

ALBANEYDE LEITE LOPES

**EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE COM RADIAÇÃO GAMA
DE DOENÇAS PÓS-COLHEITA DO MAMÃO**

**RECIFE - PE
Março-2009**

ALBANEYDE LEITE LOPES

**EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE COM RADIAÇÃO GAMA
DE DOENÇAS PÓS-COLHEITA DO MAMÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia – Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Fitopatologia.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Prof.^a Dra. Sônia Maria Alves de Oliveira - Orientadora

Prof. Dr. Sami J. Michereff - Co-orientador

**RECIFE - PE
Março-2009**

Catalogação na Fonte

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

L864e	Lopes, Albaneyde Leite Epidemiologia e controle com radiação gama de doenças pós-colheita do mamão / Albaneyde Leite Lopes. – 2009. 75 f. : il., tabs. Orientador: Sônia Maria Alves de Oliveira. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia Inclui referências.
-------	--

CDD 632

1. Fungos fitopatogênicos
2. *Carica papaya*
3. Podridões
4. Radiação Gama
5. Características físico-químicas
6. Pós-colheita
7. Fitopatologia
- I. Oliveira, Sônia Maria Alves de
- II. Título

**Todos nós, humanos, somos feitos da
substância com que se tecem os sonhos**
Shakespeare

À MEMÓRIA DE MINHA IRMÃ

ALBANICE LEITE LOPES

MINHA HOMENAGEM

E SAUDADE INFINITA.

OFEREÇO.

GIOVANNI JÚNIOR, MEU QUERIDO ESPOSO,
POR SEU AMOR E CARINH, PELO INCENTIVO,
COMPREENSÃO E CONFIANÇA DEPOSITADOS
NOS MOMENTOS DIFÍCEIS, SEMPRE AO MEU
LADO, ACREDITADO EM MIM.

DEDICO.

AOS MEUS PAIS ADELMA E JOSÉ LOPES, MEUS SOGROS
VÂNIA GRASSANO E GIOVANI CALDAS, PELO AMOR,
DEDICAÇÃO E CONFIANÇA DEPOSITADOS EM MAIS ESTA ETAPA
DA MINHA VIDA.

AGRADEÇO.

AGRADECIMENTOS

À **DEUS** que conduz todos os meus passos permitindo que meus sonhos sejam realizados.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado em Fitopatologia;

À Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão;

À minha orientadora, Professora Dr^a Sônia Maria Alves de Oliveira, que tornou possível a realização deste trabalho;

Aos Professores da Área de Fitossanidade, Dr. Sami J. Michereff, Dr. Delson Laranjeira, Dr. Rildo Sartori B. Coelho, Dr^a. Rosa de Lima Ramos Mariano Dr^a Elvira Maria Régis Pedrosa, Dr^a. Eleneide Barbosa da Silveira, Dr. Gilvan Pio Ribeiro, Dr. Péricles Albuquerque Filho pelos conhecimentos transmitidos e amizade;

Aos amigos do Laboratório de Patologia Pós-colheita, Wagner Pessoa, Rinaldo Malaquias, Roberto Luiz Xavier (Bob), Erick Couto, Beatriz Barguil, Luciana Sartori, Jacirleide de Oliveira e Elizabeth Rodrigues pela amizade, companheirismo e alegrias compartilhadas;

Aos amigos extra laboratório Neilza Reis, Janaina Cortez, Denise, Sandra Maranhão, Lílian Guimarães, Angélica Guimarães, Alba Valeria, Paulo Henrique, Waleria, Micheli, Genira, Jean Franklin pela amizade, alegrias sempre presentes em todos os momentos;

Ao amigo Wagner R. L. Pessoa pela colaboração na montagem dos experimentos e Análise Estatística, incentivo e força para vencer todos os obstáculos;

Aos colegas de turma Wagner Rogério, Valéria Sandra, Paula Radaeli, Zilderlânia, Marcelo Rodrigues, Adriano e Giltemberg Tavares pela amizade e conhecimentos compartilhados;

A Darcy Martins, Adriana Melo, Ivanise Oliveira pela atenção e apoio constante;

A todos os demais Professores, funcionários e colegas da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia, que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I – Introdução Geral.....	11
Referências Bibliográficas.....	21
CAPÍTULO II – Efeito da temperatura e período de molhamento sobre fungos pós-colheita de mamão.....	29
Resumo.....	30
Abstract.....	31
Introdução.....	31
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão.....	37
Referências Bibliográficas.....	43
CAPÍTULO III – Efeito da radiação gama no controle das podridões pós-colheita do mamão.....	52
Resumo.....	53
Abstract.....	54
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	60
Referências Bibliográficas.....	65
Conclusões Gerais.....	74

RESUMO

As podridões em mamão resultantes de infecções de fungos causam perdas elevadas em pós-colheita. Diante da necessidade do conhecimento de fatores ambientais que favorecem a infecção por esses agentes, foi avaliada a influência da temperatura (5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C), e período de molhamento (0, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h) na incidência e severidade de podridões pós-colheita em mamão causada por *Alteraria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* e *Lasiodiplodia theobromae*, e a influência desses sobre as características físico-químicas. A temperatura influenciou significativamente a incidência e a severidade de podridões. Ocorreu maior incidência e severidade em frutas incubadas na faixa em torno de 25 a 35 °C. A temperatura na faixa de 5 a 10 °C não permitiu o desenvolvimento de *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides* e *L. theobromae*. Análises de pH, acidez total titulável (ATT) e sólido solúvel total (SST) não apresentaram diferenças significativas quando comparados com a testemunha. Um segundo experimento foi realizado com o objetivo de verificar a possibilidade de controle através do uso da radiação gama (0; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,8; 2,4 e 2,8 kGy), tendo como fonte o Cobalto 60. Os parâmetros avaliados foram: crescimento micelial, esporulação, patogenicidade dos fungos após irradiação e as características físico-químicas do mamão. Para *C. herbarum* e *F. verticillioides* ocorreu uma diminuição do crescimento micelial à medida que se aumentaram as doses. Já o *C. gloeosporioides* e *L. theobromae* nas doses de 0,6 a 1,4 kGy, e *G. candidum* nas doses de 1,4 a 2,2 kGy foram mais eficientes na redução do crescimento micelial destes fungos. Entretanto, todas as doses utilizadas estimularam o crescimento micelial de *A. alternata*. Os resultados demonstraram que, de modo geral, à medida que as doses foram aumentando, houve uma redução no número de conídios. Em relação ao efeito da radiação sobre a patogenicidade das espécies fúngicas, apenas *L. theobromae* nas doses testadas, não perdeu a patogenicidade em relação aos demais fungos. As características físico-químicas das frutas submetidas à radiação não comprometeram a comercialização e o consumo 'in natura'.

Palavras chaves: Pós-colheita, *Carica papaya*, fungos fitopatogênicos, podridões, radiação gama.

ABSTRACT

The rottenness in papayas resulting of fungi infections cause high losses in postharvest. Due to the need of the knowledge of environmental factors that favor the infection for those agents, it was evaluated the influence of temperature (5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35 °C) and wetness duration period (0, 12, 24, 36, 48, 50 and 72h) in the incidence and severity of rottenness postharvest in papaya caused by *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* and *Lasiodiplodia theobromae*, and its influence on the organoleptics characteristics. The temperature influenced the incidence and severity of rottenness significantly. It happened larger incidence and severity in fruits incubated in the range of 25 to 30 °C. The temperature in the range of 5 to 10 °C was unfavorable to the development of *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides* and *L. theobromae*. The pH, total acidity tritatable and total soluble sugars didn't present significant differences when compared with the control. A second experiment was accomplished with the objective of verifying the possibility of control through the use of the gamma irradiation (0; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.4; 1.8; 2.4 and 2.8 kGy), tends as source Cobalt Co⁶⁰. The evaluated parameters were micelial growth, sporulation and patogenicity of fungi after irradiation and the physiochemical characteristics of the papaya. For *C. herbarum* and *F. verticiloides* it happened a decrease of micelial growth while the doses increased. Regarding *C. gloeosporioides* and *L. theobromae* in the doses 0.6 to 1.4 KGy and *G. candidum* in the dosages from 1.4 to 2.2 KGy were the most efficient in the reduction of the micelial growth. However, all of the used dosages stimulated the micelial growth of *A. alternata*. The results demonstrate that, in general, while the doses went increasing there is a decrease in the conidia number. In relation to the effect of the gamma radiation on the pathogenicity of the fungi species, just *L. theobromae* didn't lose the pathogenicity, in relation to the other fungi. The physiochemical factors of the fruits after gamma radiation didn't affected the commercialization and the consumption in natura.

Additional-Key words: Postharvest, *Carica papaya*, plant pathogens, rottenness, gamma radiation

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

TÍTULO: EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE COM RADIAÇÃO GAMA DE DOENÇAS PÓS-COLHEITA DO MAMÃO

INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Carica papaya* L., pertence à família Caricácea, é o mamoeiro mais cultivado em todo o mundo (DANTAS, 2000). Originário da América Central é uma planta cultivada em regiões tropical e subtropical, bastante apreciada e de grande importância econômica (SIMÃO, 1998; SOUZA, 2002).

Dentre as mais importantes frutas tropicais atualmente cultivadas no mundo, o mamão ocupa lugar de destaque (MEDINA, 1989). Segundo a FAO (2008), o Brasil é o maior produtor de mamão em escala mundial, encontrando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu, concentrando 30,2% desta oferta, seguido do México com 12,7%, a Nigéria com 12,2%, e a Índia com 11,12%.

Apesar da produção brasileira de frutas frescas ocupar o terceiro lugar no ranking mundial, exportando 920 mil toneladas em 2007 (MAPA, 2008), sendo superado apenas pela Índia e China, a atuação do Brasil no mercado internacional de frutas ainda é muito tímida. O país ainda tem um longo caminho a percorrer para obter uma posição de destaque, condizendo com a sua importância na posição de grande produtor mundial de frutas (ALMEIDA, 2008). Os desafios são imensos, dentre os quais as condições básicas de produção, certificação, infraestrutura, crédito, e superação das barreiras tarifárias através de acordos bilaterais específicos e fitossanitários com programas internos de qualidade e controle da mosca das frutas (*Ceratitis capitata* Wiedmann) (AGROLINK, 2008).

As regiões Sudeste e Nordeste somam em média 83,3% da produção brasileira de mamão, destacando-se os estados da Bahia e Espírito Santo como os principais produtores (IBGE, 2008). Em 2007, o Brasil produziu 1.898.000 toneladas em uma área cultivada de 36.700 ha (FAO, 2008).

O cultivo do mamoeiro no Brasil, além da grande importância econômica, apresenta aspecto social, como gerador de emprego e renda, absorvendo um elevado contingente de mão de obra durante o ano todo, pela constante necessidade de manejo, tratamentos culturais, colheita e comercialização, efetuadas de maneira contínua nas lavouras, além da renovação dos plantios, em média, a cada três anos (BENASSI, 2006).

O Brasil convive, há muito, com a incômoda situação de importador comercial de frutas em sua balança externa, isto é inaceitável, pois o país tem potencial para ser grande exportador

de frutas para todo o mundo (VILELA, 2002). O Brasil reúne excelentes condições de clima, solo e recursos hídricos, para produzir uma fruticultura fortalecida e de boa qualidade. No entanto, falta uma política orientada para ampliação da produção de toda espécie de frutas, tanto para o consumo interno como para a exportação.

É fato que a exigência em qualidade de frutas está cada vez mais evidente, tanto para o mercado externo quanto para o interno. A qualidade não se refere apenas à aparência, aroma e sabor, mas também a ausência de podridões, ao baixo nível de resíduos de defensivos, bem como, à segurança do alimento em relação à saúde humana (BENATO, 2001). Inúmeros fatores contribuem para a contaminação de produtos ao longo da cadeia alimentar, estando entre os principais a susceptibilidade dos tecidos vegetais ao ataque fúngico (GOLDBLATT, 1977).

As doenças pós-colheita se desenvolvem em produtos hortifrutícolas no período da colheita, classificação, embalagem, transporte, amadurecimento e comercialização até chegar ao consumidor (OLIVEIRA et al., 2000). Durante estes períodos, os frutos podem exibir sintomas de podridões ocasionadas por microrganismos, principalmente fungos, que se encontram em quiescência. Muitas vezes, substâncias tóxicas também podem ser sintetizadas pelos microrganismos, as chamadas micotoxinas, que reduzem ou limitam a segurança no uso do produto vegetal, diminuindo assim seu valor nutricional e comercial (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Todos os produtos agrícolas são susceptíveis às doenças pós-colheita. Em geral, os produtos mais tenros e suculentos, com maior conteúdo de água, são mais sujeitos a injúrias e infecções por fungos e bactérias. Portanto, frutas e hortaliças frescas e suculentas, são freqüentemente infectadas por doenças pós-colheita (AGRIOS, 2005).

As infecções pré-colheita podem ocorrer via epiderme com a penetração direta do patógeno através da cutícula intacta, ou através de aberturas naturais na superfície das frutas, tais como as lenticelas. No entanto, muitas doenças são iniciadas através de ferimentos ocorridos durante ou após a colheita (BENATO, 2001; ZAMBOLIM et al., 2002; AGRIOS, 2005).

