleos após a inoculação, para verificar se estes óleos não apresentam efeito erradicante ao patógeno e, caso positivo, verificar a possibilidade do seu uso em tratamentos pós-colheita.

4 CONCLUSÕES

Os óleos essenciais testados não foram efetivos na indução de resistência de banana contra a antracnose e nem apresentaram efeito residual. O fungo conseguiu penetrar no fruto e, conseqüentemente, o surgimento de sintomas típicos da doença. O aumento da severidade no decorrer do tempo condiz com o descrito em literatura.

A ineficiência detectada no uso da solução contendo óleo essencial, no controle da antracnose em frutos, foi, possivelmente, devido ao momento da aplicação dos produtos, que não apresentou resultados satisfatórios na inibição do patógeno em frutos, como havia sido verificado *in vitro*.

REFERÊNCIAS

- ABAYASEKARA, C.; RATNAYAKE, S.; ADIKARAM, N. K. B. Resistance of banana fruit to fungal disease: an overview. In: JONSON, G. I.; HIGHLEY, E.; JOYCE, D. C. (Ed.). **Disease resistance in fruit**. Camberra: ACIAR, 1998. p. 93-104.
- ALVES, E.; LEITE, B.; KITAJIMA, E. W. Ultraestrutura na era do DNA. In: ISHIDA, A. K. N. et al. (Ed.). **Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 433-466.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Banana**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.integração.gov.br>>. Acesso em: 8 abr. 2008.
- BROWN, A. E.; SWINBURNE, T. R. The resistance of immature banana fruits to anthracnose [*Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) Arx]. **Phytopathology Zeitschrift**, Berlin, v. 99, n. 1, p. 70-80, Mar. 1980.
- FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANNUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFScar, 2000. p. 235.
- GARCIA, R. et al. Antimicrobial activity and potential use of monoterpenes as tropical fruits preservatives. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 163-168, Feb. 2008.
- GOMES, L. I. S. **Métodos de inoculação de Colletotrichum gloeosporioides e efeito de óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamoeiro**. 2008. 54 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- JANSSEN, A. M. Antimicrobial activities of essential oils: a pharmacognostical study. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 3, n. 16, p. 38-43, set./out. 2000.
- MARQUES, S. S. et al. Uso de óleos essenciais no controle de *colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose em frutos do mamoeiro. In: _____. **Papaya Brasil**. Vitória: UFES, 2000. p. 591-593.

MORAES, W. S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J. D. Quimioterapia de banana "Prata-anã" no controle de podridão pós-colheita. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 79-84, 2008.

MULVENA, D.; WEBB, E. C.; ZERNER, B. 3,4-Dihydroxybenzaldehyde, a fungistatic substance from green cavendish bananas. **Phytochemistry**, Oxford, v. 8, p. 393-395, 1969.

RANASINGHE, L. S.; JAYAWARDENA, B.; ABEYWICKRAMA, K. An integrated strategy to control post-harvest decay of Embul banana by combining essential oils with modified atmosphere pack-aging. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 97-103, Mar. 2005.

ROZWALKA, L. C. et al. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 301-307, mar./abr. 2008.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFSC, 2004. p. 333-364.

SILVA, S. O. Cultivares de banana para exportação. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2000. p. 30-38.

SIMMONDS, J. H. A study of the species of *Colletotrichum* causing ripe fruit rots in Queensland. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Science**, Brisbane, v. 22, p. 437-459, 1965.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004. p. 467-495.

SPALDING, D. H.; REEDER, W. F. Postharvest disorders of mango as affected by fungicides and heat treatments. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 56, p. 751-753, 1972.

SWINBURNE, T. R. Post-infection antifungal compounds in quiescent or latent infections. **Annals Applied of Plant Biology**, Palo Alto, v. 89, p. 322-325, 1978.

THOMPSON, A. K. Preharvest fungicidal spray for postharvest disease control. In: POSTHARVEST HANDLING OF TROPICAL FRUITS, 1., 1994, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: ACIAR, 1994. p. 169-171.

WISNIEWSKI, M. E.; WILSON, C. L. Biological control of post-harvest disease of fruits and vegetables: recent advances. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 94-98, 1992.

ZAMBONELLI, A. et al. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 144, n. 2, p. 491-494, Feb. 1996.

ARTIGO 3

**EFEITO DE OLEOS ESSENCIAIS NAS CARACTERISTICAS FISICAS
E BIOQUIMICAS DE FRUTOS DE BANANA 'Prata' INOCULADOS
COM *Colletotrichum musae***

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização da solução de óleo essencial de cravo-da-índia (250 mg.L^{-1}), tomilho (500 mg.L^{-1}) e de canela (750 mg.L^{-1}) sobre bananas 'Prata' inoculadas com *Colletotrichum musae* e no processo de maturação. Frutos ainda verdes foram selecionados, lavados e sanitizados. Após secagem, foi pulverizada solução contendo o óleo essencial. Em seguida, os frutos foram acondicionados em bandejas e armazenados sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. A inoculação (2×10^6 conídios/mL) foi realizada oito dias após a montagem do experimento. As testemunhas consistiram de pulverização com água e com fungicida (Magnate 500 CE[®]). Cada tratamento foi composto por 6 repetições, 3 frutos por repetição e as avaliações foram realizadas 2, 5, 10, 12 e 14 dias após a montagem do experimento. Foram analisadas as características físicas e bioquímicas dos frutos. De acordo com a análise estatística, a maioria das características analisadas apresentou a interação tratamento x data de avaliação como significativa, exceto para perda de massa, acidez e pH, em que apenas o fator data de avaliação foi significativo. Para a coloração da região equatorial e da ponta (L, a* e b*), o fator data de avaliação foi significativo e as coordenadas L e a* da região da ponta. O fator tratamento apresentou-se como significativo a 5%. Para a avaliação do nível de CO₂ e O₂, o fator data de avaliação foi significativo e o fator tratamento foi significativo apenas para o CO₂.

Palavras-chave: Análise de alimentos. Doença de pós-colheita. Produtos vegetais.

ABSTRACT

The goals of this study were to evaluate the effect of the spray solution of essential oil of Indian clove (250 mg.L⁻¹), thyme (500 mg.L⁻¹) and cinnamon (750 mg L⁻¹) on banana 'Prata', inoculated with *Colletotrichum musae* in banana cultivar 'Silver'. Unripe fruits were selected, washed and sanitized. After drying, was sprayed solution containing the essential oil, then the fruits were packed in trays and stored at a temperature of 26°C (± 1 °C). Inoculation (2x10⁶ conidia.mL⁻¹) was performed 8 days after the assembly of the experiment. The witnesses consisted of spraying with water and fungicide. Composed of six repetitions, three fruits per replication, were examined 2, 5, 10, 12 and 14 days after installation of the experiment. We analyzed the physical and biochemical characteristics of fruits. According to the statistical analyses, most of the traits investigated presented the treatment x date of evaluation interaction as significant, except for mass loss, acidity and pH in which only the factor date of evaluation was significant. For the coloration of the equatorial region and of the tip (L, a* and b*), the factor date of evaluation was significant as well as the L and a* coordinates of the region of the tip. The factor treatment presented itself as significant at 5%. For the evaluation of the level of CO₂ and O₂, the factor date of evaluation was significant and the factor treatment was significant only for CO₂.

Keywords: Food analysis. Postharvest disease. Plant products.

1 INTRODUÇÃO

A banana é um fruto climatérico, de considerável importância sócio-econômica nos países tropicais, por constituir uma fonte de calorías, vitaminas e minerais de baixo custo, podendo ser consumida na forma natural em virtude de suas peculiaridades de aroma e sabor (*flavor*), bem como na forma processada, pela população de diferentes classes sociais (VILAS-BOAS et al., 2001).

O Brasil ocupa a quarta posição na produção mundial, com pouco mais de 31 milhões de toneladas destinadas à exportação (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL, 2011). Apesar disso, alguns fatores ainda prejudicam sua participação no mercado mundial, como sua precária estrutura comercial, baixa qualidade de produção e, principalmente, aos danos pós-colheita, relacionados a inúmeros fatores, como o físico, o fisiológico e o microbiológico (RANGEL; PENTEADO; TONET, 2002).

Dentro do fator microbiológico, diversos organismos (fungos, bactérias, nematoides e vírus) prejudicam o desenvolvimento da bananeira, destacando-se na pós-colheita o fungo *Colletotrichum musae* (Berk. & Curtis) von Arx., agente causal da antracnose, o qual prejudica a comercialização e o consumo *in natura*, podendo ocasionar danos de até 40% da produção (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005; SILVA, 2000).

A principal forma de controlar as doenças em pós-colheita é o uso de fungicidas, os quais apresentam alguns inconvenientes, como a forma de aplicação (THOMPSON, 1994; WISNIEWSKI; WILSON, 1992), o surgimento de patógenos resistentes (SPALDING; REEDER, 1972) e as pressões sócio-econômicas.

A exploração da atividade biológica de compostos secundários, como os óleos essenciais, pode constituir, ao lado da indução de resistência, mais uma

forma potencial de controle alternativo de doenças em plantas cultivadas (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2003).

Durante o amadurecimento da banana, várias modificações ocorrem nas células dos frutos, envolvendo processos de degradação e síntese de compostos orgânicos, além de mudanças na atividade enzimática, exteriorizando-se, como mudança na coloração da epiderme, firmeza da polpa, sabor e aroma. O conhecimento dessas mudanças metabólicas associadas com a maturação é essencial para prolongar a conservação da qualidade dos frutos e prevenir distúrbios fisiológicos (BLANKE, 1991; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de óleos essenciais nas características físicas, químicas e enzimáticas em bananas 'Prata' inoculadas com *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As bananas da cultivar Prata foram colhidas no estágio de coloração 1 - frutos totalmente verde, conforme Boletim FrutiSéries (BRASIL, 2000) - obtidos em uma plantação comercial, situada no município de Lavras, MG. Os frutos foram colhidos, selecionados e transportados, no mesmo dia da colheita, para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

No laboratório, as bananas foram lavadas em água corrente, para a retirada de impurezas e, em seguida, lavadas em solução de dicloroisocianurato de sódio 600 mg.L⁻¹ (Sumaveg[®]) por, aproximadamente, 5 minutos. Após esse processo, foram pulverizados sobre os frutos os tratamentos (solução de óleo essencial de cravo-da-índia a 250 mg.L⁻¹, tomilho a 500 mg.L⁻¹ e de canela a 750 mg.L⁻¹ com água destilada), previamente selecionados em experimentos *in vitro*. Como testemunha absoluta utilizou-se pulverização com água destilada e como testemunha positiva, um fungicida sistêmico (Magnate 500 CE[®]), de acordo com a dosagem recomendada pelo fabricante (200 mL/100 L de água). Para melhorar a solubilização dos óleos essenciais, foram colocadas duas gotas de detergente neutro para 100 mL de água destilada

Em seguida, os frutos foram acondicionados em bandejas previamente sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio (200 mg.L⁻¹) e acondicionados em câmara de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos, com 6 repetições, sendo cada repetição composta por 3 frutos (buquê). Foram feitas 5 avaliações (físicas e bioquímicas), descritas a seguir, em tempos diferentes (2, 5, 10, 12 e 14 dias após a montagem do experimento). Assim, para cada avaliação, foram retiradas 60 bandejas da câmara de armazenamento, considerando um total de 300 bandejas.

O inóculo foi obtido a partir de bananas naturalmente infectadas, provenientes de um supermercado na cidade de Lavras, MG. O fungo foi transferido para placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) e, em seguida, levado à incubação em câmara de crescimento (BOD), com fotoperíodo de 12 horas, a 25°C, por oito dias. Foi preparada uma suspensão de conídios na concentração de 2×10^6 conídios/mL de água destilada com Tween 20 a 0,7% para inoculação. No momento da inoculação, os frutos, aparentemente, apresentavam-se no estágio 4 – 5 - frutos mais amarelos que verdes, amarelos com a ponta verde, conforme Boletim FrutiSéries (BRASIL, 2000).

Foram realizadas as seguintes análises:

pH. Foi determinado utilizando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3MP), segundo técnica da Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2000).