Os patógenos em pós-colheita, principalmente os quiescentes, causam grandes prejuízos aos atacadistas, varejistas e, principalmente, aos importadores de frutas, uma vez que os sintomas das doenças irão aparecer durante o armazenamento e transporte, em frutas aparentemente sadias, podendo causar perdas qualitativas e quantitativas, depreciando as frutas brasileiras nas negociações internacionais (SOMMER, 1982; VENTURA, 1995), sendo de difícil controle (PRUSKY, 1996; BENATO, 1999).

As doenças pós-colheita podem iniciar no campo, durante a ontogenia da fruta, ou surgirem depois da colheita, com a maturação fisiológica (CAPPELLINI; CEPONIS, 1984).

Após a colheita, durante o processo de amadurecimento e posterior senescência de frutas, inúmeras transformações na sua composição se realizam principalmente, considerando-se a enorme variedade de compostos químicos que eles possuem. Durante esses processos, as frutas geralmente tornam-se mais susceptíveis a invasão por patógenos devido ao decréscimo de compostos fenólicos e ao aumento da predisposição às injúrias mecânicas, que tornam esse substrato disponível ao rápido desenvolvimento de microrganismos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No caso do mamão, estas alterações podem ser identificadas facilmente por serem as responsáveis pelas evidentes mudanças na coloração, aroma, sabor e textura destes frutos, que correspondem às principais transformações bioquímicas de interesse comercial (BLEINROTH; SIGRIST, 1995).

As consideráveis perdas nas culturas de importância econômica resultam da susceptibilidade das frutas à infecção fúngica, desencadeada pelos fatores ambientais, principalmente temperatura e umidade relativa e danos mecânicos na colheita e armazenagem. Sobre a ocorrência de podridões pós-colheita em frutas estudos realizados em vários pontos comerciais em Recife, Pernambuco, constataram que a incidência de doenças fúngicas correspondeu a 82,53% em mamão, 21,9% em laranja (*Citrus sinensis* L.) (DANTAS et al., 2003), 38,5% em abacate (*Persea americana* Miller) e 17,55% em maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) (SILVEIRA et al., 2001). Em citros, o *Penicillium digitatum* Sacc pode provocar perdas de até 90% durante as fases de transporte, armazenamento e comercialização (FRANCO; BETTIOL, 2000; AGRIOS, 2005). Para Benato et al. (2002), as perdas ocasionadas por fungos causadores de podridões pós-colheita em maracujá-amarelo foram de 64,5% por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) & (Sacc), 88,0% por *Cladosporium* sp., 1,0% *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl, 2,0% por *Alternaria* sp. e 1,0% por *Fusarium* spp., entre outros. Em manga (*Mangifera indica* L.) o agente deteriorante comumente relatado é o *L. theobromae* (MICHEREFF et al., 1997), em maracujá amarelo é o *C. gloeosporioides* (LIMA FILHO et al., 2005) e em banana (*Musa* spp.) é o *C. musae* (Berk. & Curtis) Arx (PESSOA et al., 2007). Doenças pós-colheita são responsáveis por prejuízos em mamão, os quais são atribuídos à antracnose causada pelo *C. gloeosporioides* (91%) e a podridão peduncular (100%) provocada por um complexo de fungos fitopatogênicos (ZAMBOLIM et al., 2002; DANTAS et al., 2003; DANTAS; OLIVEIRA, 2006). Em Petrolina-Juazeiro Choudhury (1994) relatou em levantamento da incidência de doenças pós-colheita, que a antracnose e a podridão lateral ocasionada por *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp. e *Rhizopus stolonifer* (Ehr.:Fr) Vuill. Causaram as maiores perdas nas cultivares Formosa e Sunrise Solo.

As perdas pós-colheita do mamão atingem proporções enormes na economia regional brasileira, e são responsáveis pelo principal afunilamento retardador do desenvolvimento das empresas produtoras do mamão. No entanto, o principal problema não é o prejuízo monetário inicial, mas a perda de confiança na qualidade do produto, o que pode, no futuro, afetar a demanda (SOUZA; NOZAKI, 2007).

Hospedeiro

Carica papaya é uma planta herbácea, tipicamente tropical, de haste única, ereta, flexível, encimada por uma coroa de folhas. Possui uma vida útil de três a quatro anos (SIMÃO, 1998). Os frutos de mamoeiro são altamente perecíveis após a colheita (KADER, 1992).

O mamão é uma fruta climatérica, ou seja, no fim da fase de maturação, há um aumento na respiração e depois um decréscimo. Durante essa fase, há aumento na produção de etileno, que permite que a fruta amadureça depois de colhida (FERRI, 1985; SIMÃO, 1998). Um dos principais indicativos do ponto de colheita do mamão é a alteração na cor da casca, mudando de verde para amarelo. Essa alteração se deve a uma maior destruição de clorofila, pigmento responsável pela coloração verde e aumento na síntese de xantofila e carotenóides, que conferem uma coloração amarela (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O mamão é uma fruta com vida pós-colheita relativamente curta, apresentando o seu amadurecimento em poucos dias ou semanas (BALBINO, 2003). É muito perecível após a colheita e pode ser mantido por três semanas em condições de armazenagem adequada com temperatura de 10°C e 90-95% de umidade relativa (KADER, 1992).

Segundo Award (1993), o mamão apresenta melhor qualidade se colhido quando estiver com 30% da casca amarela. Porém, o ponto de colheita pode variar de acordo com a distância em relação ao mercado consumidor e destino da fruta, manejo empregado, cultivar e com as condições edafo-climáticas predominantes na área de cultivo.

Além da alteração na cor da casca, a fase de maturação do mamão é marcada por mudanças no tamanho, no peso, no teor de sólidos solúveis e na acidez, que são características que indicam o ponto de colheita do fruto (YAMANISHI et al., 2005).

As frutas frescas de mamão são partes essenciais de uma dieta humana balanceada. São ricos em vitamina C, carotenóides (provitamina A), sais minerais e carboidratos e, apreciados por suas excelentes propriedades sensoriais, em particular por sua cor, aroma e sabor (THOMAS, 1986).

Patógenos

Vários fungos podem causar doenças pós-colheita. Porém, nem todos os patógenos causam sérias perdas em todos os frutos (MORAES et al., 2006). As diferenças na suscetibilidade dos frutos para a maioria dos patógenos dependem das defesas do hospedeiro, da disponibilidade do inóculo e das condições ambientais. Muitos fungos que se estabelecem em frutos limitam a infecção sobre ou sob a cutícula, dentro do epicarpo ou pedicelo, ou em tecidos florais remanescentes em algum momento durante o desenvolvimento do fruto (KAYS, 1991; AGRIOS, 2005). Segundo Dantas et al. (2003), os frutos do mamoeiro apresentaram elevada incidência de diferentes doenças fúngicas pós-colheita atingindo 82,53% dos frutos amostrados. Quando a região do pedúnculo é afetada e nela ocorre podridão, a doença é denominada podridão peduncular e é causada por vários fungos em associação (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987), independente do patógeno causador, exceto no caso de *R. stolonifer*. Quando ocorrem podridões na superfície do fruto, o nome da doença é dado de acordo com o patógeno envolvido (LIBERATO; ZAMBOLIM, 2002).

O mamão é susceptível a várias doenças, destacando-se as podridões fúngicas causadas por *C. gloeosporioides*, *L. therobromae*, *Phoma carica-papaya* (Tarr.) Punithalingam, *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler, *Stemphylium lycopersici* (Enjoji), *Geotrichum candidum* Link. Ex. Pers., *R. stolonifer*, *Fusarium* spp., *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) keissler, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Linnh ex Gray, entre outros, responsáveis por perdas consideráveis (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987; REZENDE; FANCELLI, 1997; ZAMBOLIM et al., 2002 ; DANTAS; OLIVEIRA, 2006).

Podridão por *Alternaria*

A *A. alternata* causa lesões de coloração preta arredondada ou oval na superfície da fruta, podendo ser cobertas com massa negra de esporos do fungo. As lesões são restritas à superfície da fruta, e não causam podridão do parênquima nem danificam sua aparência (LIBERATO; ZAMBOLIM, 2002; CENCI et al., 2002; REZENDE; MARTINS, 2005). Durante o transporte sob refrigeração ocorre aumento da superfície doente (MEDINA, 1989; SNOWDOW, 1990), e sintomas são raros sobre frutas não refrigerados (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987), aparecendo com maior incidência em ambientes secos e com baixa temperatura (REZENDE; FANCELLI, 1997). A incidência em frutas pode atingir 80% (LIBERATO; ZAMBOLIM, 2002).

Se as frutas forem comercializadas em poucos dias após a colheita, a doença não representará problema, porém, se o armazenamento é prolongado as frutas tornam-se muito susceptíveis ao ataque do fitopatógeno (MARIN et al., 2003).

Podridão por *Cladosporium*

O fungo *C. herbarum* é um patógeno circunscrito à superfície da casca e que compromete somente a aparência externa das frutas, reduzindo o valor comercial (SILVEIRA et al., 2001). Provocam manchas pretas esverdeadas nos mamões. Conforme Mickemy e Morgan-Jones (1991), *C. herbarum* apresenta colônias efusas, verde oliva a verde oliva escuro, aveludadas, algumas vezes irregulares, formando áreas escurecidas sobre o hospedeiro, particularmente quando o estroma está presente. O micélio pode ser superficial ou imerso no tecido do hospedeiro, ramificado, septado, liso, hialino a marrom-claro. São freqüentemente invasores secundários (REZENDE; FANCELLI, 1997). Segundo Torres Filho (1983), *C. herbarum* em maracujá apresentou um bom desenvolvimento numa faixa de temperatura entre 15-22°C e umidade relativa elevada.

Podridão por *Colletotrichum*

O *C. gloeosporioides* é um dos mais importantes espécies fúngicos por ter como hospedeiras um grande número de espécies vegetais, especialmente nas regiões tropical e subtropical. Este fungo causa doenças economicamente significativas em geral em culturas perenes, pastagens, cereais, hortaliças e leguminosas (MUNIZ et al., 1998), além de diversas frutas como manga, banana, goiaba (*Psidium guajava* L.), caju (*Anacardium occidentale* L.), maracujá e cajá (*Spondias lutea* L.) entre outras (SANTOS FILHO et al., 1994). No Brasil, a doença antracnose é considerada a principal e mais comum doença do mamão na pós-colheita, ocorrendo em todas as regiões produtoras (COSTA et al., 2001) Nas regiões Norte Litorânea do Espírito Santo e Sul da Bahia, a elevada incidência da antracnose nos meses mais quentes e úmidos do ano (outubro a março), tem limitado a comercialização dos frutos, tanto para o mercado interno, quanto para a exportação (MARIN, 2004), sendo que esta época coincide com a maior produção de frutos.

Os frutos são infectados em qualquer estágio do seu desenvolvimento, porém, os sintomas ocorrem com mais freqüência quando os frutos atingem 25% ou mais do seu amadurecimento. O estabelecimento do fungo nos frutos verdes se dá através da penetração pela cutícula, após a formação do apressório, que é essencial para o processo de infecção quiescente durante os primeiros estádios de desenvolvimento da fruta. O apressório em

contato com a superfície do hospedeiro adere a cutícula e emite hifas de penetração (GOOS; TSCHIRSCH, 1962), permanecendo quiescente. As frutas não mostram evidências de infecção na época em que são colhidos, e desenvolvem os sintomas durante a maturação do mesmo na fase pós-climatério. Deste modo, a infecção aparece próximo da maturação ou durante o manejo pós-colheita (SITTERLY; SHAY, 1960; DICKMAN; ALVAREZ, 1983; PRUSKY et al., 2000). Essa doença reduz o valor comercial do produto devido à lesão circular deprimida, com margem marrom-clara e massa de esporos alaranjada ou rosada na porção central da lesão. Durante o progresso da doença as lesões, penetram e aprofundam-se na polpa, ocasionando podridão mole no fruto (DICKMAN, 1994; REZENDE; FANCELLI, 1997), inviabilizando-o para comercialização (PRUSKY et al., 2000).

Uma outra doença ocasionada pelo *C. gloeosporioides* é a mancha chocolate, caracterizando-se por pequenas manchas superficiais ou levemente deprimidas de coloração marrom avermelhada, cobertas de massa de conídios, superficiais e salientes, de forma circular a irregular (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987; SNOWDOM, 1990; DICKMAN, 1994; ANDRADE et al., 2007). Normalmente, essas lesões não alcançam a polpa da fruta como a antracnose (MARIN et al., 2003), algumas vezes, lesões múltiplas do tipo chocolate desenvolvem-se dentro de lesões típicas da antracnose (DICKMAN; ALVAREZ, 1983).

A infecção do fungo é favorecida por temperaturas elevadas de 25 a 30 °C e umidade relativa do ar maior que 95% (MEDINA, 1989).

Podridão por *Fusarium*

Várias espécies de *Fusarium* podem causar podridão em mamão, como *F. verticillioides* (Sacc) Nirenberg (= *F. monilliforme* Sheldon), *F. solani* (Mart.) Appel & Wollenw., *F. oxysporum* Schlecht., *F. anthophilum* (A. Braun) Wollenw. *F. equiseti* (Corda) Sacc. e *F. semitectum* (Berk. & Rav.) (PERES et al., 2000; DANTAS et al., 2003). Espécies de *Fusarium* são freqüentemente invasoras secundárias, as quais encontram-se associadas às lesões de *Colletotrichum* e *Phoma* (REZENDE; FANCELLI, 1997). O *F. verticillioides* ocasiona lesões pequenas e secas, deprimidas, cobertas por micélio branco e compacto (CENCI et al., 2002). Conídios também podem ser observados sobre as lesões. A contaminação ocorre antes ou durante a colheita, mas o desenvolvimento da infecção normalmente é mais comum durante o armazenamento (AGRIOS, 2005). A doença ocorre esporadicamente (ZAMBOLIM et al., 2002). *Fusarium* spp. penetra na fruta através de ferimentos, e o período de incubação varia de um a quatro dias (SAXENA; SAKSENA, 1983). De acordo com Gupta e Pathk (1990), a severidade da podridão de *Fusarium* spp. foi

maior em temperatura em torno de 25°C e alta umidade relativa do ar. A presença do fungo é comum em frutos maduros e em condições de temperatura mais elevada, dificilmente ocorrendo em frutos verdes (CENCI et al., 2002). É considerado um patógeno fraco, requerendo fator de estresse ou injúria para se estabelecer no fruto (REZENDE; FANCELLI, 1997).

Podridão por *Geotrichum*

O *G. candidum* desenvolve sobre o mamão áreas encharcadas e amolecidas, que são perfuradas facilmente, facilitando a entrada de outros fungos saprófitos. A podridão espalha-se rapidamente e a casca da fruta normalmente racha na área afetada, podendo ficar coberta por um crescimento micelial branco (DANTAS; OLIVEIRA, 2006). O fungo apresenta micélio branco, septado, sem a presença de conidióforos. Os conídios são unicelulares e hialinos, formados pela segmentação da hifa (MENEZES; OLIVEIRA, 1993). Penetra nas frutas, normalmente após a colheita, através de ferimentos. O *G. candidum* prefere temperatura entre 24 a 30 °C e umidade relativa elevada (AGRIOS, 2005).

Podridão por *Lasiodiplodia*

Lasiodiplodia theobromae era considerado um patógeno fraco (HOLLIDAY, 1980), porém, se tornou importante para diversas culturas. Tavares (2002) levantou a hipótese que *L. theobromae* tenha evoluído em patogenicidade em consequência das pressões ambientais, especialmente nas regiões semi-áridas, onde as condições climáticas lhes são favoráveis.

Os sintomas da doença são lesões úmidas que surgem, principalmente, na região do pedúnculo tornando-se marrom escura circundada por áreas encharcadas que resultam em podridão dos frutos (LIBERATO; ZAMBOLIM, 2002; PEREIRA et al., 2006). Em condições de umidade elevada, as lesões tornam-se cobertas com o micélio cinza do fungo e muitos picnídios (ZAMBOLIM et al., 2002). É um fungo de rápido crescimento que geralmente provoca apodrecimento e mumificação da fruta (REZENDE; FANCELLI, 1997; LIBERATO; ZAMBOLIM, 2002). Na pós-colheita a doença é mais severa em temperaturas na faixa de 25 a 30°C e em condições de alta umidade relativa (GUPTA; NEMA, 1979).

Condições ambientais favoráveis às podridões pós-colheita

Os fatores do ambiente determinam a distribuição geográfica, a incidência e severidade da doença, sendo em muitos casos específicos para cada patossistema. A umidade relativa do ar, por sua vez, é indispensável para a germinação da maioria dos esporos fúngicos e para a

penetração do tubo germinativo no hospedeiro, além de aumentar a suscetibilidade a certos patógenos, afetando a incidência e a severidade da doença (AGRIOS, 2005).

Dentre esses fatores, a temperatura é a mais freqüentemente correlacionada com a epidemiologia da doença, seguida pela umidade e luminosidade (COLHOUN, 1973). O conhecimento das condições favoráveis à infecção e colonização é importante para estabelecer medidas de controle, que visam, em última análise, desfavorecer o patógeno em qualquer fase do estabelecimento da doença (AGRIOS, 2005). Segundo Adaskaveg et al. (2002), a temperatura é um dos fatores ambientais que mais afeta o desenvolvimento dos fungos, sendo o efeito desses, determinado de forma geral pelo diâmetro das lesões desenvolvidas sobre o hospedeiro. A faixa de temperatura que permite a reprodução, normalmente, é mais estreita do que para o crescimento micelial (GRIFFIN, 1994).

O conhecimento das condições favoráveis aos fitopatógenos na interação patógeno-hospedeiro é imprescindível. O estágio fenológico em que o hospedeiro torna-se mais suscetível, a faixa de temperatura e umidade relativa do ar, para o estabelecimento da doença devem ser definidos para cada patossistema (BORGES NETO et al., 2000).

Irradiação

A irradiação de alimentos consiste na exposição de um produto de origem vegetal e/ou animal, a radiação ionizante proveniente tanto de uma máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas. Apenas as fontes de Cobalto (Co^{60}) e Césio (Cs^{137}) são consideradas para o uso comercial, devido à produção de raios gama de energias adequadas, disponibilidade e custo, sendo a fonte de Co^{60} a que tem maior aceitação, por proporcionar maior segurança ambiental (FOOD IRRADIATION, 1996). No processo de irradiação de alimentos, apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer risco de contaminação radioativa no mesmo. As doses de radiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de um Kilogray (kGy) corresponde à absorção de um kilojoule por kilograma de produto irradiado (O'BEIRNE, 1989).

A irradiação é um tratamento pós-colheita bastante promissor capaz de atuar tanto na desinfestação como no aumento da vida útil das frutas. A irradiação tem a vantagem de penetrar uniformemente no tecido vegetal, atuando em qualquer etapa de desenvolvimento das larvas de mosca das frutas, comum no Brasil, além de não deixar resíduo (PAULL, 1996; IADEROZA et al., 1988).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a irradiação de frutas e hortaliças pós-colheita tem como principal interesse a redução ou retardo nos danos causados por doenças.

Contudo, é também utilizado como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo retardo do amadurecimento. A irradiação gama pode estender a vida de prateleira de muitos frutos perecíveis, pelo controle da deterioração causada por microrganismos, atraso do amadurecimento e da senescência propriamente dita (URBAIN, 1986).

Para que a irradiação tenha sucesso, é necessário adequar à dose aplicada a cada fruto, de modo a evitar reações indesejáveis, como amolecimento ou escurecimento da casca (IADEROZA et al., 1988). Deve-se levar em consideração a cultivar, o tamanho, e estágio de amadurecimento dos frutos, uma vez que a eficácia do tratamento varia com estas características (MURRAY, 1990). As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 a 7,0 kGy. É importante ressaltar que quando o fruto é submetido a doses acima de um limiar, pode se obter um resultado contrário ao desejado, ou seja, a queda da qualidade do aspecto visual, e também pode interferir nos processos fisiológicos, acelerando o metabolismo e acarretando amadurecimento precoce dos frutos (NEVES et al., 2003).

Gómez et al. (1999) verificaram que a irradiação não exerce efeito sobre o teor de glicose e frutose, ou sobre a respiração e atividade da sacarose sintase em mamão. Cia et al. (2000) em experimento com uva (*Vitis* spp.), Neves et al. (2003) com nectarina (*Prunus pérsica* var. *nucipersica* (Suckow) C. Scheneider) e Zhao et al. (1996) com mamão, relataram que a radiação gama não exerce efeito significativo nos teores de sólidos solúveis. Pimentel e Walder (2004) e Pimentel et al. (2007) também não observaram efeito da irradiação nas variáveis: teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável em mamão.

Silva (1988) combinando o tratamento térmico (48°C/20 min) com irradiação a 0,75 ou 1,0 kGy, verificou o controle efetivo da antracnose (*C. gloeosporioides*) em mamão. Arthur e Wiendl (1999) constataram que a irradiação de goiaba resultou na redução da incidência de podridões, além dos frutos mostrarem-se mais firmes quando comparados aos não irradiados.

A irradiação de mamão provou ser eficaz para o controle da mosca da fruta em doses relativamente baixas (MOY; WONG, 2005), além de proporcionar manutenção da firmeza dos frutos por um período de tempo maior quando submetido a doses de 0,75 kGy, porém, não se obteve êxito no controle de doenças (PIMENTEL; WALDER, 2004)

Apesar dos efeitos positivos da irradiação gama, várias pesquisas mostram que este tratamento pode causar prejuízos na qualidade dos frutos e até aumentar a incidência de podridões. Mc Guire (1997) relata que a irradiação gama nas doses de 0,1 a 0,3 kGy, aumentou a suscetibilidade de lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) a antracnose, e doses maiores provocaram a redução da firmeza das frutas.

O uso da técnica de irradiação para a conservação de alimentos, por si só, não soluciona todos os problemas de perdas, pois, ao contrário dos métodos químicos convencionais, a irradiação não possui efeitos residuais, devendo-se preservar em condições assépticas o alimento após ser irradiado, evitando assim uma nova reinfestação (NISHIJIMA et al., 1992). Dentre os frutos estudados, o mamão parece ser o mais adequado à irradiação, pois apresenta poucos efeitos colaterais, relacionados diretamente ao processamento (GOMEZ et al., 1999).

Diante da diversidade de fungos, patogênicos ou não, associados às frutas de mamão em pós-colheita e considerando a importância das podridões fúngicas no volume total das perdas pós-colheita que inviabilizam a comercialização do mamão, esta tese foi realizada com os objetivos de estudar a influência da temperatura e do período de molhamento na incidência e severidade das podridões em frutos do mamoeiro causados por *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* e *L. theobromae*, bem como, avaliar o efeito da radiação gama na proteção do mamão contra estas podridões pós-colheita.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

- ADASKAVEG, J.A.; FORSTER, H. SOMMER, N.F. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In: KADER, A.A. (Ed.) **Postharvest technology of crops**. 3 ed. Califonia: University of California Agriculture and Natural, 2002. p.163-193.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922p.
- AGROLINK. Perspectiva da fruticultura brasileira. Disponível em: <<http://www.grupopolifer.com.br/agricola/index.php>>. Acesso em: 12 dez. 2008.
- ALMEIDA, C.O. Fruticultura brasileira em análise. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. Disponível em: <http://www.enpmf.embrapa.br/newsletter/lermateria.php> Acesso em: 24 out. 2008.
- ALVAREZ, A.M.; NISHIJIMA, W.T. Postharvest diseases of papaya. **Plant Disease**, St. Paul, v.71, n.8, p.681-686, 1987.
- ANDRADE, E.M.; UESUGI, C.H.; UENO, B.; FERREIRA, M.A.V. Caracterização morfo-cultural e molecular de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* patogênicos ao mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.32, n.1, p.21-31, 2007.
- ARTHUR, V. WIENDL, P.M. Irradiação de goiaba para aumentar sua vida de prateleira. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.74, n.3, p.393-397, 1999.

- AWARD, M. **Fisiologia pós-colheita em frutos**. São Paulo: Nobel, 1993.
- BALBINO, J.M.S. Colheita, pós-colheita e fisiologia de amadurecimento do mamão. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (Eds.) **A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção**. Vitória: INCAPER, 2003. p.405-439.
- BENASSI, A.C. A economia do mamão. 2006. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostr_conteudo.asp?conteudo=14291.htm>. Acesso em: 14 jul. 2008.
- BENATO, E.A. Controle de doenças pós-colheita em frutas tropicais. **Summa Phytopatologica**, Piracicaba, v.25, p.90-93, 1999.
- BENATO, E.A.; CIA, P.; SOUZA, N.L. Manejo de doenças de frutas pós-colheita. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.9, p.403-440, 2001.
- BENATO, E.A.; SIGRIST, J.M.M.; HANASHIRO, M.M.; MAGALHÃES, M. J.M.; BINOTTI, C.S. Avaliação de fungicidas e produtos alternativos no controle de podridões pós-colheita em maracujá-amarelo. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.28, n.4, p.299-304. 2002.
- BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M. Matéria-prima. In: MEDINA, J.C. (Ed.) **Mamão: cultura, material-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1995. p.179-254. (Frutas tropicais, 7).
- BORGES NETO, C.R.; MELO, S.C.M.; RIBEIRO, Z.M.A.; ÀVILA, Z.R.; MALTBY, J.; FONTES, E.M.G. Influência da idade da planta, período de molhamento de umidificação e concentração de inóculo no desenvolvimento de sintomas provocados por *Cercospora caricis* em tiririca. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, n.2, p.138-142, 2000.
- CAPPELLINI, R.A.; CEPONIS, M.J. Postharvest losses in fresh fruits and vegetables: postharvest losses in perishable crops. In: MOLINA, H.E. (Ed.) **Postharvest pathology of fruits and vegetables: postharvest losses in perishable crops**. Berkeley: University of Califórnia Agricultura Experiment Station, 1984. p.24-30.
- CENCI, S.A.; FONSECA, M.J. de O.; FREITAS-SILVA, O. Procedimentos pós-colheita. In: Frutas do Brasil. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Mamão pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológico, 2002. p.34-35.
- CIA, P.; BENATO, E.A.; ANJOS, V.D.A.; VIEITES, R.L. Efeito da irradiação na conservação de uva 'Itália'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, p.62-67, 2000.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Larvas: UFLA, 2005. 783p.