Acidez titulável (AT). Foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1M, utilizando como indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em % de ácido málico.

Açúcares solúveis totais (AST). Foram extraídos com álcool etílico a 70% e determinados pelo método de Antrona (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 g de polpa.

Amido. Foi extraído por hidrólise ácida, segundo a técnica da AOAC (2000) e identificado pelo método de Somogyi, modificado por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Coloração. Foi determinada sobre a casca na região equatorial e da ponta do fruto, utilizando-se um colorímetro (Minolta, modelo CR 30), com iluminante D₆₅ e no sistema CIE (L, a* e b*). A coordenada L corresponde à

luminosidade, a coordenada a^* está relacionada com a intensidade de verde/amarelo e a coordenada b^* com a intensidade azul/amarelo.

Firmeza. Foi avaliada na região equatorial da polpa do fruto, utilizando-se penetrômetro Mc Cormick.

Pectina total e solúvel (PT e PS). Foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready e McComb (1952) e determinadas colorimetricamente segundo Bitter e Muir (1962), sendo os resultados expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

Perda de massa. Foi calculada como a porcentagem diferencial entre o peso inicial dos buquês no armazenamento e o peso final (ou seja, o início do amadurecimento e final do amadurecimento). Foi utilizada a balança semianalítica Mettler, modelo PC2000, para pesagem dos frutos.

Sólidos Solúveis (SS). Foram determinadas por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação de temperatura automática a 25°C e expressos em °Brix, segundo AOAC (2000).

Taxa respiratória. Foi avaliada desde o início do experimento, medindo-se a quantidade de O_2 e CO_2 produzidos por um único fruto, acondicionados durante uma hora em vidros herméticos. Foi utilizado um analisador de gases, Check Point O_2 e CO_2 , PBI Dansensor. Os resultados foram expressos em $mL.kg^{-1}.h^{-1}$.

Aos 8 dias após a montagem do experimento, foi realizada a inoculação dos frutos com *C. musae*. Assim, por 48 horas não foi avaliada a taxa respiratória, devido à câmara úmida a que os frutos estavam submetidos, retomada logo após esse período.

Atividade de pectinametilesterase (PME). A extração enzimática foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996). O doseamento foi realizado segundo Hultin, Sun e Bulger (1966) e Ratner, Goren e Monseline (1969), com

modificações de Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação nas condições de ensaio.

Atividade de poligalacturonase (PG). A extração enzimática da poligalacturonase foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978) com modificações de Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996). O doseamento foi realizado segundo Markovic, Heinrichová e Lenkey (1975), com modificações de Vilas-Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em mol de açúcar redutor por grama de polpa fresca . min.⁻¹.

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância pelo programa Sisvar (FERREIRA, 2000). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$) e as médias observadas no tempo foram submetidas à análise de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável perda de massa, apenas o fator data de avaliação foi significativo a 5%, de acordo com a análise de variância (Tabela 3C). Os óleos essenciais aplicados nas bananas não demonstraram nenhum efeito sobre o peso dos frutos.

Inicialmente (no dia da montagem do experimento), as bananas apresentavam o peso médio de 292,7 g. Após os 14 DAME, o peso médio reduziu-se para 253,55 g, uma perda de 11,2% do peso (Figura 1).

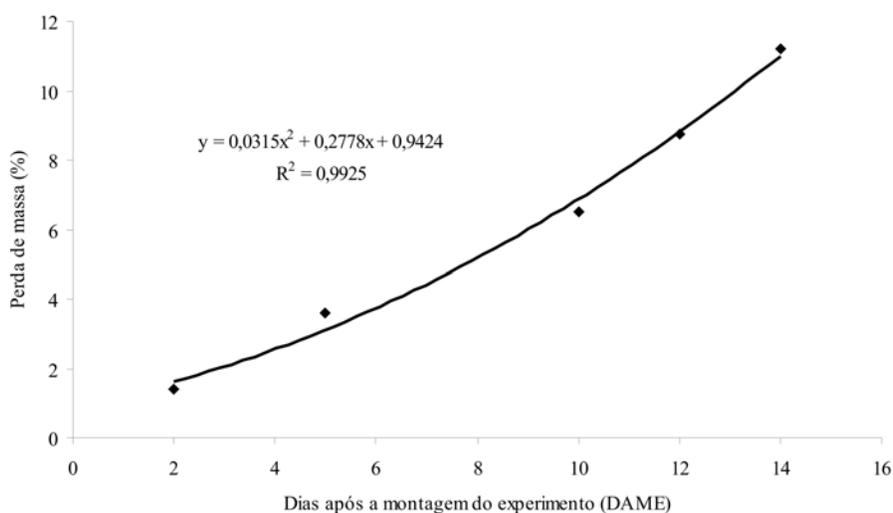


Figura 1 Percentagem média da perda de massa de bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), esses autores atribuem a perda de massa em função da respiração dos frutos ao consumo de açúcares utilizado como substrato. Segundo Leite e Pascholati (1995), o ataque de patógenos pós-colheita também contribui para o aumento da respiração, pois muita energia é necessária para acionar os mecanismos de resistência dos frutos. Também ocorre aumento da transpiração, já que, neste caso, os patógenos causam destruição da cutícula dos frutos, ocorrendo o aumento da perda de água e, conseqüentemente, perda de massa.

De acordo com Damatto Júnior et al. (2005), bananas da cultivar 'Prata-Anã', após 12 dias de armazenamento, aumentaram a perda de massa ao longo dos dias de 4,25% para 20,4%, do 3º dia para o 12º dia, respectivamente.

Para acidez e pH, apenas o fator data de avaliação foi significativo, a 5,0% de probabilidade, segundo a análise de variância (Tabela 2C).

Os valores médios de pH apresentados (Figura 2) concordam com os de Palmer (1971), que relata que o pH da polpa apresentou o comportamento inverso da acidez total titulável, confirmada também por Carvalho (1984) e Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996), que encontraram, para banana 'Prata' verde e madura, pH de 5,15 e 4,50, respectivamente.

Fisiologicamente, na banana, por ser um fruto essencialmente climatérico, ocorre, juntamente com a respiração, durante seu amadurecimento, uma extensiva degradação de amido, com elevada liberação de íons H^+ . Embora o citoplasma exerça efeito tampão, não deixando que ocorram grandes alterações nos valores de pH, observamos uma tendência de decréscimo.

Bleinroth (1995) descreve que a banana é caracterizada por apresentar baixa acidez quando verde e que aumenta com a maturação até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para depois decrescer. Esse relato condiz com os resultados apresentados (Figura 2), comprovando que os tratamentos não apresentaram nenhum efeito sobre o a acidez. O mesmo autor

ainda descreve que a acidez cresce paralelamente à velocidade de hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana.

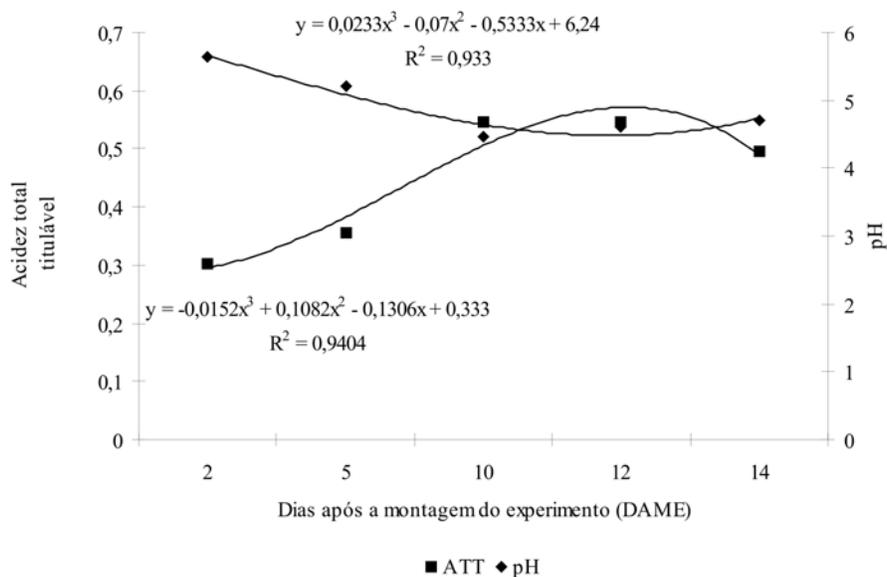


Figura 2 Valores médios de acidez total titulável (ATT) e pH de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2011

De acordo com a análise estatística, a interação tratamento x data de avaliação foi significativa, a 5% de probabilidade, para amido, açúcares solúveis totais e sólidos solúveis totais (Tabela 1C).

Aos 5 DAME, os valores médios de amido para os frutos que foram pulverizados com óleo essencial de cravo-da-índia e tomilho foram iguais, estatisticamente. O tratamento com fungicida foi o que apresentou o menor teor (21,79 g/100g de fruto). Para as três avaliações seguintes, os valores encontrados

não diferiram estatisticamente dentre os tratamentos, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Apesar do efeito nulo dos óleos essenciais, a queda no teor de amido, após 14 DAME, foi semelhante, numericamente, em torno de 22,0%. O tratamento com fungicida foi o que proporcionou a menor queda, 19,5%.

Devido a um efeito indireto, isto é, pela inibição do desenvolvimento do fungo nestes frutos tratados, observa-se que, logo aos 10 DAME, ocorreu uma extensiva degradação de amido com elevação nos teores de açúcares totais e nos sólidos solúveis totais.

Segundo Vilas-Boas et al. (2001), o amaciamento verificado ao longo do amadurecimento da fruta é um reflexo da degradação coordenada de amido e compostos da parede celular, notadamente substâncias pécticas e hemiceluloses e do aumento de umidade da polpa em razão de trocas osmóticas com a casca.

Contrariamente aos teores de amido, os teores de açúcares solúveis totais aumentaram até 10 DAME (0,33%). Para as testemunhas (água e fungicida), ocorreu grande aumento, seguido novamente de queda no teor de açúcar, coincidente com a inoculação do fungo, que foi realizada aos 8 DAME.

Os teores de açúcares solúveis totais nos frutos tratados com óleos essenciais também apresentaram valores crescentes até 10 DAME, seguidos de ligeira queda aos 12 DAME, exceto para os frutos que foram tratados com óleo essencial de canela, mas não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, inclusive as testemunhas (Tabela 1).

Conforme foi observado, o óleo essencial de canela, na concentração utilizada, pode ter induzido estresse nos frutos, levando a uma redução na concentração de sólidos solúveis totais.

Tabela 1 Valores médios de amido, açúcares solúveis totais e sólidos solúveis de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

Dias após a montagem do experimen to (DAME)	Cravo-da- índia (250 mg.L ⁻¹)	Tomilho (500 mg.L ⁻¹)	Canela (750 mg.L ⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE [®])
Amido (g.100g⁻¹)					
2	24,29 a*	22,27 b	24,23 a	22,54 b	20,27 b
5	25,15 a	25,85 a	23,28 b	23,11 b	21,79 c
10	1,87 a	1,90 a	2,24 a	1,94 a	2,53 a
12	0,99 a	0,82 a	0,83 a	1,07 a	0,86 a
14	0,58 a	0,55 a	0,57 a	0,60 a	0,72 a
Açúcares solúveis totais (g.100g⁻¹)					
2	0,38 a*	0,48 a	0,65 a	0,42 a	0,48 a
5	0,79 a	0,75 a	0,89 a	1,00 a	0,74 a
10	23,90 a	24,73 a	19,93 b	21,49 b	25,12 a
12	16,11 a	20,01 a	20,57 a	20,02 a	18,39 a
14	22,92 a	21,64 a	14,40 b	14,18 b	14,64 b
Sólidos solúveis (° Brix)					
2	3,16 a*	3,11 a	3,22 a	3,66 a	3,09 a
5	4,16 a	2,88 a	3,00 a	2,75 a	2,75 a
10	23,39 a	23,72 a	20,83 b	24,00 a	24,77 a
12	25,33 a	25,83 a	25,50 a	26,39 a	26,61 a
14	23,94 a	24,33 a	24,00 a	25,16 a	24,77 a

* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (P≤ 0,05), dentre os tratamentos.

Sgarbieri, Hec e Leonard (1966) verificaram que, para banana ‘Prata’, o teor de amido decresceu de 25,9%, no estágio verde, para 1,5% na fruta muito madura, enquanto os açúcares totais aumentaram de 0,2% para 11,5% e os açúcares redutores, de 0,2% para 9,1%. Mota, Lajolo e Cordenunsi (1997) encontraram, para banana ‘Prata Anã’, um decréscimo do teor de amido de 18,7% para 2,5% e aumento no teor de açúcares solúveis da ordem de 13,9%.

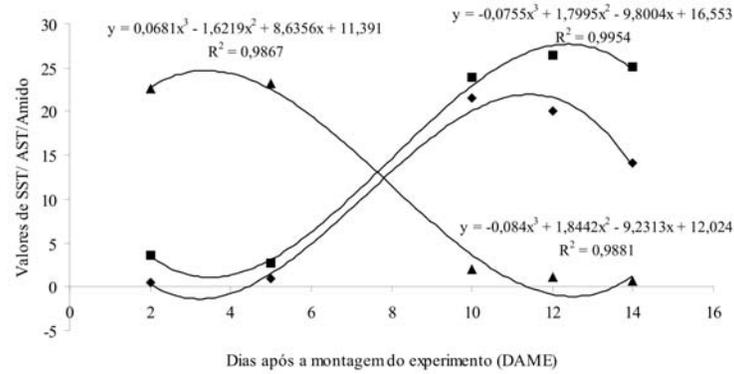
Semelhantemente, os valores encontrados para sólidos solúveis totais também aumentaram, após 5 DAME (Tabela 1).

Os principais açúcares presentes nos frutos são glicose, frutose e sacarose, e são excelentes fontes de energia e, em geral, perfazem de 85% a 90% dos teores de sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com dados anteriores, os valores de sólidos solúveis aumentam com o amadurecimento dos frutos em decorrência da hidrólise do amido em glucose e da hidrólise da protopectina em pectina solúvel. A variação no teor de SS em bananas é da ordem de 0,92% no fruto verde e 22,3% no fruto maduro (SGARBIERI; FIGUEIREDO, 1971). Esses resultados concordam com os encontrados neste trabalho.

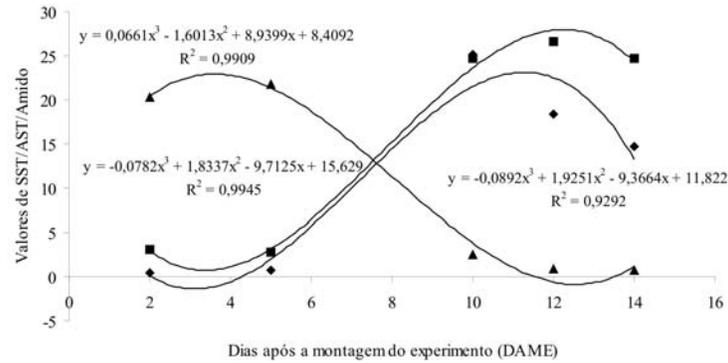
Na Figura 3 são mostrados os teores de amido, açúcares solúveis totais e sólidos solúveis totais no decorrer do tempo. Para todos os tratamentos, inclusive para as testemunhas, os teores de açúcares e sólidos solúveis totais apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, aumentaram até os 12 DAME, seguindo-se ligeira queda. Os teores de amido apresentaram comportamento inverso, ou seja, diminuíram até os 12 DAME, seguindo-se ligeiro aumento. Os valores foram quase que o mesmo aos 8 DAME, coincidentemente com a inoculação do fungo, seguindo o comportamento do amadurecimento dos frutos.

Observou-se que, para as variáveis pectina solúvel e total, a interação tratamento x data de avaliação foi significativa, de acordo com a análise dos dados ($P \leq 0,05$) (Tabela 4C). Os teores de pectina solúvel não diferiram estatisticamente dentre os tratamentos, aos 2, 5 e 14 DAME. Aos 12 DAME, os menores teores foram detectados no tratamento com óleo essencial de canela e com o fungicida (Tabela 2).



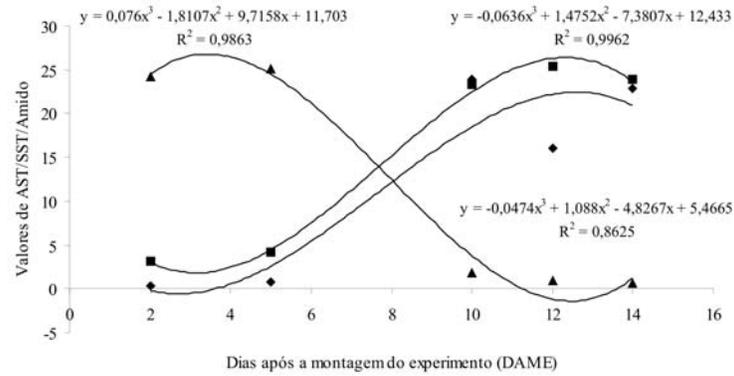
A

◆ AST ■ SST ▲ Amido



B

◆ AST ■ SST ▲ Amido



C

◆ AST ■ SST ▲ Amido

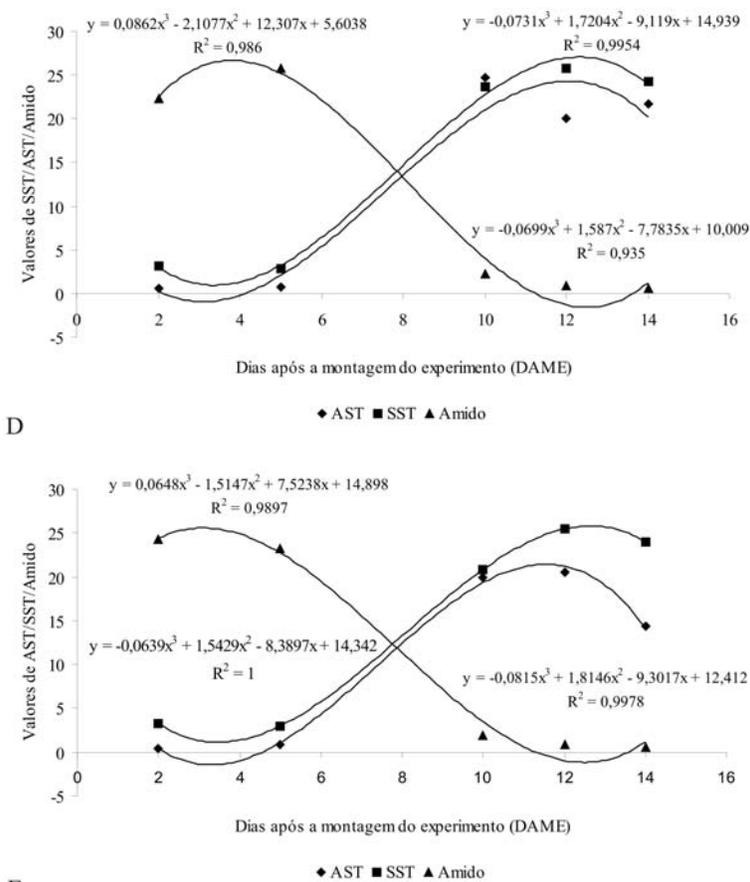


Figura 3 Valores médios de amido ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), açúcares solúveis totais ($\text{g}/100\text{g}$) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2011

Foi observada grande variação nos valores dos teores de pectina total. Apenas aos 12 DAME, não houve diferença estatística entre os tratamentos. O óleo essencial de canela, aos 14 DAME, foi o que apresentou o menor teor de pectina total (234,01 g/100g de fruto).

No decorrer do tempo, os teores de pectina total e solúvel apresentaram o mesmo comportamento para todos os tratamentos, exceto para o óleo essencial de canela, para o qual nenhum modelo de regressão foi ajustado para os teores de pectina total, tendo, aos 12 DAME, atingido teor de 547,32 g.100g⁻¹ de fruto (Figura 4C).

Para os dados de firmeza, a interação tratamento x data de avaliação apresentou-se como significativo a 5% de probabilidade, conforme se observa na Tabela 1C.

Segundo Yamaguchi et al. (1977), a firmeza da polpa também é um atributo de maturidade e de qualidade dos frutos, dando uma ideia das transformações na estrutura celular, coesão das células e alterações bioquímicas, responsáveis pela textura do produto. A firmeza da polpa foi igual, estatisticamente, para todos os tratamentos aos 10, 12 e 14 DAME (Tabela 3), tendo, ao longo do tempo de avaliação, apresentado o mesmo comportamento para todos os tratamentos, diminuindo até a última avaliação (Figura 5).

A diminuição da firmeza é normal durante o período de armazenamento, sendo esta característica variável em função da cultivar, podendo sofrer alterações devido às condições climáticas regionais, à posição do fruto na planta, ao grau de maturação, ao tamanho do produto e à forma imprópria de utilização dos aparelhos manuais durante sua medição (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 2 Valores médios de pectina solúvel e pectina total bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

Dias após a montagem do experimento (DAME)	Cravo-da-índia (250 mg.L ⁻¹)	Tomilho (500 mg.L ⁻¹)	Canela (750 mg.L ⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE [®])
Pectina solúvel (g.100g⁻¹)					
2	58,90 a*	42,53 a	76,44 a	86,57 a	67,08 a
5	103,06 a	105,77 a	90,19 a	89,05 a	69,27 a
10	193,75 a	141,29 b	140,82 b	122,62 b	187,75 a
12	236,68 a	257,88 a	213,35 b	229,30 a	192,10 b
14	234,85 a	229,18 a	205,15 a	260,16 a	247,66 a
Pectina total (g.100g⁻¹)					
2	322,14 b*	388,49 a	334,80 b	285,05 b	290,87 b
5	361,93 a	305,42 b	342,96 a	270,18 b	317,92 b
10	242,19 b	251,10 b	207,93 b	246,25 b	360,00 a
12	507,58 a	469,71 a	547,58 a	486,55 a	477,05 a
14	298,83 c	295,51 c	234,01 d	354,72 b	526,67 a

* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$), dentre os tratamentos.

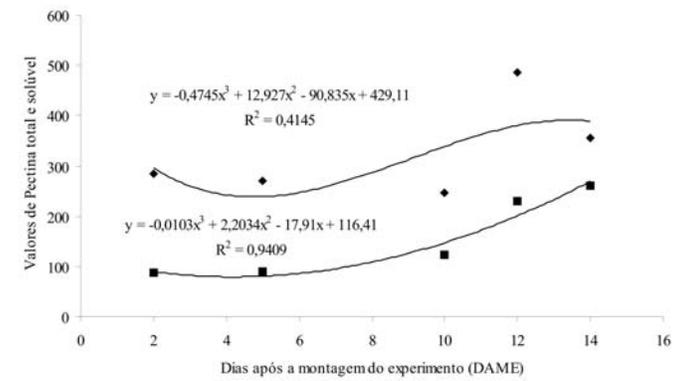
Os valores da porcentagem da solubilidade da pectina são expressos em porcentagem e estão ligados diretamente à firmeza da polpa (Tabela 3). De acordo com a análise estatística, foi observado que a interação tratamento x data de avaliação apresentou-se como significativa ($P \leq 0,05$) (Tabela 4C). Segundo Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996), existem evidências de que o amaciamento do fruto durante o amadurecimento é acompanhado pelo aumento na solubilização nas substâncias pécticas na parede celular e lamela média e que o incremento no teor de pectina solúvel em água é observado com o decorrer do amaciamento. Um decréscimo na protopectina e na pectina total é observado

durante o amadurecimento, paralelamente ao aumento das pectinas solúveis na polpa da banana.