- CHOUHDURY, M.M. Doenças pós-colheita do mamão comercializado no pólo Petrolina-Juazeiro da região do médio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13. 1994. Salvador. **Resumos...** Salvador: SBF, 1994. p.676-677.
- COLHOUN, J. Effects of enviromental factors on plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.11, p.343-364, 1973.
- COSTA, H.; VENTURA, J.A.; RODRIGUES, C.H.; TAGIBA, J.S. Ocorrência e patogenicidade de *Glomerella cingulata* em mamão no Norte do Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.328, 2001.
- DANTAS, J.L. **Mamão produção**: aspecto técnico. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2000. 77p.
- DANTAS, S.A.F.; OLIVEIRA, S.M.A.; MICHEREFF, S.J.; NASCIMENTO, L.C.; GURGEL, L.M.S.; PESSOA, W.R.L.S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamão e laranja comercializada na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p.528-533, 2003.
- DANTAS, S.A.F.; OLIVEIRA, S.M.A. Doenças do mamão. In: OLIVEIRA, S.M.A.; TERAQ, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.O. (Eds.) **Patologia pós-colheita**: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855p.
- DICKMAN, M.B.; ALVAREZ, A.M. Latent infection of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Plant Disease**, St. Paul, v.67, n.7, p.748-750, 1983.
- DICKMAN, M.B. Antracnose. In: PLOETZ, R.C.; ZENTMEYER, G.A.; NISHIMA, W.T.; ROHRBACH, K.G.; OHR, H.D. (Eds.). **Compendium of tropical fruit disease**. St. Paul.: ASP Press, 1994. p.58-59.
- FAO, FAOSTAT – FAO Statistics Division. 2008. Disponível em: <<http://www.faostat.org.br>> Acesso em: 06 jan. 2009.
- FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. v.1, 362p.
- FOOD IRRADIATION. **A Guidebook**: Agricultural service division. 2º ed.. Rome: FAO. Technimic Publishing. 1996. 232p.
- FRANCO, D.A.S.; BETTIOL, W. Controle de bolor verde em pós-colheita de citros com produtos alternativos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, p.602-606. 2000.
- GOLDBLATT, L.A. Mycotoxins-Past, present and future. **Journal American Oil Chemists Society**, Chicago, v.54, p.302-310, 1977.
- 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.

- GOMEZ, M.L.P.A.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da irradiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p.103-117, 1999.
- GRIFFIN, D.H. **Fungal physiology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons., 1994. 444p.
- GUPTA, O.M., NEMA, K.G. Effect of different temperature and relative humidity on the development of fruit rots of papaya caused by *Botryodiplodia theobromae* and *Colletotrichum gloeosporioides*. **Indian Phytopathology**, Jodhpur, v.32, p.106-107, 1979.
- GUPTA, A.K.; PATHAK, V.N. Epidemiology and management of papaya fruit rots. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.16, n.2, p.92-105, 1990.
- HOLLIDAY, P. **Fungus diseases of tropical crops**. Cambridge: Cambridge University Press. 1980.
- IADEROZA, M., BLEINROTH, E.W., AZUMA, E.H. Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectinesterase do mamão cultivar solo. **Coletânea do Instituto Tecnológico Alimentar**, Campinas, v.18, n.1, p.76-82, 1988.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA 2003: Sistema IBGE de recuperação automática [on line]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. Disponível em: <http://sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=1613>> Acesso em: 06 jan. 2009.
- KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland. 1992.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Noshard Reinhold, 1991.
- LIBERATO J.F.; ZAMBOLIM, L. Controle das doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides em mamoeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Controle de doenças de plantas: fruteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. v.2, p.1023-1138.
- LIMA FILHO, R.M., OLIVEIRA, S.M.A.; MACIEL, M.I.S.; MORAES, L.M. Influência da temperatura e período de molhamento sobre a severidade da antracnose em pós-colheita do maracujá-amarelo. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v.31, p.24-29, 2005.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Exportação de frutas frescas cresce 35%. Disponível em: <<http://www.abanorte.com.br/noticias/exportaçãodefutasfrescas/cresce>> Acesso em: 08 dez. 2008.
- McGUIRE, R.G. Response of lychee fruit to cold and gamma irradiation treatments for quarantine eradication of exotic. **Hort Science**, Alexandria, v.32, n.7, p.1255-1257, 1997.

- MARIN, S.L.D.; YAMANSKI, O.K.; MARTINS, D.S.; MEISSNER FILHO, P.E. **Identificação de pragas, doenças e fatores abióticos do mamoeiro**. Bahia: Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia, 2003. 67p. (Documento do Setor de Fruticultura da Universidade de Brasília, 01).
- MARIN, S.L.D. **Mamão papaya**: produção, pós-colheita e mercado. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 82p.
- MEDINA, J.C. **Mamão**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2ª ed. Campinas: ITAL, 1989.
- MENEZES, M.; OLIVEIRA, S.M.A. **Fungos fitopatogênicos**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1993. 271p.
- MICKEMY, J.M.; MORGAN-JONES, G. Studies in genus *Cladosporium* "sensu lato" V. Concerning the type species, *Cladosporium herbarum*. **Mycotaxon**, Ythaca, v. 42, p.307-317, 1991.
- MICHEREFF, S.J.; SILVA, J.B.; SILVEIRA, N.S.S.; PEDROSA, R.A.; MARIANO, R.L.R.; TAVARES, L.A.; TAVARES, S.C.C.H. Postharvest biocontrol of *Lasiodiplodia* rot of mango fruits by saprophytic yeasts. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 40, n.1, p.29-37, 1997.
- MORAES, W.S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J.D. Incidência de fungos em pós-colheita de banana (*Musa* spp.) 'Prata anã' (AAB). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.32, n.1, p.67-70, 2006.
- MOY, J.H.; WONG, L. The efficacy and progress in using radiation as quarantine treatment of tropical fruits – a case study in Hawaii. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.63, p.397-401. 2005.
- MURRAY, D.R. **Biology of food irradiation**. London: Research Studies Press, 1990. 255p.
- MUNIZ, M.F.S.; SANTOS, R.C.R.; BARBOSA, G.V.S. Patogenicidade de isolados de *Colletotrichum gleosporioides* sobre algumas plantas frutíferas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.24, p.177-179, 1998.
- NEVES, L.C.; MANZIONE, R.L.; VIEITES, R.L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus pérsica* var. *nucipersica*) frigoconservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.24, n.3, p.676-679, 2003.
- NISHIJIMA, K.A.; MIURA, C.K.; ARMSTRONG, J.W.; BROWN, S.A.; HU, B.K.S. Effect of forced hot-air treatment of papaya fruit on fruit quality and incidence of postharvest diseases. **Plant Disease**, St. Paul, v.78, n.7, p.723-727, 1992.

- O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues. **Professional Horticulture**, Oxford, v.3, p.12-19, 1989.
- OLIVEIRA, A.A.R.; BARBOSA, C.J.; SANTOS FILHO, H.P.; MEISSNER FILHO, P.E. **Mamão produção**: aspetos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- PAULL, R.E. Ripening behavior of papaya (*Carica papaya* L.) exposed to gamma radiation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.7, p.359-370. 1996.
- PERES, A.P.; MACHADO, J.C.; CHITARRA, A.B.; LIMA, L.C.O. Perfil enzimático de fungos associados à podridão peduncular do mamão. **Ciência Agropecuária**, Bento Gonçalves, v.24, p.295-299, 2000.
- PEREIRA, A.L., SILVA, G.S.; RIBEIRO, V.Q. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31 n.6, p.572- 578, 2006.
- PESSOA, W.R.L.S.; OLIVEIRA, S.M.A.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.H.; SANTOS, A.M.G. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.2, p.147-151, 2007.
- PRUSKY, D. Pathogen quiescence in postharvest diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.34, p.413-434, 1996.
- PRUSKY, D.; FREEMAN, S.; DICKMAN, M.B. (Eds.) **Colletotrichum**: host specificity, pathology, and host-pathogen interaction. St. Paul: APS Press, 2000. 395p.
- PIMENTEL, R.M.A.; WALDER, J.M.M. Gama radiation in papaya harvested at three stages of maturation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.2, p.146-150, 2004.
- PIMENTEL, R.M.A.; MARCONDES, Y.E.M; WALDER, J. M. M. Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentenário por radiação gama. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.483-487, 2007.
- REZENDE, J.A.M.; FANCELLI, M.I. Doenças de mamoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, A.; BERGAMIN FILHO, A.B.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.) **Manual de fitopatologia**: doenças de plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v.2, cap.46, p.261-297.
- REZENDE, J.A.M.; MARTINS, M.C. Doenças do mamoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Eds.) **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres Ltda, 2005, cap.49, p.436-443. 2005.

- SANTOS FILHO, H.P. Doenças do maracujazeiro. In: LIMA, A; BORGES, A.L.; SANTOS FILHO, H.P.; SANTOS, L.B.; FANCELLI, M; SANCHES, N.F. (Eds.) **Instruções práticas para o cultivo do maracujazeiro**. Cruz das Almas: EMBRAPA-MAARA, 1994, p.37-42. (Circular técnica, 20).
- SAXENA, A.K.; SAKSENA, S.B.A. A new fusarial roto of papaya fruits. **Indian Journal of Mycology and Plant Pathology**, Udaipur, v.13, p.91, 1983.
- SILVA, T.M.W. **Tratamento térmico e radiação gama no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* (Pen.) Penz. et Sacc., agente causal da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)** 1988. 155f.. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- SILVEIRA, N.S.S. MICHEREFF, S.J.; MARIANO, R.L.R.; OLIVEIRA, S.M.A. Hongos fitopatogênicos associados a frutos comercializados em Recife, Pernambuco (Brasil). **Boletim Micológico**, Valparaíso, v.16, p.41-47, 2001.
- SIMÃO, S. Mamoeiro. In: **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: Fundação de Estudo Agrários Luiz de Queiroz, 1998. n.1, p.541-575.
- SITTERLY, W.R.; SHAY, J.P. Physiological factors affecting the onset of susceptibility of apple fruit to rotting by fungus pathogens. **Phytopathology**, St. Paul, v.50, p.91-93, 1960.
- SNOWDON, A.L. Papayas. In: SNOWDON, A.L. (Ed.). **A colour atlas of post harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. General introduction and fruits**. London: Wolfe Scientific, 1990. p.140-151.
- SOMMER, N.F. Postharvest handling practices and postharvest diseases of fruit. **Plant Disease**, St. Paul, v.66, p.357-364, 1982
- SOUZA, A.D.; NOZAHÍ, M.de H. Doenças fúngicas na cultura do mamoeiro. Disponível em: <http://www.todafruta.co.br/todafruta/mostr_conteudo.asp?conteudo=2788>. Acesso em: 23 jul. 2007.
- SOUZA, J.da S. Mercado mundial. In: Fruta do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 59p.
- TAVARES, S.C.C.H. Epidemiologia e manejo integrado de *Botryodiplodia theobromae* – situação atual no Brasil e no mundo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, p.46-52. 2002.
- THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III – Tropical fruits: banana, mangoes and papayas. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, West Palm Beach, v.23, n.2, p.147-205, 1986.
- URBAIN, W.M. **Food irradiation**. London: Academic Press, 1986. p.170-215.

VENTURA, J.A. Controle de doenças pós-colheita de frutos tropicais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, p.273, 1995.

VILELA, E.F. Controle das doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides em mamoeiro In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Controle de doenças de plantas: fruteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. v.2, p. 1023-1095.

YAMANISHI, O.K.; FAGUNDES. G.R.; MACHADO FILHO, J.A.; FALÇÃO, J.V.; MIRANDA, S.P. Comportamento da maturação de mamão Tainung 1 cultivado em Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.27, n.2, p.314-316, 2005.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VENTURA, J.A; VALE, F.X.R. Controle de doenças pós-colheita de frutas tropicais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. cap.12, p.443-511.

ZHAO. M.; MOY, J.; PAULL, R.E. Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.8, p.209- 222, 1996.