Tabela 3 Valores médios de firmeza e de porcentagem da solubilidade da pectina bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26± 1°C. Lavras, MG, 2011

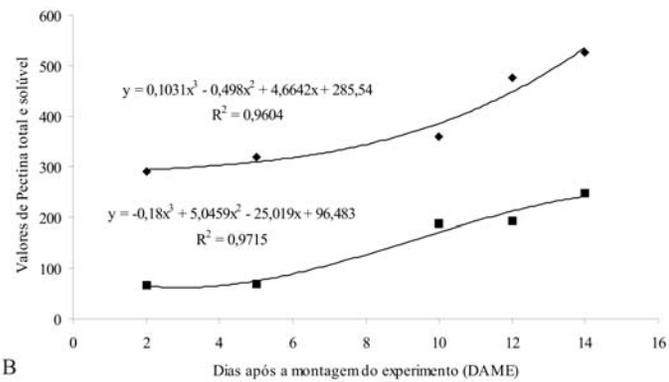
Dias após a montagem do experimento (DAME)	Cravo-da-índia (250 mg.L ⁻¹)	Tomilho (500 mg.L ⁻¹)	Canela (750 mg.L ⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE [®])
Firmeza (N)					
2	54,28 c*	50,93 d	59,80 a	53,90 c	56,14 b
5	53,51 b	56,24 a	56,02 a	53,49 b	54,18 b
10	10,39 a	11,70 a	11,40 a	12,12 a	10,84 a
12	9,84 a	9,50 a	9,12 a	8,83 a	9,08 a
14	8,82 a	8,11 a	9,73 a	9,69 a	8,36 a
% solubilidade pectina (pectina total/pectina solúvel x 100)					
2	18,58 a*	11,08 a	22,69 a	31,25 a	23,36 a
5	29,60 a	34,91 a	29,00 a	35,19 a	22,65 a
10	80,82 a	52,30 c	66,31 b	52,24 c	53,08 c
12	46,74 a	54,85 a	39,03 a	47,36 a	40,11 a
14	82,22 a	77,77 a	87,33 a	79,38 a	47,03 b

* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$), dentre os tratamentos.



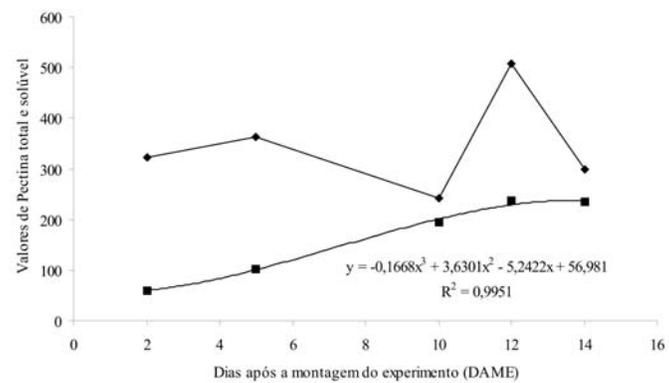
A

◆ Pectina total ■ Pectina solúvel



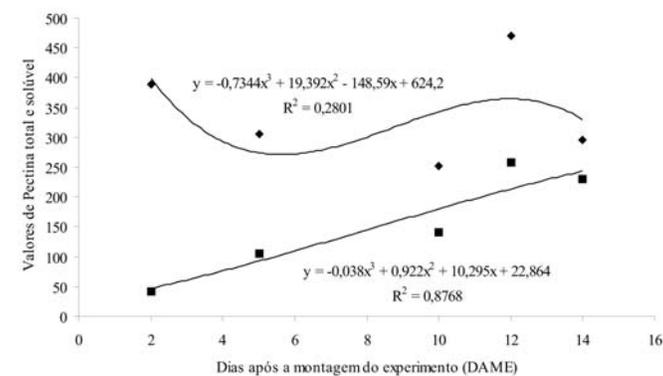
B

◆ Pectina total ■ Pectina solúvel

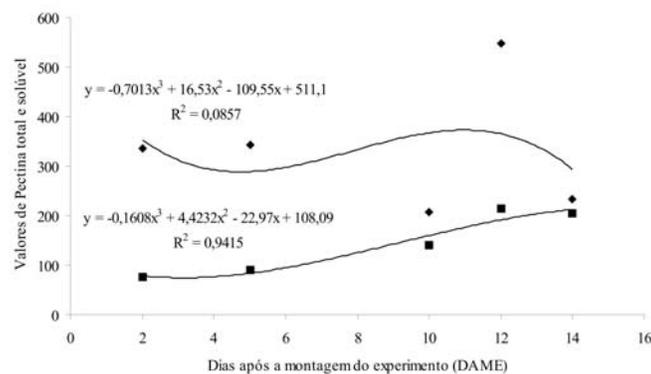


C

◆ Pectina total ■ Pectina solúvel

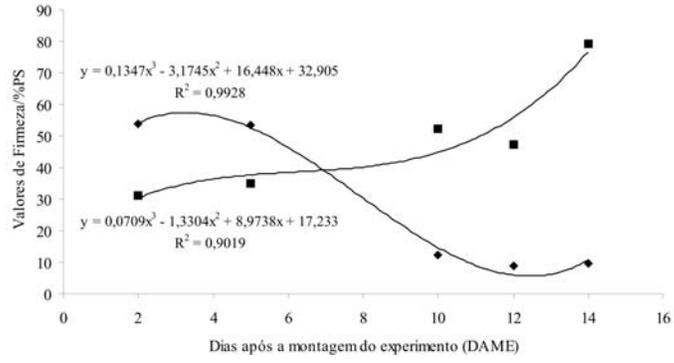


D

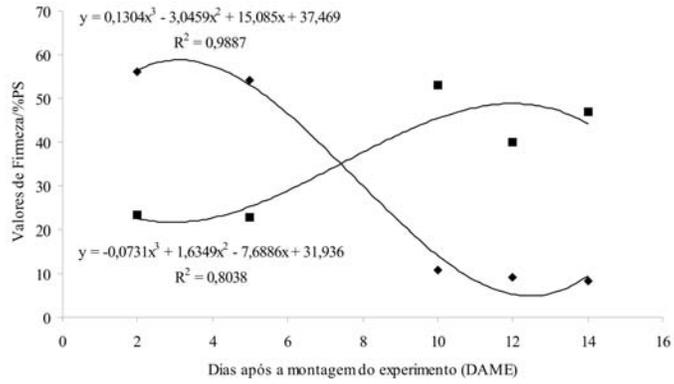


E

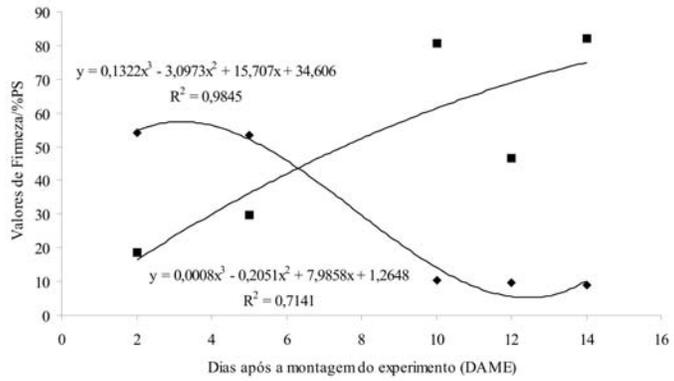
Figura 4 Valores médios de pectina total e solúvel (g/100g) de bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE®), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011



A ◆ Firmeza ■ %PS



B ◆ Firmeza ■ %PS



C ◆ Firmeza ■ %PS

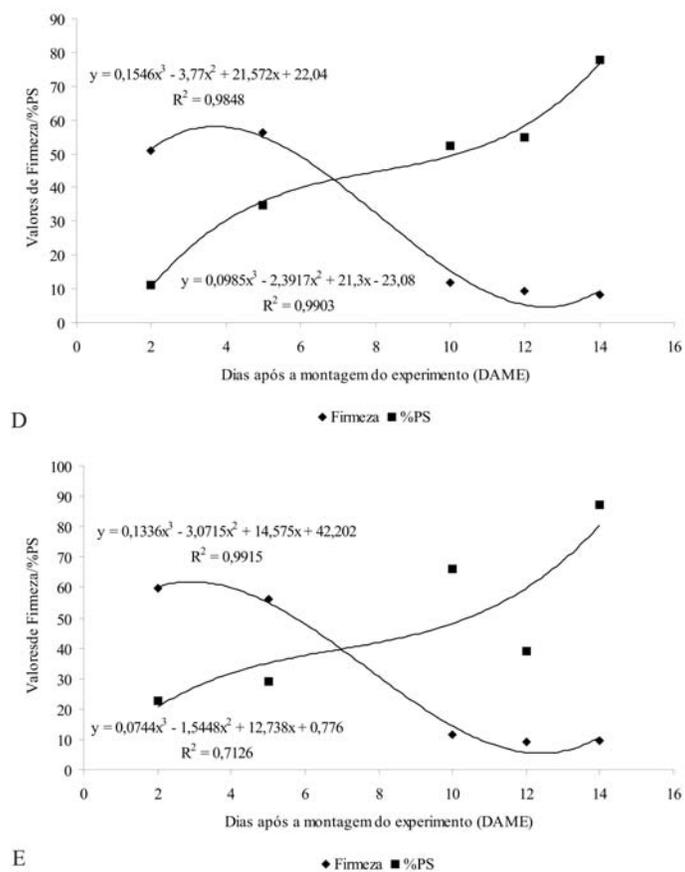


Figura 5 Valores médios de firmeza (N) e solubilidade de pectina (pectina total/pectina solúvel x 100) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2011

As variáveis pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG) apresentaram a interação tratamento x data de avaliação significativa a 5% de probabilidade, de acordo com a análise de variância (Tabela 5C).

De acordo com os dados da Tabela 4, os teores de PME diminuíram até os 5 DAME, atingindo o máximo aos 10 DAME, exceto para os tratamentos com óleo essencial de canela e fungicida, que atingiram o máximo aos 14 DAME, possivelmente por uma inibição ou retraída no início do processo de amadurecimento.

Tabela 4 Valores médios da atividade enzimática de pectinametilsterase e de poligalacturonase de bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

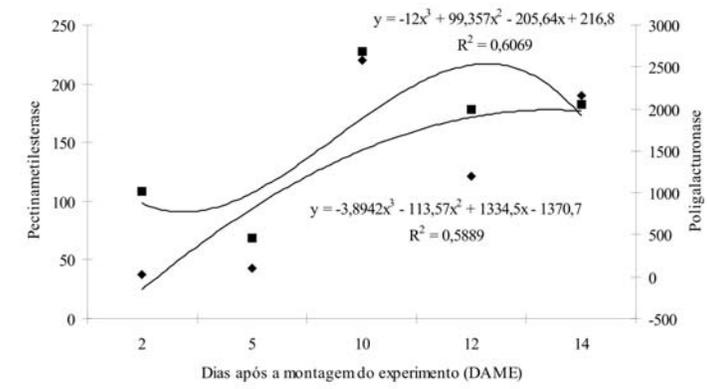
Dias após a montagem do experimento (DAME)	Cravo-da-índia (250 mg.L ⁻¹)	Tomilho (500 mg.L ⁻¹)	Canela (750 mg.L ⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE [®])
Pectinametilsterase (nmol/g,min)					
2	135,0 a*	112,0 b	149,5 a	108,0 b	143,0 a
5	64,0 b	49,0 b	58,0 b	69,0 a	83,0 a
10	214,0 a	219,0 a	175,0 b	227,0 a	190,0 b
12	190,0 a	204,0 a	178,0 a	178,0 a	189,0 a
14	205,0 b	179,0 c	194,0 b	182,0 c	231,0 a
Poligalacturonase (nmol/g,min)					
2	48,96 a*	35,72 a	26,05 a	24,17 a	51,94 a
5	81,62 a	112,95 a	90,08 a	101,94 a	81,42 a
10	1395,69 b	1006,79 b	2183,05 a	2572,19a	1038,54 b
12	417,37 d	2621,90 a	2116,53 b	1190,03c	1865,35 b
14	2444,26 a	2231,84 a	2048,60 a	2153,64a	911,78 b

* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (P ≤ 0,05), dentre os tratamentos.