CAPÍTULO II

EFEITO DA TEMPERATURA E PERÍODO DE MOLHAMENTO SOBRE FUNGOS PÓS-COLHEITA

Efeito da temperatura e período de molhamento sobre podridões pós-colheita de mamão

Albaneyde Leite Lopes¹, Sônia M. Alves de Oliveira², Wagner R. L. S. Pessoa²,

Rinaldo M. Lima Filho² & Erick F. Couto²

¹Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão, CEP. 55600-000, Vitória de Santo

Antão - PE. Brasil, albaneydell@bol.com.br; ²Laboratório de Patologia Pós-Colheita,

Fitopatologia/DEPA, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP. 52171-900 Recife,

PE, Brasil

Aceito para publicação em: / /

Autor para correspondência: Albaneyde Leite Lopes

Lopes AL, Oliveira SMA, Pessoa WRLS, Lima Filho RM, Couto EF. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre podridões pós-colheita de mamão. *Tropical Plant Pathology*

RESUMO

Em mamões as podridões resultantes das atividades de fitopatógenos causam grandes perdas na fase de pós-colheita. Diante da necessidade do conhecimento de fatores ambientais que favoreçam a infecção por estes patógenos, foi avaliada a influência da temperatura (5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35°C), da duração do período de molhamento (0, 12, 24, 32, 36, 48, 60 e 72 h) na incidência e severidade de podridões pós-colheita em mamão cv. Golden causadas por *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* e *Lasiodiplodia theobromae*. Foi também avaliada a influência desses patógenos sobre as características físico-químicas do fruto como pH, SST e ATT. A temperatura influenciou significativamente (P=0,05) a incidência e severidade das podridões, com maiores valores em frutas incubadas na faixa em torno de 25 a 35 °C. Não foi observado o desenvolvimento de podridões em frutas inoculadas com *A. alternata*, *C.*

herbarum, *C. gloeosporioides* e *L. theobromae*, incubadas às temperaturas em torno de 5 a 10 °C. A presença de água livre na superfície do mamão foi desnecessária para a incidência de podridões causadas pelos fungos estudados, os quais não causaram alterações nos teores de pH, SST e ATT quando comparado com a testemunha não inoculada.

Palavra-chave: Podridão pós-colheita, fitopatógenos, *Carica papaya*, fatores ambientais.

ABSTRACT

Effect of temperature and wet period on postharvest rot in papaya

The rot in papaya resulting of the activities of pathogens cause great losses in postharvest. Due to the need of the knowledge of environmental factors that favor the attack of these pathogen, the influence of the temperature (5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 °C), the length of the wet period (0, 12, 24, 32, 36, 48, 60 and 72 h) in the incidence and severity of rot postharvest in papaya cv. Golden caused for the *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* and *Lasiodiplodia theobromae*, as well as, if these influence the factors physiochemical, pH, SST and ATT were evaluated. The temperature influenced significantly (P=0,05) the incidence and severity of rot, occurring higher incidence and severity in fruits incubated around of 25 - 35 °C. The development of rottenness in fruits inoculated with *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides* and *L. theobromae*, was not observed, in the temperatures around 5 – 10 °C. The presence free water of the surface of the papaya was unnecessary for the incidence of rottenness caused for the studied fungi. Which didn't cause alterations in the levels of ATT, SST, and pH, when compared with the control.

Additional-keywords: Postharvest rots, *Carica papaya*, environmental factors.

INTRODUÇÃO

Dentre as frutas tropicais cultivadas no mundo, o mamão (*Carica papaya* L.) ocupa lugar de destaque (Medina, 1989). O Brasil é o país que mais produz mamão em escala mundial, concentrando 30,16% desta oferta, seguido do México com 12,71%, Nigéria com 12,16%, Índia com 11,12% (FAO, 2008). No Brasil, o mamão é cultivado em todo território, merecendo destaque os estados da Bahia e Espírito Santo, responsáveis por 97,55% da produção nacional (IBGE, 2008).

Um dos fatores que afeta a qualidade pós-colheita do mamão e que está diretamente relacionado à quantidade de perdas, é a ocorrência de podridões (Snowdon, 1990), também limitante às exportações. As enfermidades pós-colheita podem iniciar no campo, durante a ontogenia do fruto, ou surgir depois da colheita com a maturação fisiológica. Ainda que as frutas colhidas não apresentem sintomas de doença, esta poderá se manifestar na fase de embalagem, transporte e comercialização (Oliveira et al., 2000).

Dentre as podridões que causam perdas pós-colheita significativas ao mamoeiro estão principalmente a antracnose e a podridão peduncular (Dickman; Alvarez, 1983; Gupta; Pathak, 1990). A podridão por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz & Sacc, que infecta a fruta imatura ainda no campo e permanece em quiescência (Prusky, 1996), manifesta-se sob forma de lesão necrótica somente na fase pós-colheita, durante o amadurecimento da fruta (Dickman & Alvarez, 1983). A podridão peduncular é atribuída a vários fungos em associação, entre os quais, *C. gloeosporioides*, *Fusarium solani* sensu Snyd. & Hans e *A. alternata* (Fr.:Fr.), (Alvarez; Nishijima, 1987). Dantas et al. (2003) consideraram a podridão peduncular como a doença de maior incidência em mamão comercializado na Central de Abastecimento do Recife (CEASA-PE), estando associadas a diversos patógenos: *C. gloeosporioides*, *Fusarium* spp., *G. candidum*, *C. herbarum*, *Lasiodiplodia theobromae* Pat. Griff. & Maubl, *Phoma caricae-papayae* (Tarr) Punith., *Phomopsis* spp., e *Pestalotia* sp. quando esses fungos invadem a fruta, através do corte do pedúnculo na colheita (Liberato;

Zambolim, 2002), desencadeiam a doença separadamente ou, mais comumente, em várias combinações.

Os fungos responsáveis pela podridão peduncular podem também incitar lesões em outras regiões da fruta, produzindo sintomas característicos para cada espécie. A podridão por *L. theobromae* tem crescimento rápido e geralmente ocorre em toda a fruta, mumificando-a. As lesões são escuras, com ampla margem de tecido encharcada e superfície rugosa (Liberato & Zambolim, 2002; Dantas et al., 2003). A podridão causada por *A. alternata* normalmente restringe-se à superfície da fruta, podendo se tornar problema somente quando a mesma é armazenada sob refrigeração como relatam Medina (1989) e Snowdon (1990). A entanto, a podridão por *F. verticillioides* (Sacc) Nirenberg ocorre esporadicamente no mamão e provoca lesão pequena, deprimida, com a formação de micélio branco na superfície da fruta (Peres et al., 2000). *Geotrichum candidum* Link. ex Pers. penetra nas frutas por ferimentos, geralmente após a colheita, ocasionando áreas encharcadas e amolecidas (Dantas et al., 2003). *Cladosporium herbarum* (Pers) Link ex Gray é um patógeno restrito restritos à superfície da casca da fruta, onde causa lesão escura o que compromete a aparência externa e reduz o valor comercial (Silveira et al., 2001).

O conhecimento das condições favoráveis à infecção e colonização é importante para o estabelecimento de medidas de controle, que visam, em última análise, desfavorecer o patógeno em qualquer fase do estabelecimento da doença. A temperatura e umidade na superfície do hospedeiro são os fatores ambientais que afetam mais intensamente o início e o progresso de doenças infecciosas, podendo influenciar os patógenos afetando a germinação e o número de esporos formados. A umidade é indispensável para germinação da maioria dos esporos fúngicos e para a penetração do tubo germinativo no hospedeiro, além de aumentar a suscetibilidade a certos patógenos, afetando a incidência e a severidade da doença (Agrios, 2005).

Diante da diversidade dos fungos, patogênicos ou não, associados ao mamão, e considerando a importância das podridões fúngicas no volume total das perdas pós-colheita que inviabilizam a comercialização da fruta, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência da temperatura e do período de molhamento sobre a incidência e severidade das podridões em mamão cv. Golden causadas por *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* e *L. theobromae*, bem como verificar as possíveis modificações nas características químicas do mamão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Patologia Pós-colheita da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Obtenção dos fitopatógenos e teste de patogenicidade

Na primeira fase deste estudo, foram diagnosticadas as doenças na fase de pós-colheita do mamão infectado naturalmente, apresentando sintomas característicos das podridões, adquiridos em pomares comerciais da região. As frutas foram armazenadas a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) até amadurecimento e desenvolvimento de lesões. Em seguida foram realizados os isolamentos dos fungos. Os fitopatógenos isolados foram inoculados em frutas sadias para reprodução dos sintomas e, posteriormente, reisolados completando os postulados de Koch. Com base nas características morfológicas das estruturas formadas e aspectos culturais das colônias, foram identificados conforme literatura especializada: *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* e *L. theobromae*. Os isolados foram preservados em tubos de ensaio contendo o meio de cultivo BDA (batata, dextrose e ágar) e em água destilada esterilizada (ADE) em frascos de penicilina para estudos posteriores.

Influência da temperatura sobre a incidência e severidade das podridões em mamão

Frutos de mamão cv. Golden, proveniente de pomares comerciais no estágio fenológico dois (máximo de 15 a 25 % da superfície da casca amarela) ¼ maduro (Martins, 2000), foram desinfestadas superficialmente com solução de NaClO 2% por três minutos, lavadas por duas vezes em ADE e seca sobre papel toalha em temperatura ambiente. Após a secagem, foram colocadas sobre tampas de placas de Petri e armazenadas em bandejas plásticas medindo 26 x 40 cm, forradas com quatro camadas de papel toalha embebido em AD (água destilada) e mantidas em câmara úmida, composta por um saco plástico.

Para a obtenção do inóculo, os fitopatógenos foram cultivados em meio BDA durante sete (*C. herbarum*, *C. gloeoporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum*) e 12 dias (*A. alternata* e *L. theobromae*) na temperatura de $25 \pm 2^\circ$ C. Após este período, adicionou-se 10 mL de ADE sobre a superfície das colônias e os conídios foram removidos mediante a fricção de uma escova de cerdas macias. A suspensão obtida foi filtrada em gaze dupla esterilizada e a concentração, determinada em câmara de Neubauer (hemacitômetro), ajustada para 10^6 conídios mL⁻¹.

As frutas foram previamente desinfestadas e feridas com um furador contendo oito agulhas com 3 mm de profundidade, devidamente flambado, foram inoculadas com 10 µL da suspensão de conídios dos fitopatógenos, em três áreas de inoculação por fruta (próxima ao pedúnculo, na região mediana e próximo a base). Após as inoculações, as frutas foram submetidas à câmara úmida por 48 horas, mantidas em incubadoras (BOD) ajustadas nas temperaturas de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e $35 \pm 1^\circ$ C e umidade relativa de ± 90 %. A testemunha foi representada por frutas sadias feridas e o inóculo substituído por ADE.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis fitopatógenos e sete temperaturas e seis repetições. A unidade experimental foi representada por uma fruta inoculada em três pontos. Os dados foram submetidos a análise de variância ($P=0,05$) e

regressão utilizando-se os programas SAEG (Ribeiro Júnior, 2001) e Excel for Windows XP Professional 2002.

Influência do período de molhamento sobre a incidência e severidade das podridões em mamão

Mamões previamente desinfestados conforme descrito acima, foram inoculados com *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* e *L. theobromae* e submetidos a diferentes períodos de molhamento: 0, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas em câmara úmida, sendo armazenados à temperatura de 25 ± 2 °C.

As testemunhas foram representadas por frutas feridas conforme descrito anteriormente, sendo o inóculo substituído por ADE. Após o período de incubação, procedeu-se à avaliação da incidência (presença ou ausência da doença) e severidade da doença com intervalo de 24 horas durante seis dias. A severidade foi avaliada mediante a medição da lesão em dois sentidos opostos com auxílio de régua milimetrada estabelecendo-se a média.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis fitopatógenos e sete períodos de molhamento. Cada unidade experimental foi representada por uma fruta inoculada em três pontos. Os dados foram submetidos a análise de variância ($P=0,05$) e regressão utilizando-se os programas SAEG (Ribeiro Júnior, 2001) e Excel for Windows XP Professional 2002.

Efeito dos fitopatógenos sobre características físico-químicas do mamão

Mamões cv. Golden inoculados da forma anteriormente descrita com os fitopatógenos: *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* e *L. theobromae* foram mantidos em câmara úmida durante 48h e armazenadas à temperatura de 25 ± 2 °C durante sete dias. A testemunha foi representada por frutas sadias feridas e o inóculo

substituído por ADE. Análises físico-químicas como acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e pH foram realizadas sete dias após a inoculação.

Para a análise da ATT, utilizou-se a técnica descrita pela A.O.A.C. (1990). Após o período de armazenamento, a polpa do mamão foi extraída e coletada 3 g para balão volumétrico de 100 mL. Em Erlenmeyers de 50 mL, adicionou-se 10 mL e duas gotas do indicador fenolftaleína, tituladas sob agitação constante com uma solução de NaOH 0,1 N até a mudança da coloração translúcida para a cor rósea indicativo do final da reação de neutralização. Os resultados obtidos foram registrados em porcentagem de ácido cítrico na polpa.

Para determinar o teor de sólidos solúveis totais (SST) utilizou-se um refratômetro Modelo Rez (0-32 °Brix). O pH foi determinado em potenciômetro Quimis Modelo Q 400 A (A.O.A.C., 1990).

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis patógeno e sete tratamentos, com seis repetições por tratamento. Cada repetição foi constituída por uma fruta inoculada em três pontos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($P=0,05$) utilizando o programa estatístico SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teste de patogenicidade

Todos os fitopatógenos estudados mostraram-se patogênicos quando inoculados em mamão, induzindo sintomas típicos de podridão seis dias após a inoculação. A podridão por *A. alternata* mostrou lesões negras arredondadas, cobertas por uma massa negra de esporos enquanto que a podridão por *G. candidum* evidenciou áreas encharcadas e amolecidas na fruta. Já a podridão por *L. theobromae* apresentou lesões aquosas, as quais se tornaram marrom-escuras e deprimidas, circundadas por uma área encharcada com a presença de um micélio cinza. Ocorreu lesão escura sobre a fruta na podridão por *C. herbarum*. A podridão

por *C. gloeosporioides* mostrou lesões circulares, deprimidas, de coloração marrom-clara com a presença de massa de esporos de cor salmão ao centro das lesões. Quanto à *F. verticillioides* foram verificadas lesões deprimidas, pequena, cobertas por micélio branco e compacto do fungo. Estes resultados estão de acordo com estudos anteriores realizados por Dickman & Alvarez, 1983; Alvarez & Nishijima 1987; Peres et al. 2000; Silveira et al. 2001; Liberato & Zambolim 2002; e Dantas et al., 2003. Os fitopatógenos foram reisolados em BDA e apresentaram colônias semelhantes às anteriormente obtidas, completando-se desta forma os postulados de Koch.

Influência da temperatura sobre a incidência e severidade das podridões em mamão

O modelo de regressão quadrática proporcionou o melhor ajuste dos dados de incidência das lesões em função da temperatura de incubação, com os coeficientes (R^2) variando entre os fungos de 64,3 % para *A. alternata*, 78,0 % para *C. herbarum*, 90,7 % para *C. gloeosporioides*, 68,3 % para *F. verticillioides*, 85,8 % para *G. candidum* e 85,1 % para *L. theobromae*.

Na análise dos gráficos, observa-se o aumento mais expressivo da incidência em função da temperatura a partir de 20°C até 35 °C (Figura 1). Os maiores índices (100%) de incidência foram verificados em *C. gloeosporioides*, *L. theobromae* na temperatura em torno de 30 °C (Figura 1c, f). Corroborando com os resultados de Arinze (1986) e Olandiran & Iwu (1993), os quais verificaram que as temperaturas ótimas para uma maior incidência de podridões causadas por *Fusarium* spp. e *G. candidum* em tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) situavam-se entre 30 e 35°C. Silveira et al. (2001) estudando *F. verticillioides* e *G. candidum* na mesma hospedeira observaram maior incidência de podridões quando incubados a 25 °C, no entanto, nas temperaturas em torno de 5 e 35 °C o *F. verticillioides* não apresentou podridão. Porém, para Silva et al. (2001) observando a incidência de *C. gloeosporioides*, *L. theobromae*; *G. candidum* e *Fusarium* spp. em mamão, nas temperaturas em torno de 5; 15 e

30 °C, a temperatura ao redor de 15 °C mostrou maior incidência da podridão para *C. gloeosporioides*, para o *L. theobromae* foi a temperatura próxima de 30 °C e o *G. candidum* só apresentou lesões na temperatura próximo a 5 °C, enquanto que o *Fusarium* spp. apresentou lesões nas três temperaturas testadas.

A temperatura influenciou significativamente ($P=0,05$) a severidade de podridões em mamão causada pelos fitopatógenos estudados (Figura 2). O modelo de regressão cúbico proporcionou o melhor ajuste dos dados de severidade das lesões em função da temperatura de incubação, com os coeficientes (R^2) variando entre os fungos de 81,02 % para *G. candidum*, 86,2 % para *F. verticillioides*, 88,8 % para *C. herbarum*, 97,66 % para *C. gloeosporioides* e 98,97 % para *L. theobromae*.

Na análise dos gráficos, observa-se o aumento da severidade da doença em função da temperatura seguida de um declínio em torno de 35 °C, com exceção de *A. alternata* que demonstra a tendência de crescimento.

As temperaturas que permitiram a maior severidade da doença ficaram em torno de 35 °C para o fungo *A. alternata* (Figura 1a), 25 °C para *C. herbarum* (Figura 1b) e *G. candidum* (Figura 1e), 30 °C para *C. gloeosporioides* (Figura 1c), *F. verticillioides* (Figura 1d), e *L. theobromae* (Figura 1f). Para *C. gloeosporioides* isolado de plantas de laranja (*Citrus* spp.) e mamão, Adaskaveg & Hartin (1997) obtiveram 30 °C como temperatura ótima de crescimento do fungo. Em relação à doença pós-colheita em mamão, Quimio (1973) observou que inoculando *C. gloeosporioides* e incubando nas temperaturas entre 20 a 40 °C houve desenvolvimento da doença. No entanto, Gupta & Pathak (1990) constataram que a maior severidade ficou entre 25 a 30 °C, sendo a temperatura ótima para podridões de *F. Equiseti*, *A. alternata* e *C. gloeosporioides* foi de 25 °C em mamão.

Observou-se que a temperatura em torno de 5° e 10 °C inibiram o desenvolvimento das lesões para os seguintes fitopatógenos *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides* e *L.*

theobromae. Para *F. verticillioides* a inibição ficou em torno de 5-15 °C e o *G. candidum* próximo a 10 °C. Além disso, estudos realizados por Lima Filho (2003) com *C. gloeosporioides* em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. sp *flavicarpa* Deg.), mostraram que temperaturas ao redor de 10 a 15 °C desfavoreceu o desenvolvimento de lesões, sendo observadas a partir de 20 °C com a maior severidade ao redor de 30 °C.

Neste estudo observou-se que a faixa de temperatura de 5 a 10 °C mostrou-se mais adequada à manutenção da qualidade da fruta por desfavorecer o desenvolvimento das podridões. Por outro lado, Paull et al. (1997) observaram que o armazenamento de mamão em temperaturas inferiores a 10 °C causam sérios danos fisiológicos à fruta.

Os mamões quando inoculados com *C. herbarum*, *C. gloeosporioides* e *A. alternata* e incubados nas temperaturas de 12 até 35 °C apresentaram maior severidade da doença, no entanto, para *F. verticillioides* apenas a partir de 15 a 35 °C foi observado desenvolvimento da doença. Para o *G. candidum* e *L. theobromae* em torno de 10 a 35°C foi propícia as lesões dos fitopatógenos. Segundo Torres Filho (1983), *C. herbarum* em maracujá amarelo apresentou um bom desenvolvimento em uma faixa de temperatura de 15-22 °C e umidade relativa do ar elevada (90% UR).

Estes resultados coincidem com aqueles alcançados por Nwofo & Fajola (1986), quando relatam que a temperatura ótima para o crescimento deste fitopatógenos situa-se em torno de 30 °C, variando de 25-30 °C. O avanço das lesões poderá ocorrer se restabelecer os níveis de temperatura favoráveis à atividade do patógeno.

Influência do período de molhamento sobre a incidência e severidade das podridões em mamão

Quanto à incidência das doenças o modelo de regressão cúbica proporcionou o melhor ajuste dos dados em função do período de molhamento com os coeficientes (R^2) variando entre os fungos de 94,7 % para *A. alternata*, 96,85 % para *C. herbarum*, 43,75 % em *C.*

gloeosporioides, 77,97 % para *F. verticillioides*, 47,6 % para *G. candidum* e 67,8 % para *L. theobromae*.

Na análise dos gráficos observa-se um aumento progressivo na incidência de *A. alternata*, *C. herbarum* e *F. verticillioides* em função do período de molhamento (Figura 3a, b, d). Entretanto, *C. gloeosporioides*, *G. candidum* e *L. theobromae* foram pouco influenciados pelo aumento do período de molhamento, mantendo um elevado índice de incidência mesmo na ausência da câmara úmida. Embora a umidade afete a formação e germinação de esporos fúngicos que requerem um filme de água cobrindo os tecidos ou alta umidade relativa na atmosfera, o surgimento de podridões causadas pelos fungos estudados, na ausência de água livre na superfície dos mamões, indica que apenas a água liberada após a realização do ferimento foi suficiente para o estabelecimento do processo infeccioso.

A incidência dos fitopatógenos causando podridões em mamão variou entre 5,6 a 88,9 % de acordo com a faixa de período de molhamento (Figura 3). Os maiores índices de incidências foram observados em *C. gloeosporioides* com 90 % no período de 24 h e 36 %, *C. herbarum* e *L. theobromae* com 80 % no período de 72 h de molhamento (Figura 3b, c, f). Para a *A. alternata* o nível máximo de 58 % foi atingido com 72 h (Figura 3a). Para *G. candidum* a incidência foi de 40 % (Figura 3e), o *F. verticillioides* com 38,9 %, ambos em também com 60 h de molhamento (Figura 3d). Silveira et al. (2001) verificaram a maior incidência com *F. verticillioides* em 24h de molhamento com 100 % e para *G. candidum* de 95 % com 48 h de molhamento em tomate.

Em relação à severidade, o modelo cúbico foi o que melhor se ajustou aos dados de severidade da doença em função do período de molhamento com coeficiente (R^2) variando entre os fungos, de 26,27 % (*G. candidum*), 63,25 % (*L. theobromae*), 66,88 % (*F. verticillioides*), 70,81 % (*C. gloeosporioides*) e 73,83 % (*C. herbarum*), exceto para *A. alternata* o modelo que melhor ajustou-se foi obtido com o polinomial (Figura 4a).

No patossistema *C. gloeosporioides* x maracujá amarelo, Lima Filho (2003) observou que a severidade da doença foi pouco influenciada pela duração do período de molhamento. Corroborando com o trabalho de Carneiro & Amorim (1999), para o mal-de-sete-voltas (*C. gloeosporioides* f. sp. *cepa* Penz.) da cebola (*Allium cepa* L.), onde observaram que a duração do período de molhamento foliar não influenciou a severidade da doença.

O período de molhamento de 0 a 24 h proporcionou maior desenvolvimento de lesões provocadas por *C. gloeosporioides* (Figura 4c). Resultados semelhantes foram obtidos por Pessoa et al. (2007), no patossistema *C. musae* Berk. & Curtis) von Arx x banana (*Musa* spp.).

Em todos os períodos de molhamento testados foi observado o desenvolvimento de lesões sobre o mamão quando inoculado com *L. theobromae*. Verificando-se um aumento partir de 24 h de molhamento seguindo de redução das lesões a partir desta houve um crescimento chegando ao máximo com 72 h de molhamento (Figura 2f).

Em relação à severidade, o modelo cúbico foi o que melhor se ajustou aos dados de severidade da doença em função do período de molhamento com coeficiente (R^2) variando entre os fungos, de 26,27 % (*G. candidum*), 63,25 % (*L. theobromae*), 66,88 % (*F. verticillioides*), 70,81 % (*C. gloeosporioides*) e 73,83 % (*C. herbarum*), exceto para *A. alternata* o modelo que melhor ajustou-se foi obtido com o polinomial (Figura 4a).

Efeito dos fitopatógenos sobre as características físico-químicas do mamão

Aos sete dias após inoculação em mamões cv. Golden com os diferentes fitopatógenos, observou-se que os fatores físico-químicos pH, SST e ATT, não apresentaram diferença significativa ($P=0,05$) entre as frutas submetidas à inoculação, quando comparados à testemunha, demonstrando desta maneira que os fitopatógenos não interferiram nas características químicas da fruta (Tabela 1).

Os valores médios de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) observados no mamão inoculado com os fitopatógenos em estudos ocilaram entre 11,4 a 12,3 $^{\circ}$ Brix sendo estes valores maiores

que os obtidos pela testemunha 11,0 °Brix. Estes valores se assemelham ao valor encontrado por Fagundes & Yamanishi (2001), em mamão do grupo solo, que variaram de 9,9 a 12,5 °Brix, no entanto para Souza (2004) estudando a cv. Golden observou valores entre 12,3 a 12,8 °Brix, próximos aos valores encontrados nesta pesquisa.

Com relação à acidez total titulável do mamão, houve variação de 0,16 a 0,20 % de ácido cítrico. Para Fagundes & Yamanishi (2001) a acidez titulável do mamão comercializado em Brasília apresentou valores entre 0,04 e 0,16 % de ácido cítrico. Observou-se neste estudo que o mamão é uma fruta de baixa acidez, apresentando valor máximo de 0,20 % de ácido cítrico. Souza (2000) avaliando diferentes estádios de maturação de mamão da cv. Golden, encontrou 0,19 % ácido cítrico/100g amostra para o estágio de maturação 1 e 0,18 % ácido cítrico/100g amostra no estágio 2., corroborando com nosso resultado. A acidez total titulável é importante na característica do sabor e aroma do fruto, os níveis de acidez, em geral, não excedem 1,5 a 2,0 % em frutas em geral (Chitarra & Chitarra, 2005).

O pH do mamão estudado apresentou pequena variação entre 4,5 a 4,7 ficando abaixo da média encontra por outros pesquisadores. De acordo com Manica (1996) o pH do mamão maduro deve ser de 5,2 a 6,25. Fagundes & Yamanishi (2001), encontraram valores de pH oscilando entre 5,20 a 5,71. O valor do pH aumenta com a redução da acidez, sendo utilizado como indicativo dessa variação (Chitarra & Chitarra, 2005).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prof^a Dr^a Maria Menezes pela identificação das espécies dos fungos, e ao Dr. Roberto Cavalcanti de Moraes Júnior da Fazenda Santa Terezinha Ltda "Doce Mel" por ter cedido os frutos para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (1990) Official methods of the Analytical Chemists. 15 ed. Arlington. 1213p.