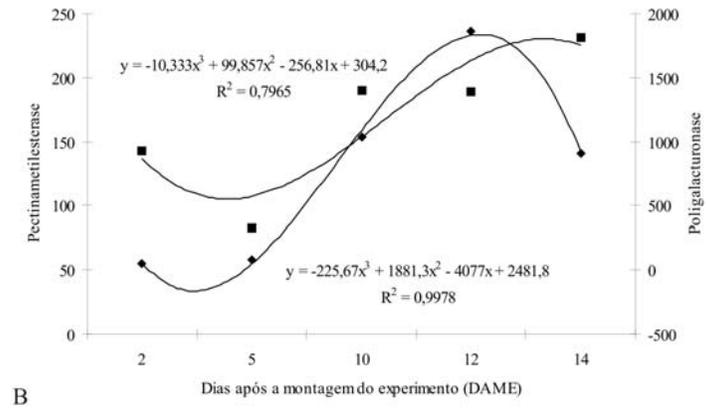
A PG apresentou extensivo aumento aos 10 DAME. De acordo com Seymour, Taylor e Tuckey (1993), as mudanças na estrutura péctica, que acompanham o amadurecimento de muitos frutos, têm sido atribuídas à ação da PG e PME. O comportamento de ambas as enzimas pode ser visualizado na Figura 6.

Vilas-Boas, Chitarra e Chitarra (1996) notaram comportamento semelhante da atividade da PG e da PME durante o amadurecimento de bananas 'Prata'. Estas apresentaram uma ascensão até o 3 grau de coloração da casca, posterior queda até o grau 4, ascensão até o grau 6 e, finalmente, ascensão até o grau 7, sugerindo um efeito coordenado entre as duas enzimas.

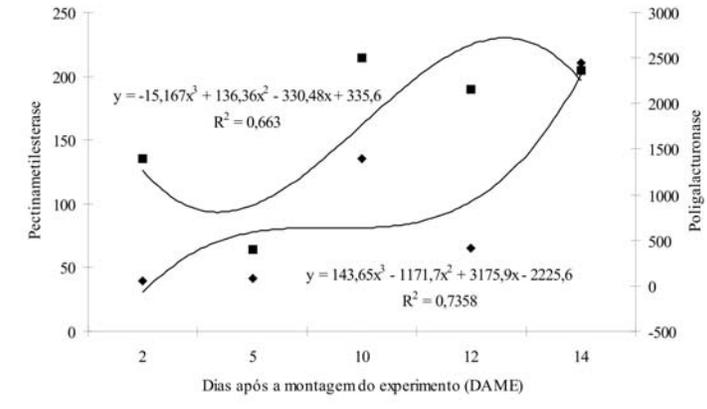
A coloração das frutas é a principal característica observada na compra. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), essa característica é utilizada pelo consumidor para julgar a maturidade do fruto, devendo os tratamentos não influenciar a evolução natural da coloração de cada tipo de fruto. Assim, foi analisada a coloração da região da ponta e equatorial dos frutos. Para a região equatorial, apenas o fator data de avaliação foi significativo, de acordo com a análise de variância ($P \geq 0,05$) (Tabela 8C). Na Figura 7, pode ser observado o comportamento das variáveis no decorrer do tempo.



A ■ Pectinametilsterase ♦ Poligalacturonase



B ■ Pectinametilsterase ♦ Poligalacturonase



C ■ Pectinametilsterase ♦ Poligalacturonase

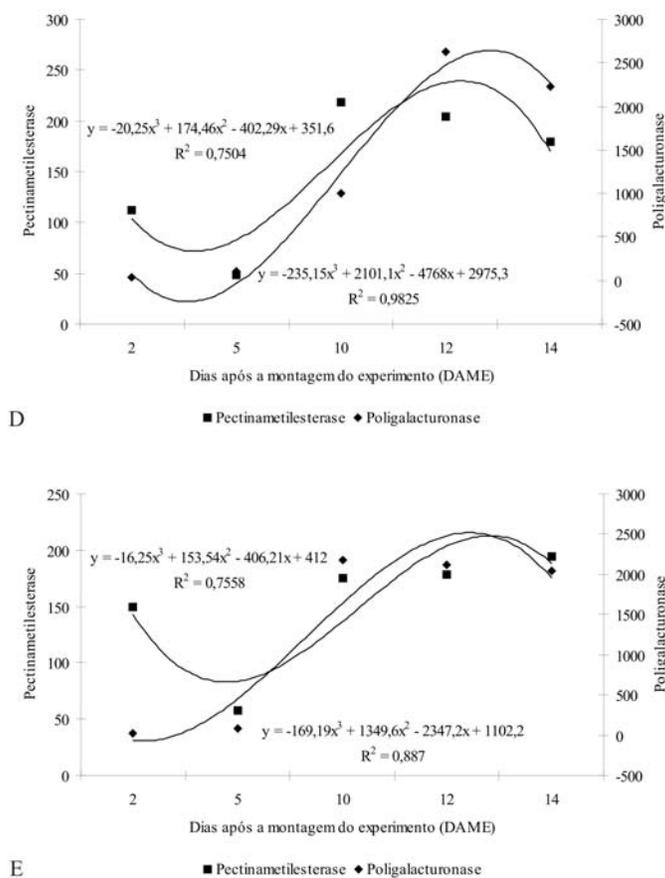


Figura 6 Valores médios de pectinamylesterase (PME) e poligalacturonase (PG) ($\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26\pm 1^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2011

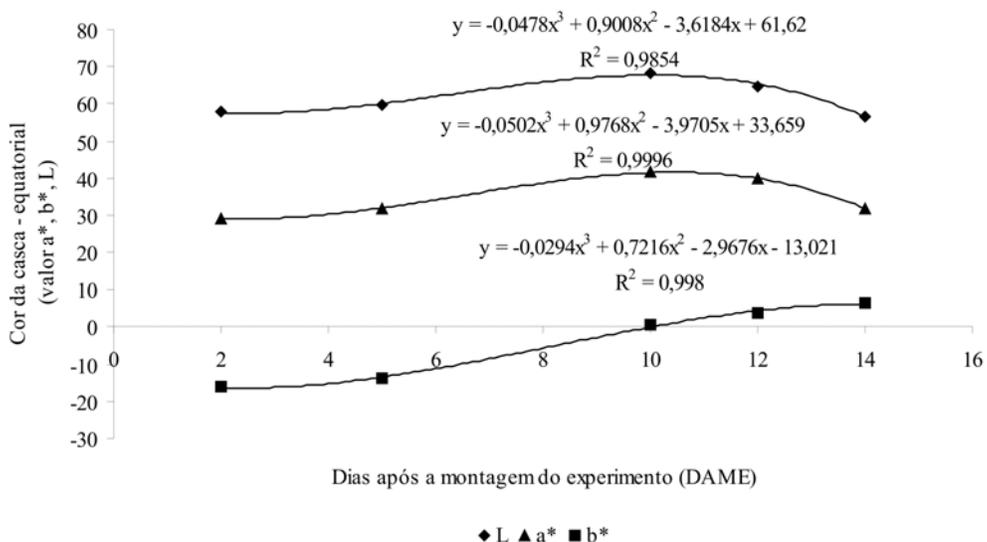


Figura 7 Valores médios da coloração da casca (cor L, a* e b*) de bananas 'Prata', da região equatorial, submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2011

De acordo com o gráfico, as três coordenadas se comportaram de forma semelhante, aumentando até DAME e, após essa data, apresentaram um leve declínio, menos acentuado para a coordenada a*.

Visualmente, foi observado amarelecimento dos frutos no decorrer no tempo, o que explica o aumento dos valores das coordenadas a* e b*, como também um aumento da luminosidade dos frutos, indicada pela coordenada L.

Para a região da ponta da banana, de acordo com os dados analisados, para a coordenada L e a*, os fatores isolados tratamento e data de avaliação foram significativos, a 5% de probabilidade. Para a coordenada b*, apenas o fator data de avaliação foi significativo ($P \leq 0,05$) (Tabela 6C).

Na Figura 8 podem-se observar as médias dos valores das coordenadas L e a*, mostrando-se o comportamento dessas em função de cada tratamento no decorrer do tempo de condução do experimento.

De acordo com o gráfico, o tratamento com somente água foi o que proporcionou o menor valor da coordenada a*, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 8b). Os óleos essenciais, como também o tratamento com fungicida, proporcionaram menor taxa de amarelecimento aos 14 DAME, quando comparados com a testemunha-água. Resultado semelhante foi encontrado para a coordenada L, em que a testemunha-água foi superior aos demais tratamentos (Figura 8a).

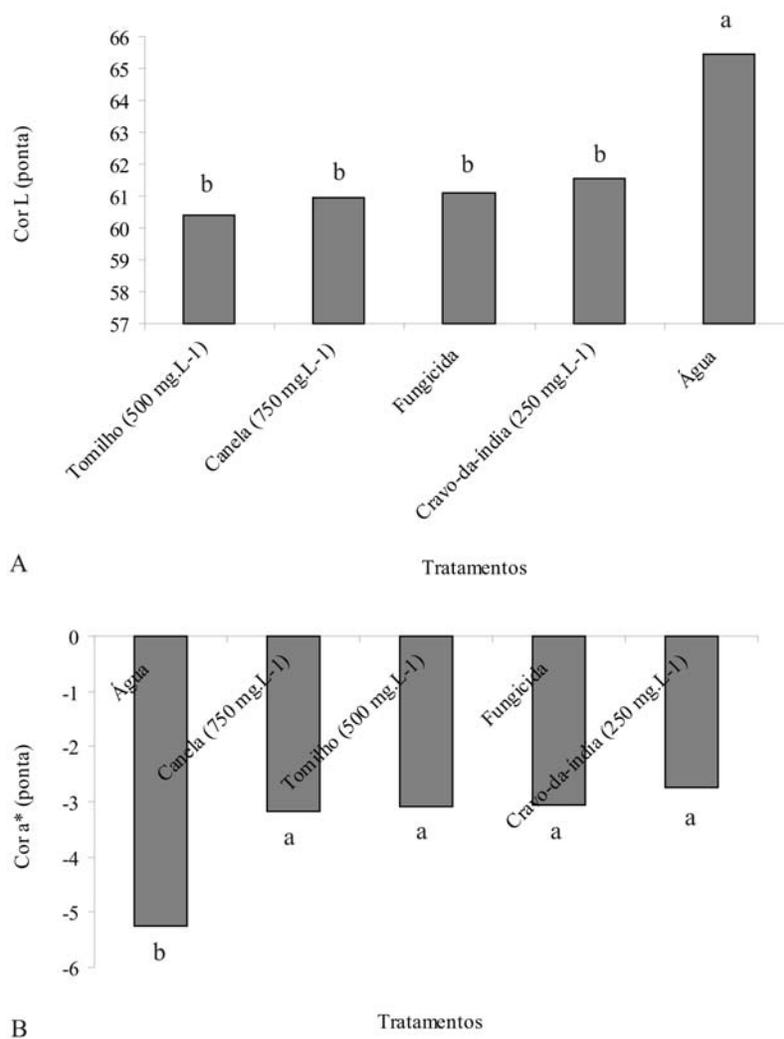


Figura 8 Valores médios da coordenada L (A) e a* (B) de banana 'Prata', da região da ponta, submetida a tratamentos com óleos essenciais de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

As variáveis (coordenada L, a* e b*) se comportaram de forma semelhante à região equatorial, conforme pode ser visualizado na Figura 9.