- Adaskaveg JE, Hartin RJ (1997) Characterization of *Colletotrichum acutatum* isolates causing anthracnose of almond and peach in California. *Phytopathology* 87:979-987.
- Agrios, G N (2005) *Plant pathology*. 5th Ed. Amsterdam. Elsevier Academic Press.
- Alvarez AM, Nishijima WT (1987) Post harvest diseases of papaya reduced by biweekly orchard sprays. *Plant Disease* 71:681-687.
- Arize AE, Postharvest disease of tomato fruits in Southern Nigeria. *Fitopatologia Brasileira* 11:637-345.
- Carneiro LC, Amorim L (1999) Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo do “mal-de-sete-voltas” da cebola. *Fitopatologia Brasileira* 24:422-427.
- Chitarra MIF, Chitarra AB (2005) Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Larvas: UFLA. 783p.
- Dantas SAF, Oliveira SMA, Michereff SJ, Nascimento LC, Gurgel LMS, Pessoa WRLS (2003) Doença fúngicas pós-colheita em mamãos e laranjas comercializadas na Central de Abastecimento do Recife. *Fitopatologia Brasileira* 28:528-533.
- Dickman MB, Alvarez AM (1983) Latent infection of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Disease* 67:748-750.
- Fagundes GR, Yamanishi (2001) Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “Solo” comercializados em 4 estabelecimento de Brasília-DF. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23:541-545.
- Fao, Faostat (2008) *Agricultural statistics databases*. Home: World Agricultural Information Centre. Disponível em: <<http://faostat.org.br>> Acesso em: 06 jan. 2009.
- Gupta AK, Pathak VN (1990) Epidemiology and management of papaya fruit rots. *Summa Phytopathologica* 16:92-105.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008) SIDRA 2003: sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2009.

Liberato JR, Zambolim L (2002) Controle das doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides em mamoeiro. In: Zambolim L, Vale FXR, Monteiro AJA, Costa H. (Eds.) Controle de doenças de plantas: fruteiras. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora.

Lima Filho RM (2003) Caracterização isoenzimática, inoculações cruzadas de *Colletotrichum* e influência da temperatura no desenvolvimento da antracnose em maracujá. (Mestrado em Fitossanidade/Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Martins DS (2000) Exportação de mamão “Solo” para os Estados Unidos – procedimentos. In: Ritzinger CHSP, Souza JS (Eds.) Mamão. Fitossanidade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, pp.15-22.

Manica I (1996) Cultivo do mamoeiro. In: Mendes LG, Dantas JLL, Morales CFG (Eds.) Mamão no Brasil, Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF.

Medina JC (1989) Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2^a ed. Campinas: ITAL.

Nwofo MI, Fajola AO (1986) Cultural studies on *Botryodiplodia theobromae* e *Sclerotium rolfsii* causing storage rots of cocoyam (*Colocasia esculenta*). Fitopatologia Brasileira 1:443-454.

Olandiran AO, Iwu LN (1993) Studies on the fungi associated with tomato rot and effects of environment on storage. Mycolopathology 21:157-161.

Oliveira AAA, Barbosa CJ, Santos Filho HP, Meissner Filho PE (2000) Mamão produção: aspecto técnico. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.

Paull RF, Nishijima W, Reyes M, Cavalleto CC (1997) Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.) Postharvest Biology and Technology 11:165-179.

Peres AP, Machado JC, Chitarra AB, Lima LCO (2000) Perfil enzimático de fungos associados à podridão peduncular do mamão. Ciência Agropecuária 24:295-299.

- Pessoa WRLS, Oliveira SMA, Dantas SAF, Tavares, Santos AMG (2007) Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. Summa Phytopathologica 33:147-151.
- Prusky D (1996) Pathogen quiescent in postharvest diseases. Annual Review of Phytopathology 34:413-434.
- Ribeiro Júnior JI (2001) Análises estatísticas no SAEG. Viçosa:UFV. 301p.
- Quimio TH (1973) Temperature as factor for growth and sporulation of anthracnose organismo f papaya. Philippine Agriculturist 57:2445-253.
- Silva SR, Rios GP, Silva SC (2001) Influência da resistência e do período de molhamento na infecção e desenvolvimento de lesões de ferrugem no feijoeiro. Fitopatologia Brasileira 26:726-731.
- Silveira NSS, Michereff SJ, Mariano RLR, Tavares LA, Maia LC (2001) Influência da temperatura, período de molhamento e concentração de inóculo de fungos na incidência de podridões pós-colheita em frutos de tomateiro. Fitopatologia Brasileira 26:33-38.
- Souza JS (2000) In: Frutas do Brasil, mamão produção (Aspectos técnicos). Brasília: Embrapa SPI.
- Souza, LM (2004) Algumas características físicas e químicas de mamões (*Carica papaya* L.) dos grupos “Formosa” (*Tainung 01*) e “Solo” (*Golden*), com e sem mancha fisiológica, colhidos em diferentes estádios de maturação. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.
- Snowdon AL (1990) A color atlas of post-harvest disease & disorders of fruits and vegetables: general introduction and fruits. Cambridge: Wolfe Scientific Publications. 302p.
- Torres Filho J (1983) Doenças do maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) no planalto da Ibiapaba. Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará Fortaleza, 7p. (Comunicado Técnico, 11).

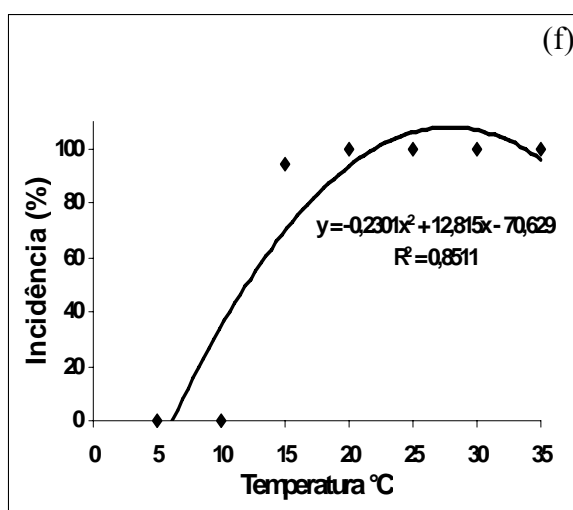
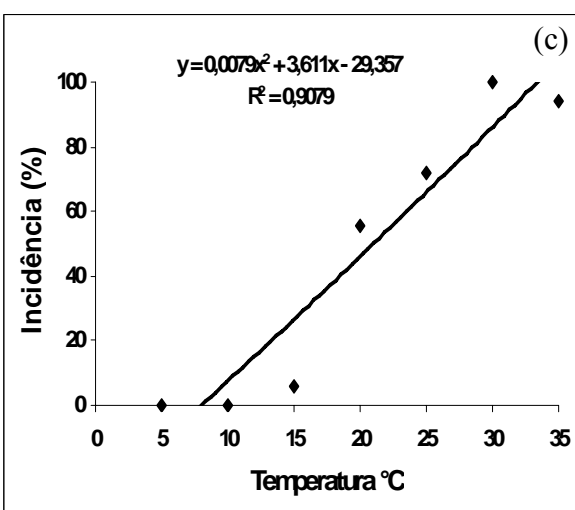
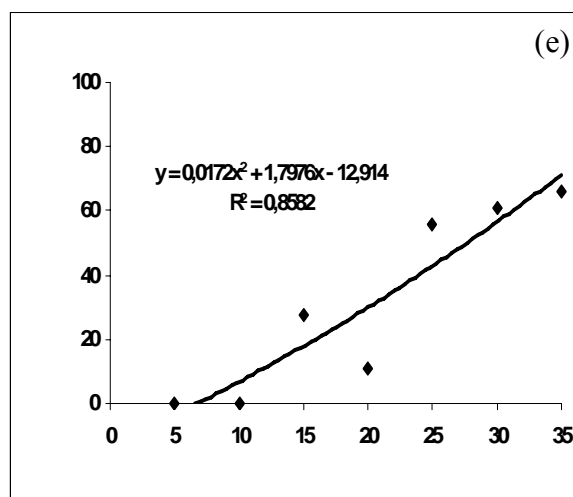
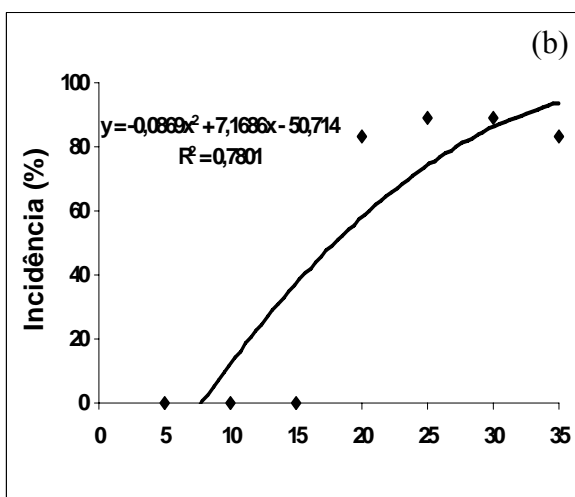
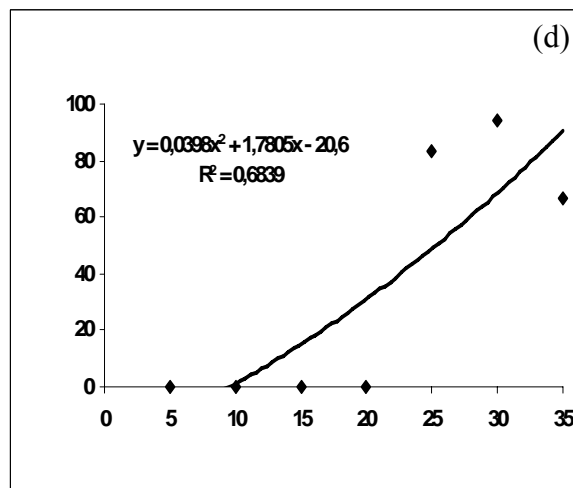
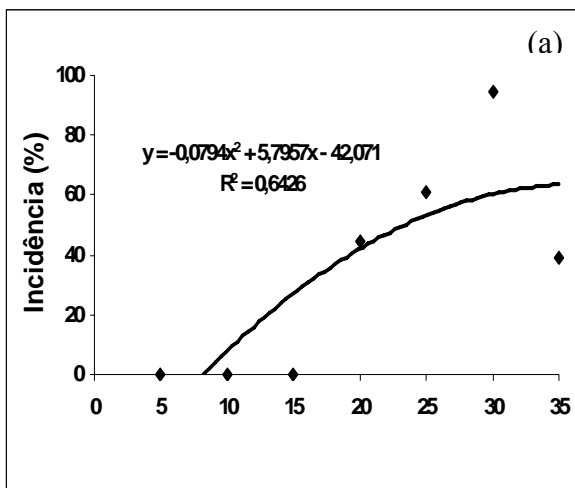


FIG 1. Influência da temperatura na incidência de podridões em mamão causadas por *Alternaria alternata* (a), *Cladosporium herbarum* (b), *Colletotrichum gloeosporioides* (c), *Fusarium verticillioides* (d), *Geotrichum candidum* (e), e *Lasiodiplodia theobromae* (f).