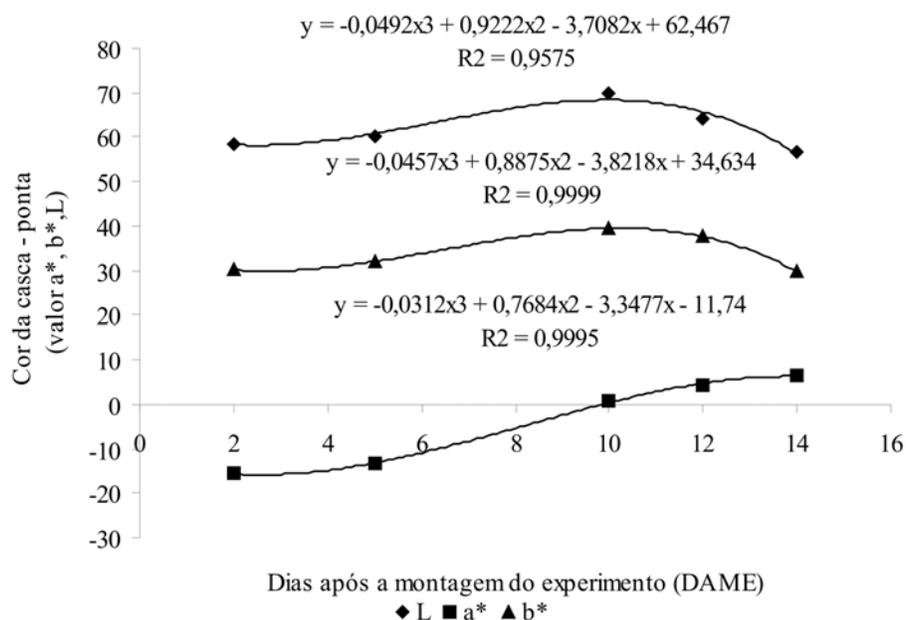


Figura 9 Valores médios da coloração da casca (cor L, a* e b*) de banana 'Prata', da região da ponta, submetida a tratamentos com óleos essenciais de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

Para o parâmetro coloração, foram calculados a cromaticidade e o ângulo Hue e os resultados podem ser observados nas Tabelas 5 e 6 e nas Figuras 10 e 11. Foi observado, para a região da ponta, que a interação tratamento x data de avaliação foi significativa pelo teste de Anava, a 5% de probabilidade (Tabela 7C).

Tabela 5 Valores médios de ângulo Hue e cromaticidade da região da ponta de bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26± 1°C. Lavras, MG, 2011

Dias após a montagem do experimento (DAME)	Cravo-da-índia (250 mg.L⁻¹)	Tomilho (500 mg.L⁻¹)	Canela (750 mg.L⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE[®])
Ângulo Hue (°h)					
2	62,50 a*	64,04 a	61,66 a	62,12 a	63,92 a
5	63,28 a	62,59 a	63,66 a	62,72 a	62,95 a
10	87,90 a	86,60 a	86,32 a	88,46 a	88,67 a
12	84,16 a	85,02 a	76,51 b	88,87 a	85,02 a
14	73,39 a	74,45 a	73,94 a	87,36 b	68,78 a
Cromaticidade (C*)					
2	34,57 a*	35,68 a	32,03 a	32,23 a	34,84 a
5	33,19 a	32,05 a	34,13 a	33,67 a	33,89 a
10	38,87 a	39,51 a	39,33 a	40,41 a	39,77 a
12	40,90 a	42,30 a	34,10 b	39,62 a	39,73 a
14	31,44 b	26,54 b	29,87 b	43,29 a	27,94 b

* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$), dentre os tratamentos.

De acordo com a análise estatística, os valores de cromaticidade e ângulo Hue da região da ponta, não foram significativos entre os tratamentos até os 10 DAME. Aos 12 DAME, o óleo essencial de canela foi o que apresentou o menor valor de ângulo Hue (76,51) e, aos 14 DAME, foi o tratamento com água (87,36), ambos diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, dentro de cada DAME (Tabela 5).

Para a cromaticidade, o óleo essencial de canela foi estatisticamente diferente dos demais aos 12 e aos 14 DAME, respectivamente com 34,10 e 29,87. Aos 14 DAME, o tratamento com fungicida apresentou valor de cromaticidade de 27,94, igual estatisticamente ao tratamento com óleo essencial de canela (Tabela 5).

Para a região equatorial, a interação tratamento x data de avaliação apresentou-se como significativa a 5% de probabilidade, conforme pode ser visto na tabela 9C. Os valores de cromaticidade e ângulo hue apresentaram-se, para todos os tratamentos até 10 DAME, iguais estatisticamente, conforme dados da Tabela 6.

Aos 12 DAME, o óleo essencial de canela foi diferente estatisticamente dos demais, apresentando valor de 77,61 de ângulo Hue. Aos 14 DAME, os menores valores foram encontrados com o tratamento com óleo essencial de cravo-da-índia e tomilho, com 66,48 e 62,74, respectivamente.

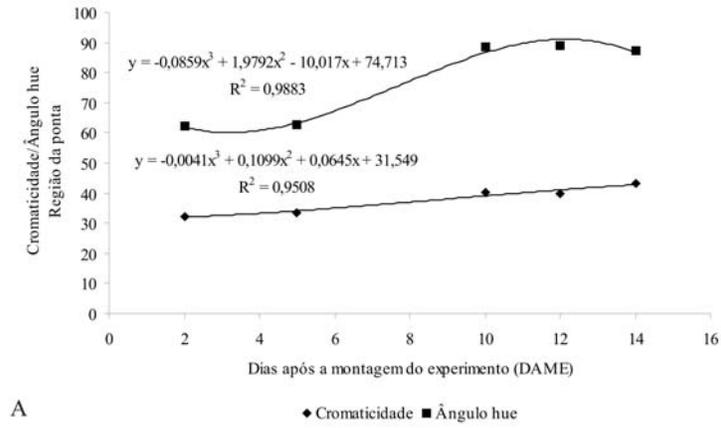
Semelhantemente, para cromaticidade, aos 14 DAME, os óleos essenciais de cravo-da-índia e tomilho apresentaram os menores valores, 28,52 e 24,77, respectivamente, conforme dados da Tabela 6.

Mattiuz e Durigan (2001), trabalhando com goiaba, relatam que o aumento na luminosidade, conjugado com o aumento na cromaticidade, revela que, nos frutos, à medida que passavam da cor verde para a amarela, ocorriam redução nos pigmentos verdes (clorofila) e acúmulo nos amarelos (carotenoides), o que também ocorre em bananas.

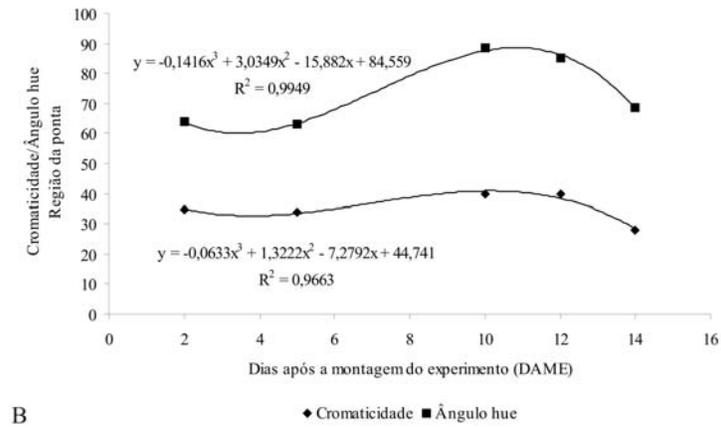
Tabela 6 Valores médios de ângulo Hue e cromaticidade da região equatorial de bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

Dias após a montagem do experimento (DAME)	Cravo-da-índia (250 mg.L⁻¹)	Tomilho (500 mg.L⁻¹)	Canela (750 mg.L⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE[®])
Ângulo Hue (°h)					
2	60,85 a*	62,43 a	60,67 a	60,79 a	61,94 a
5	61,60 a	60,94 a	62,69 a	61,48 a	61,96 a
10	89,28 a	86,41 a	88,96 a	88,55 a	89,32 a
12	83,97 a	85,59 a	77,61 b	88,78 a	85,00 a
14	66,48 c	62,74 c	79,82 b	85,64 a	77,89 b
Cromaticidade (C*)					
2	34,62 a*	35,43 a	32,59 a	32,20 a	35,34 a
5	33,83 a	32,46 a	33,79 a	32,58 a	32,72 a
10	41,91 a	40,55 a	42,74 a	44,07 a	42,56 a
12	41,31 a	44,63 a	35,40 b	41,64 a	41,60 a
14	28,52 c	24,77 c	34,80 b	42,80 a	31,09 b

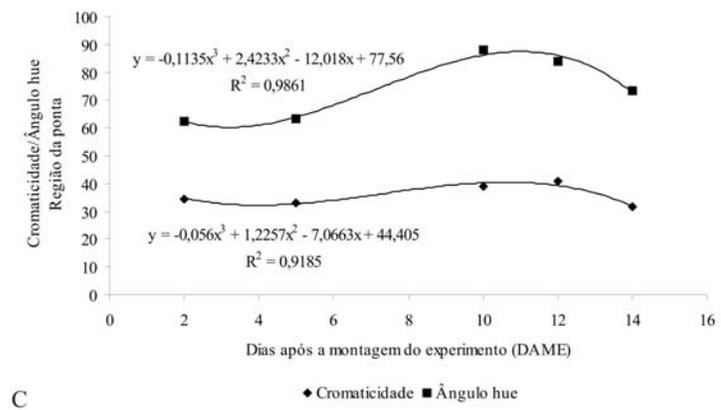
* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$), dentre os tratamentos.



A



B



C

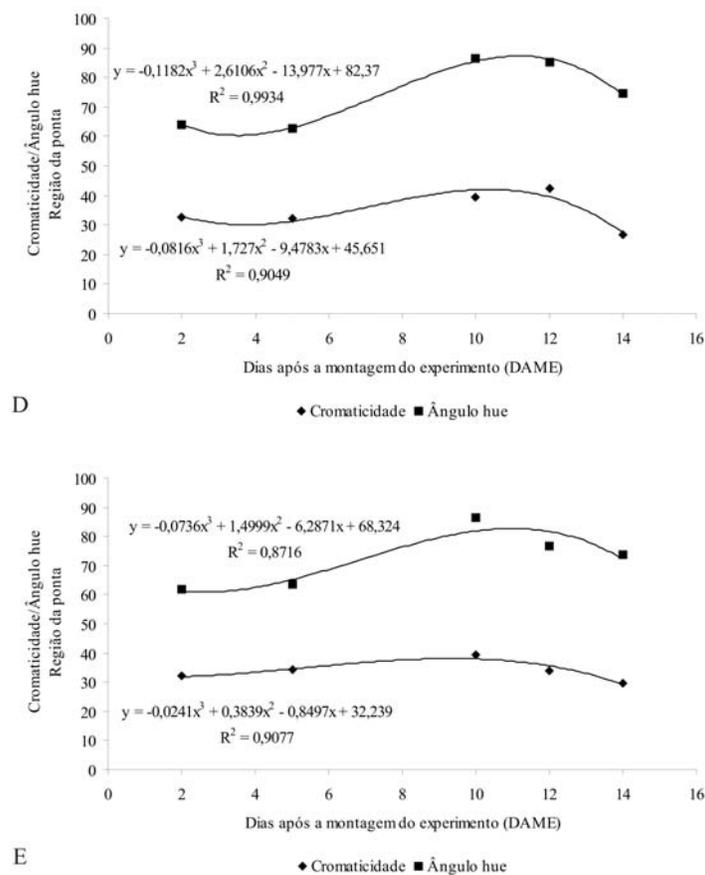
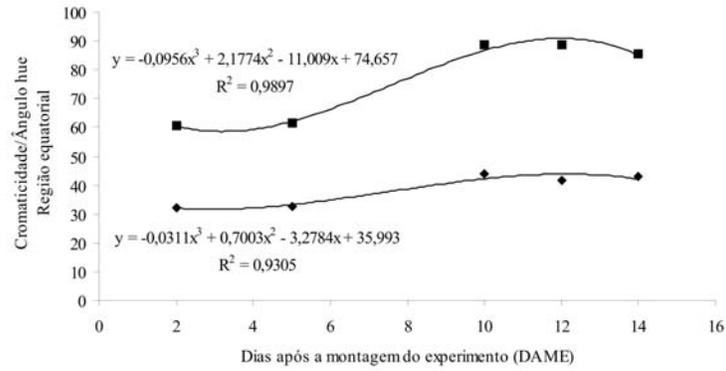
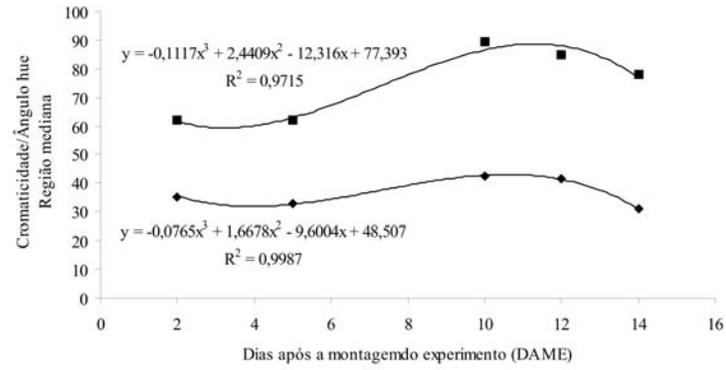


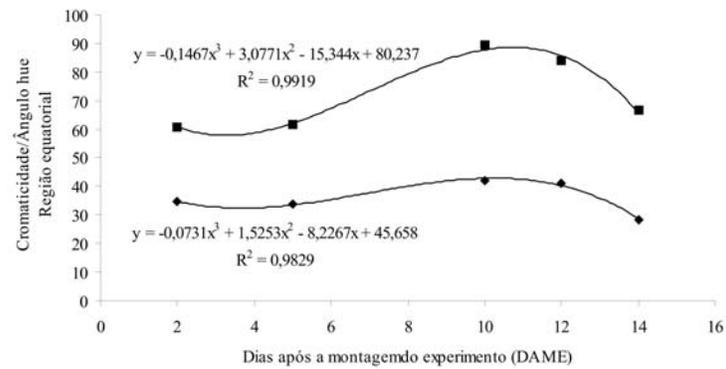
Figura 10 Valores médios de ângulo Hue ($^{\circ}h$) e cromaticidade (C^*) da região da ponta de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-india (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^{\circ}C$. Lavras, MG, 2011



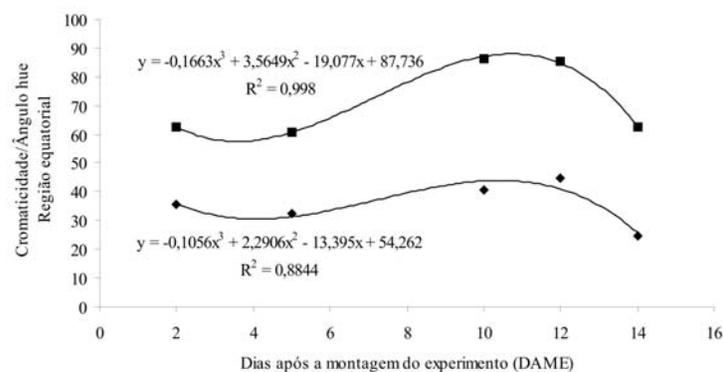
A ◆ Chromaticidade ■ Ângulo hue



B ◆ Chromaticidade ■ Ângulo hue

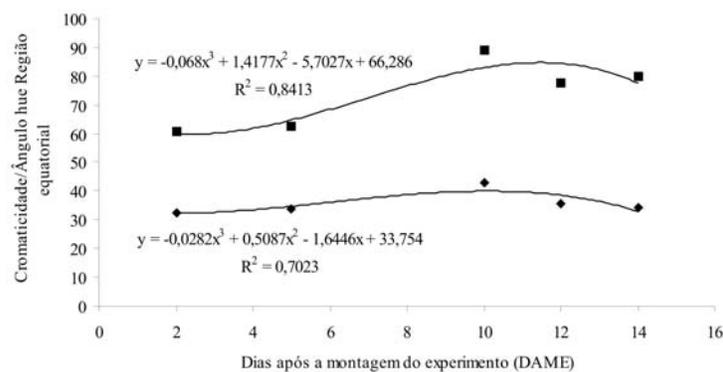


C ◆ Chromaticidade ■ Ângulo hue



D

◆ Cromaticidade ■ Ângulo hue



E

◆ Cromaticidade ■ Ângulo hue

Figura 11 Valores médios de ângulo Hue ($^{\circ}$ h) e cromaticidade (C^*) da região equatorial de bananas 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (A), tomilho (B) e canela (C), água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2011

Conforme se observa na Figura 10, tanto para o ângulo Hue como para a cromaticidade para a região da ponta do fruto, o comportamento ao longo dos 14 dias após a colheita foi semelhante para os cinco tratamentos. Os valores apresentaram tendência de aumento até os 10 DAME e, depois, redução.

Na região equatorial, o resultado foi semelhante ao da região da ponta, tanto para o ângulo Hue como para cromaticidade (Figura 11). Esses parâmetros de avaliação da coloração são importantes, principalmente para o consumidor. Segundo Vilas-Boas et al. (2001), o grau de coloração da casca da banana é um importante preditor de sua vida útil e é, frequentemente, utilizado como guia para sua distribuição no varejo. Os mesmo autores destacam também que a coloração, como outros parâmetros, é o primeiro atributo avaliado pelo consumidor, no momento da aquisição.

A respiração é o processo de maior importância no estudo da fisiologia após a colheita de frutas climatéricas, como a banana (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Diante disso, foi analisado o comportamento da taxa respiratória dos frutos, mediante a aplicação de solução contendo óleos essenciais, comparando-se com a aplicação de somente água destilada e fungicida.

O resumo da análise estatística da taxa respiratória pode ser visualizado na Tabela 10C. Assim, pode ser observado que a interação tratamento x data de avaliação foi significativa para o gás carbônico (CO_2). Para o índice de oxigênio (O_2), somente a data de avaliação foi significativa.

De acordo com os dados da Tabela 7, para os dados referentes à quantidade de CO_2 produzida, até os 3 DAME, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Aos 5 DAME, os maiores valores encontrados foram para os tratamentos com água destilada e fungicida: 14,4 e 12,9, respectivamente, indicando que a aplicação de solução contendo óleos essenciais proporcionou

retardamento na respiração dos frutos e, conseqüentemente, desacelerou o processo de maturação dos frutos.

Segundo Finger, Puschmann e Barros (1995), o aumento característico na respiração, combinado com outros fatores, principalmente ambientais, como a temperatura e a umidade relativa, acelera certos processos, como a transpiração e a produção de etileno, que reduzem a vida útil do fruto, devido à perda de qualidade e à rápida deterioração.

Após a inoculação do fungo (realizada aos 8 DAME), aos 10 DAME, as taxas de CO₂ não se diferenciaram estatisticamente, exceto para o tratamento com fungicida, que apresentou valor de 9,519 mL.kg⁻¹.h⁻¹. Para as avaliações seguintes, os teores de CO₂ não se diferenciaram dentro dos tratamentos (Tabela 7).

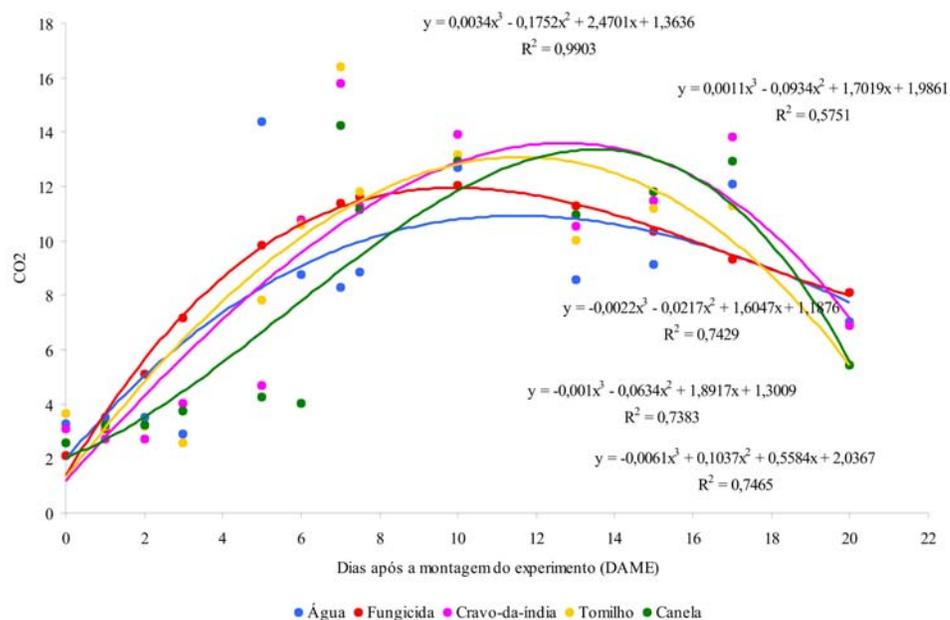
Após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam suas próprias reservas de substratos, com conseqüente depressão nas reservas de matéria seca acumulada. Entretanto, as atividades metabólicas não são apenas catabólicas, pois alguns órgãos vegetais utilizam a energia liberada na respiração para continuar a síntese de pigmentos, enzimas e outros materiais de estrutura molecular elaborada, como parte essencial do processo de amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 7 Valores médios de gás carbônico de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

Dias após a montagem do experimento (DAME)	Cravo-da-índia (250 mg.L ⁻¹)	Tomilho (500 mg.L ⁻¹)	Canela (750 mg.L ⁻¹)	Água destilada	Fungicida (Magnate 500 CE [®])
Gás Carbônico (mL.kg ⁻¹ .h ⁻¹)					
0	3,094 a*	3,643 a	2,585 a	3,290 a	2,115 a
1	2,742 a	3,212 a	3,251 a	3,290 a	3,525 a
2	2,742 a	3,212 a	3,251 a	3,290 a	3,525 a
3	4,034 a	2,585 a	3,760 a	2,903 a	3,701 a
5	4,700 c	7,815 b	4,289 c	14,396 a	12,897 a
6	10,753 a	10,616 a	4,054 b	8,784 a	10,165 a
7	15,787 a	16,413 a	14,278 a	8,314 b	15,982 a
7,5	11,321 a	11,830 a	11,164 a	8,843 b	11,164 a
10	13,945 a	13,162 a	12,927 a	12,692 a	9,519 b
13	10,537 a	10,028 a	10,968 a	8,579 a	9,577 a
15	11,477 a	11,203 a	11,830 a	9,166 a	10,341 a
17	13,828 a	11,321 a	12,927 a	12,104 a	11,517 a
20	6,894 a	5,445 a	5,445 a	7,051 a	7,403 a

* Médias seguidas de mesma letra na linha são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (P ≤ 0,05), dentre os tratamentos.

Na Figura 12, é descrito o comportamento da produção de CO₂ dos frutos, em cada tratamento, durante a condução do experimento. Assim, todos apresentaram comportamento semelhante: aumento na taxa de produção de CO₂ até os 12 DAME e, depois, a taxa reduziu bruscamente. Os tratamentos com óleo essencial de canela e tomilho foram os que apresentaram as menores percentagens de CO₂ na última avaliação, 5,44 mL.kg⁻¹.h⁻¹, indicando que frutos submetidos à pulverização com esses tratamentos sofreram uma retraída no seu processo de amadurecimento.



Água	$y = 0,0011 x^3 - 0,0934 x^2 + 1,7019 x + 1,9861$	$R^2 = 0,5751$
Fungicida	$y = 0,0034 x^3 - 0,1752 x^2 + 2,470 x + 1,3636$	$R^2 = 0,9903$
Cravo-da-índia	$y = 0,0022 x^3 - 0,0217 x^2 + 1,6047 x + 1,1876$	$R^2 = 0,7429$
Tomilho	$y = 0,001 x^3 - 0,0634 x^2 + 1,8917 x + 1,3009$	$R^2 = 0,7383$
Canela	$y = 0,0061 x^3 - 0,1037 x^2 + 0,5584 x + 2,0367$	$R^2 = 0,7465$

Figura 12 Valores médios de gás carbônico ($\text{mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) de bananas banana 'Prata' submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia (●), tomilho (●) e canela (●), testemunha-água (●) e fungicida (Magnate 500 CE[®]) (●), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2011

Conforme relatado anteriormente, apenas o fator data de avaliação foi significativo ($P \leq 0,05$) para a taxa de oxigênio (O_2). Os dados podem ser visualizados na Figura 13. O teor de O_2 , inicialmente, apresentou $235,31 \text{ mL.kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. No decorrer das avaliações, os teores diminuíram até 13 DAME e, depois, aumentaram, atingindo o teor de $236,55 \text{ mL.kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ aos 20 DAME.

O aumento da respiração dos frutos está relacionado com o ataque do fungo. Segundo Leite e Pascholati (1995), a taxa de respiração aumenta em um tecido doente ou injuriado. O aumento do nível de respiração dá-se logo após o início da infecção e permanece elevado até a fase de multiplicação do patógeno, alcançando níveis normais ou, mesmo, inferiores aos observados em tecido sadio. Além disso, os tecidos doentes passam a utilizar suas reservas de carboidratos, ou seja, a planta aumenta a atividade metabólica e muita energia faz-se necessária para suprir a demanda.

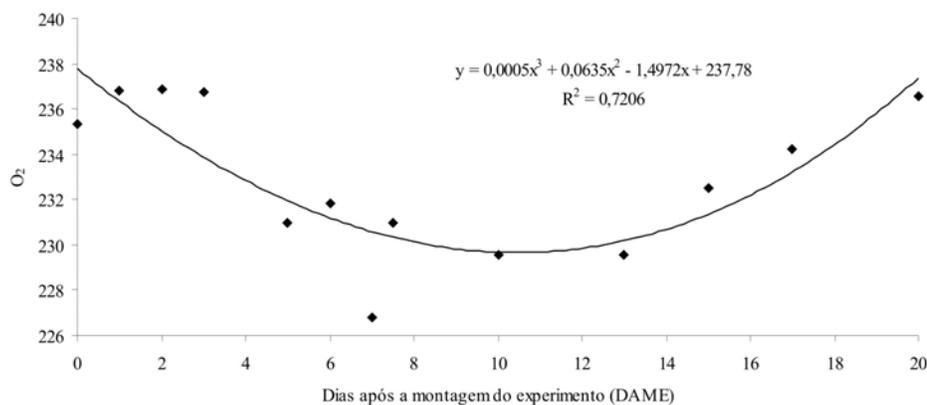


Figura 13 Valores médios de oxigênio ($\text{mL.kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de bananas ‘Prata’ submetidas à pulverização com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2011

4 CONCLUSÕES

O processo de amadurecimento da banana 'Prata' sofreu pouca interferência da pulverização com a solução de óleos essenciais e com a inoculação de *Colletotrichum musae*.

A taxa respiratória sofreu alterações com a inoculação do fungo, mas isso pouco refletiu nas características do fruto, como nos níveis de açúcares solúveis totais requeridos pelo fungo no processo de infecção.

Diante disso, foi concluído que as alterações que ocorreram foram correlacionadas com o processo natural de amadurecimento da banana.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Banana**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011. 180 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17th ed. Washington, 2000. 1410 p.
- BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.
- BLANKE, M. M. Respiration of apple and avocado fruit. **Postharvest News and Information**, London, v. 2, n. 6, p. 429-436, 1991.
- BLEINROTH, E. **Banana**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas: ITAL, 1995. 196 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Banana**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.integração.gov.br>>. Acesso em: 8 abr. 2008.
- BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.
- CARVALHO, H. A. **Qualidade de banana prata previamente armazenada em saco de polietileno, ama-durecida em ambiente com elevada umidade relativa**. 1984. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1984.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CORDEIRO, Z. L. M.; MATOS, A. P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 99-117.
- DAMATTO JÚNIOR, E. R. et al. Produção e caracterização de frutos de bananeira 'Prata Anã' e 'Prata-Zulu'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 27, n. 3, p. 440-443, dez. 2005.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. (Ed.). **Carbohydrates chemistry**. New York: Academic, 1962. v. 1, p. 477-512.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANNUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFScar, 2000. p. 235.

FINGER, L. F.; PUSCHMANN, R.; BARROS, R. S. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 115-118, 1995.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

LEITE, B.; PASCHOLATI, S. F. Hospedeiro: alterações fisiológicas induzidas por fitopatogenos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 393-416.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, n. 3, p. 769-774, 1975.

MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 277-281, mar./abr. 2001.

MCCREADY, R. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Composição em carboidratos de algumas cultivares de banana (*Musa* spp.) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 94-97, 1997.

NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

PALMER, J. K. The banana. In: HULMER, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic, 1971. v. 2, p. 65-105.

RANGEL, A.; PENTEADO, L. A. C.; TONET, R. M. **Cultura da banana**. 2. ed. Campinas: CATI, 2002. 91 p.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1969.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 54-56, jan./fev. 2003.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKEY, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454 p.

SGARBIERI, V. C.; FIGUEIREDO, I. B. Transformações bioquímicas de banana durante o amadurecimento. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v. 2, n. 12, p. 85-94, 1971.

SGARBIERI, V. C.; HEC, M.; LEONARD, S. J. Estudo bioquímico de algumas variedades de banana cultivadas no Brasil. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 527-558, 1966.

SILVA, S. O. Cultivares de banana para exportação. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2000. p. 30-38.

SPALDING, D. H.; REEDER, W. F. Postharvest disorders of mango as affected by fungicides and heat treatments. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 56, p. 751-753, 1972.

THOMPSON, A. K. Preharvest fungicidal spray for postharvest disease control. In: POSTHARVEST HANDLING OF TROPICAL FRUITS, 1., 1994, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: ACIAR, 1994. p. 169-171.

VILAS-BOAS, E. V. de B. **Modificações pós-colheita de banana Prata (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) ã-irradiada.** 1995. 73 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

VILAS-BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.

Modificações pós-colheita de bananas Prata γ -irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, set. 1996.

VILAS-BOAS, E. V. de B. et al. **Banana:** pós-colheita. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 19 p.

WISNIEWSKI, M. E.; WILSON, C. L. Biological control of post-harvest disease of fruits and vegetables: recent advances. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 94-98, 1992.

YAMAGUCHI, M. et al. Quality of cantaloupe muskmelons: variability and attributes. **Scientia Horticultural**, Washington, v. 6, n. 1, p. 59-70, 1977.

ANEXOS

Tabela 1A. Resumo da análise de variância sobre o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae*, sob efeito de óleos essenciais de alecrim, canela, erva-doce e manjerição. UFLA, Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio IVCM
Óleo essencial	3	92,57*
Concentração	3	57,4*
Óleo x concentração	9	6,2*
Fatorial x adicional	2	58,53*
Erro	126	0,77

CV (%)

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 2A Resumo da análise de variância para contraste de médias entre o fatorial óleos essenciais (alecrim, canela, erva-doce e manjerição) x concentração (250, 500, 750 e 1000 mg.L⁻¹) e as testemunhas água destilada e fungicida (Magnate 500 CE®). UFLA, Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio IVCM
Fatorial x água destilada	1	65,69*
Fatorial x fungicida	1	6,14*
Erro	126	0,28

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 3A Resumo da análise de variância sobre o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae*, sob efeito de óleos essenciais de capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho. UFLA, Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio IVCM
Óleo essencial	3	43,13*
Concentração	3	43,32*
Óleo x concentração	9	15,02*
Fatorial x adicional	2	130,41*
Erro	126	0,28

CV (%)

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 4A Resumo da análise de variância para contraste de médias entre o fatorial óleos essenciais (capim-limão, cravo-da-índia, orégano e tomilho) x concentração (250, 500, 750 e 1000 mg.L⁻¹) e as testemunhas água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]). UFLA, Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio IVCM
Fatorial x água destilada	1	249,18
Fatorial x fungicida	1	44,59
Erro	126	0,77

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 5A Resumo da análise de variância sobre a porcentagem de germinação de conídios de *Colletotrichum musae*, sob efeito de óleos essenciais. UFLA, Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio Germinação (%)
Tratamento	34	0,73*
Erro	105	0,00094
CV (%)		17,03

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 1B Resumo da análise de variância sobre a severidade de *Colletotrichum musae*, em banana 'Prata', sob efeito de óleos essenciais. UFLA, Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio Severidade (%)
Tratamento	4	470,15 ^{NS}
Data de avaliação	1	902,50*
Erro	4	47,25
CV (%)		17,72

* = Teste de F significativo a 5%.

^{NS} = Teste de F não significativo a 5%.

Tabela 1C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis amido, açúcares totais (AT), sólidos solúveis (SS) e firmeza de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		Amido	AT	SS	Firmeza
Tratamento	4	8,05*	28,75*	5,93*	18,48*
Tempo	4	4399,21*	3442,27*	4144,00*	18259,96*
Trat. x tempo	16	6,30*	33,55*	3,35*	15,84*
Erro	125	1,43	8,41	1,92	2,39
CV (%)		11,92	23,81	8,65	5,55

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 2C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis acidez e pH de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio	
		Acidez	pH
Tratamento	4	0,01 ^{NS}	0,03 ^{NS}
Tempo	4	1,51*	7,05*
Trat. x tempo	16	0,13 ^{NS}	0,02 ^{NS}
Erro	125	1,27	0,05
CV (%)		22,43	4,66

* = Teste de F significativo a 5%.

^{NS} = Teste de F não significativo a 5%.

Tabela 3C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios da variável perda de massa de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio
		Perda de massa
Tratamento	4	1,79 ^{NS}
Tempo	4	459,36 ^{NS}
Trat. x tempo	16	0,44 *
Erro	125	2,29
CV (%)		24,08

* = Teste de F significativo a 5%.

^{NS} = Teste de F não significativo a 5%.

Tabela 4C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis pectina total (PT), pectina solúvel (PS) e solubilidade da pectina (PSol) de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio		
		PT	PS	PSol
Tratamento	4	20898,03*	1620,86 ^{NS}	929,21*
Tempo	4	234542,61*	175514,59*	14260,35*
Trat. x tempo	16	24404,40*	3389,41*	568,40*
Erro	125	2483,77	1038,32	122,26
CV (%)		14,28	20,75	23,73

* = Teste de F significativo a 5%.

^{NS} = Teste de F não significativo a 5%.

Tabela 5C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio	
		PG	PME
Tratamento	4	1512391,03*	1486,44*
Tempo	4	25947635,35*	106892,49*
Trat. x tempo	16	2014189,96*	1930,81*
Erro	125	221517,83	289,08
CV (%)		43,82	10,83

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 6C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis L*, a* e b*, da região da ponta de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio		
		L*	a*	b*
Tratamento	4	123,61*	30,77*	61,48 ^{NS}
Tempo	4	802,29*	3150,92*	599,78*
Trat. x tempo	16	67,53 ^{NS}	10,48 ^{NS}	53,21 ^{NS}
Erro	125	43,88	10,59	39,28
CV (%)		10,70	-93,94	18,55

* = Teste de F significativo a 5%.

^{NS} = Teste de F não significativo a 5%.

Tabela 7C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis cromaticidade (C*) e ângulo Hue (°h), da região da ponta de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio	
		C*	°h
Tratamento	4	62,09*	122,73*
Tempo	4	389,83*	3961,60*
Trat. x tempo	16	71,45*	76,43*
Erro	125	19,79	34,03
CV (%)		12,50	7,82

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 8C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis L*, a* e b*, da região equatorial de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio		
		L*	a*	b*
Tratamento	4	77,94 ^{NS}	18,60 ^{NS}	41,55 ^{NS}
Tempo	4	736,63*	3241,19*	889,94*
Trat. x tempo	16	44,29 ^{NS}	8,33 ^{NS}	53,96 ^{NS}
Erro	125	35,11	10,76	48,15
CV (%)		9,64	-85,38	19,91

* = Teste de F significativo a 5%.

^{NS} = Teste de F não significativo a 5%.

Tabela 9C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis cromaticidade (C*) e ângulo Hue (°h), da região equatorial de bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio	
		C*	°h
Tratamento	4	47,72*	141,52*
Tempo	4	673,50*	4689,90*
Trat. x tempo	16	81,48*	130,99*
Erro	125	18,36	32,18
CV (%)		11,73	7,66

* = Teste de F significativo a 5%.

Tabela 10C Resumo da análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficientes de variação e valores médios das variáveis gás carbônico (CO²) e oxigênio (O₂) produzidos por bananas 'Prata' pulverizadas com solução de óleo essencial de cravo-da-índia, tomilho e canela, água destilada e fungicida (Magnate 500 CE[®]), inoculadas com de *Colletotrichum musae*, durante 14 dias de armazenamento, sob temperatura de 26±1°C. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Quadrado médio	
		CO ²	O ₂
Tratamento	4	6,02*	8,21*
Tempo	4	240,00*	155,83*
Trat. x tempo	16	11,95*	6,08*
Erro	125	1,52	4,62
CV (%)		14,93	0,92

* = Teste de F significativo a 5%.