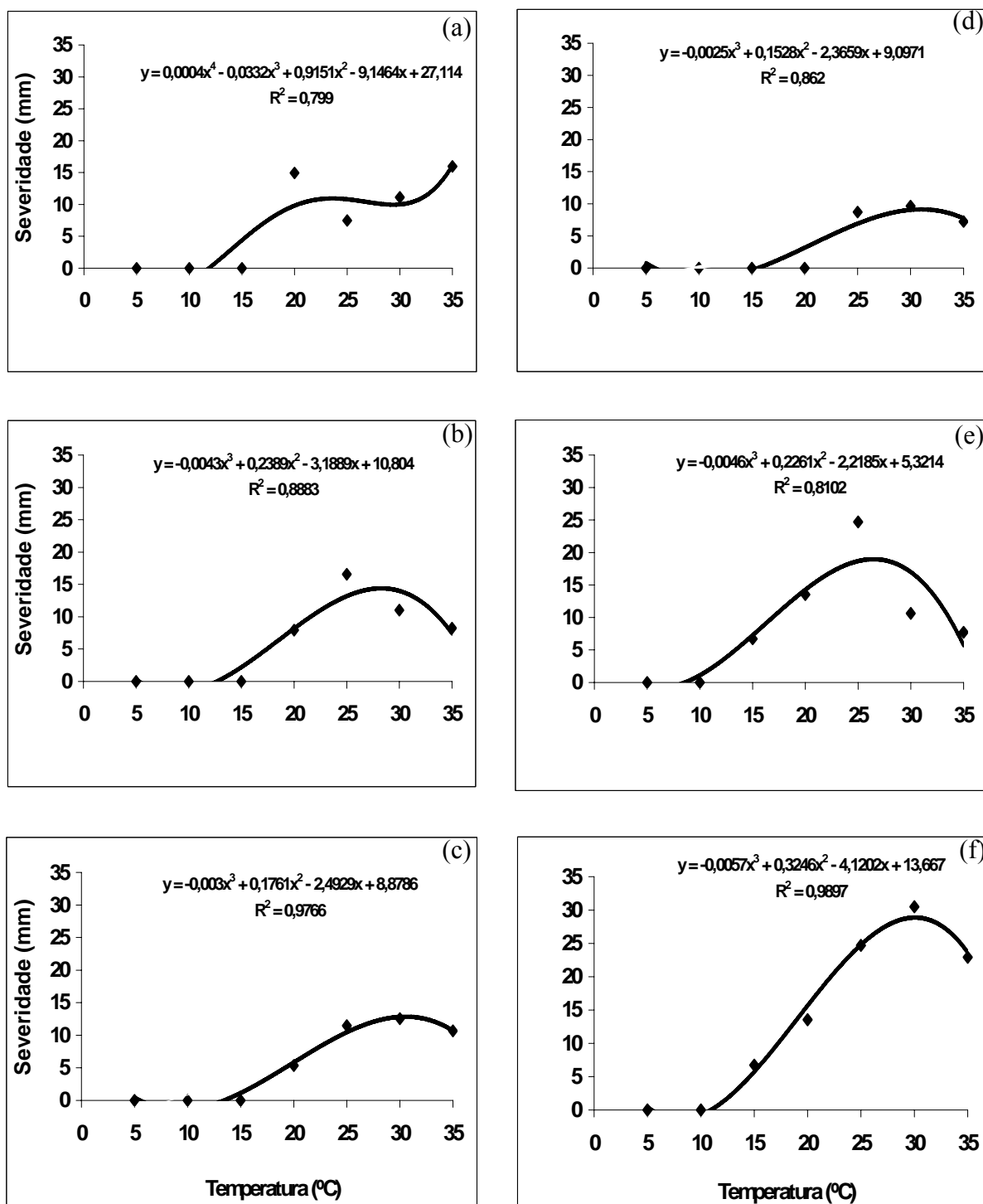


FIG 2. Influência da temperatura na severidade (mm) de podridões em mamão causadas por *Alternaria alternata* (a), *Cladosporium herbarum* (b), *Colletotrichum gloeosporioides* (c), *Fusarium verticillioides* (d), *Geotrichum candidum* (e) e *Lasiodiplodia theobromae* (f).

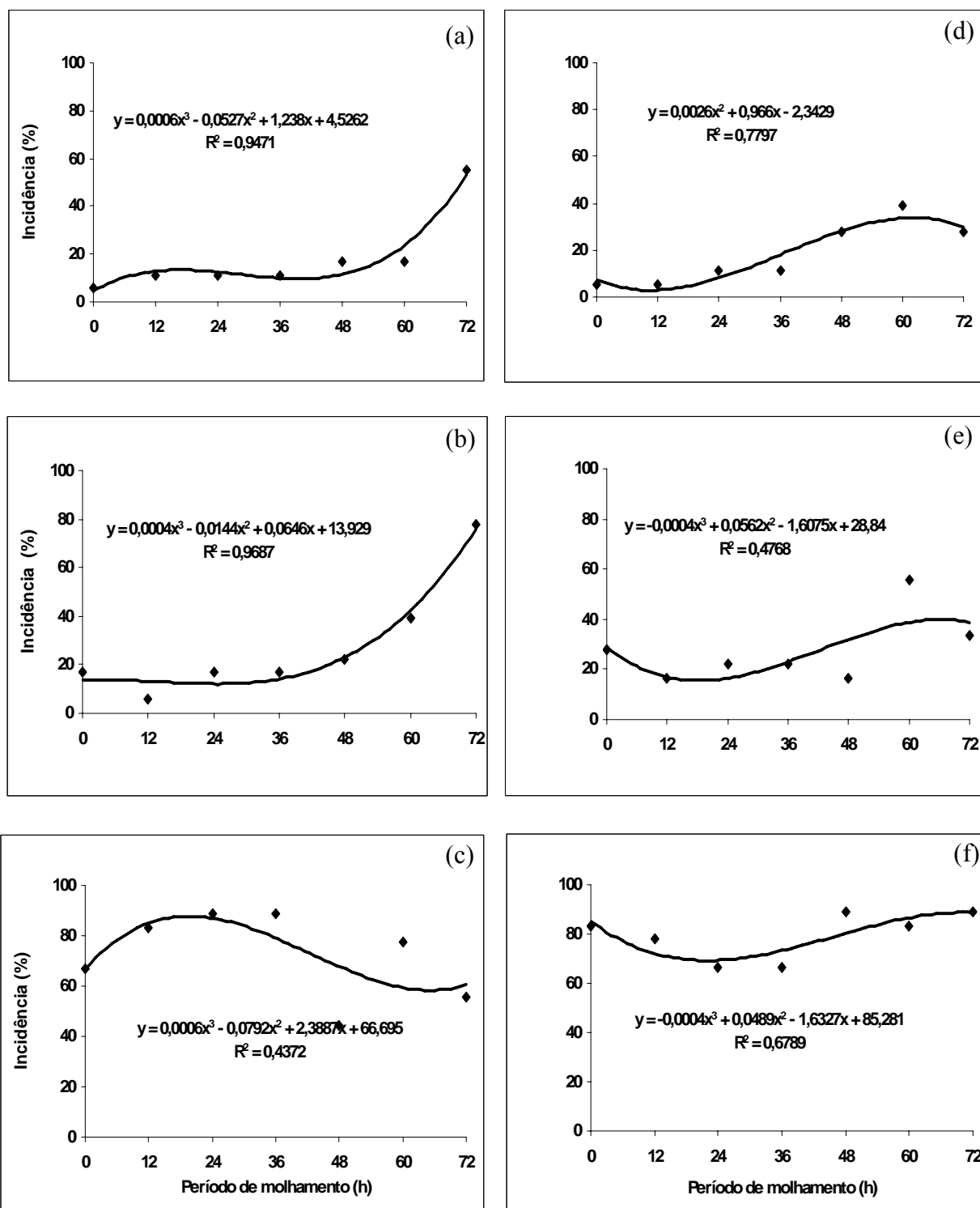


FIG 3. Influencia do período de molhamento na incidência (%) de podridões em mamão causadas por *Alternaria alternata* (a), *Cladosporium herbarun* (b), *Colletotrichum gloeosporioides* (c), *Fusarium verticillioides* (d), *Geotrichum candidum* (e) e *Lasiodiplodia theobromae* (f).

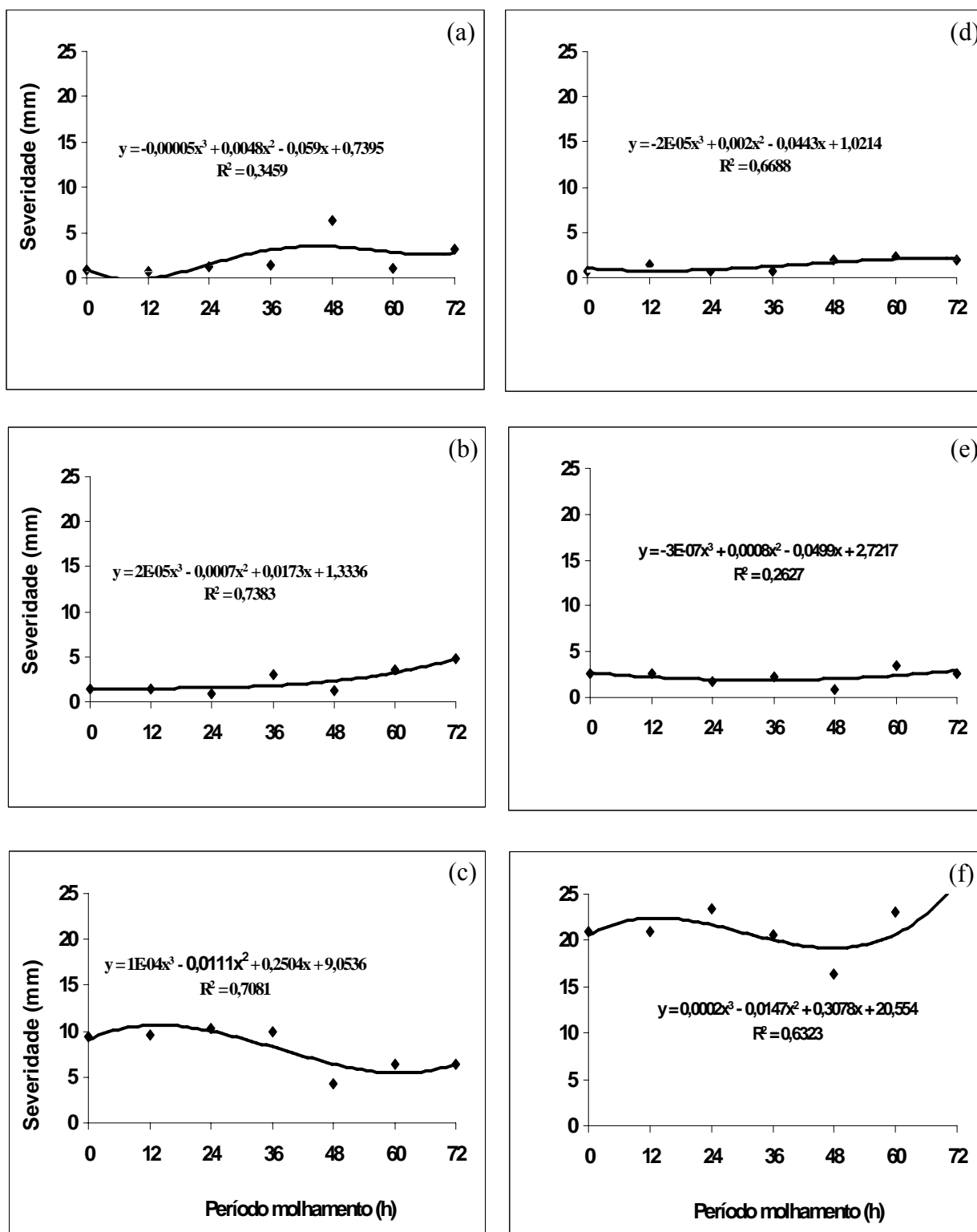


FIG 4. Influência do período de molhamento na severidade (mm) de podridões em mamão causadas por *Alternaria alternata* (a), *Cladosporium herbarum* (b), *Colletotrichum gloeosporioides* (c), *Fusarium verticillioides* (d), *Geotrichum candidum* (e) e *Lasiodiplodia theobromae* (f).

TABELA 1. Determinação dos valores de Sólidos Solúveis Total, Acidez Total Titulável e pH do mamão cv. Golden após sete dias de inoculação com diferentes fitopatógenos

Tratamento	SST ¹	ATT ²	pH ³
Testemunha	11,0 a*	0,018 a	4,5 a
<i>Alternaria alternata</i>	11,6 a	0,018 a	4,6 a
<i>Cladosporium herbarum</i>	12,3 a	0,016 a	4,7 a
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	11,5 a	0,016 a	4,5 a
<i>Fusarium verticillioides</i>	11,4 a	0,020 a	4,5 a
<i>Geotrichum candidum</i>	11,8 a	0,018 a	4,5 a
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	11,9a	0,017 a	4,5 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

¹ SST = Sólidos solúveis totais (°Brix)

² ATT = Acidez total titulável (% ácido cítrico)

³ pH = Potencial de hidrogênio iônico

CAPÍTULO III

EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NO CONTROLE DE PODRIDÕES PÓS-COLHEITA DO MAMÃO

Efeito da radiação gama no controle de podridões pós-colheita do mamão

Albaneyde Leite Lopes¹, Sônia M.A. Oliveira², Wagner R.L.S. Pessoa², Josenilda M. Silva³

¹Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão – PE, Propriedade Terra Preta – Zona Rural, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, CEP 55600-000 albaneydell@bol.com.br:

²Laboratório de Patologia Pós-colheita, Fitopatologia/DEPA, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmão. Recife, PE, Brasil, CEP 52171-900.

³Centro Regional de Ciências Nucleares – CRCN/NE – Av. Prof. Luiz Freire, 200. Cidade Universitária – Recife - PE, Brasil, CEP.:50.740 – 540.

(Aceito para publicação em / /)

Autor para correspondência: Albaneyde Leite Lopes

Lopes AL, Oliveira SMA, Pessoa WRLS, Silva JM. Efeito da irradiação gama no controle das podridões pós-colheita do mamão. *Fitopatologia Brasileira*.

RESUMO

A irradiação de alimentos é um tratamento pós-colheita bastante promissor, capaz de atuar tanto na desinfestação como no aumento da vida útil dos produtos. O mamão é uma fruta bastante perecível com pequena vida útil em pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos das radiações gama no controle de podridões em mamão causadas por *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*,

Geotrichum candidum e *Lasiodiplodia theobromae*. No ensaio I, avaliou-se o crescimento micelial, esporulação, patogenicidade após a exposição dos fitopatógenos, em placas de Petri, a diferentes doses de irradiação, tendo como fonte o Co^{60} (0; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,8; 2,4 e 2,8 kGy). No ensaio II, mamões cv. Golden foram inoculados, através da injeção subcuticular, com suspensão de conídios e, submetidos a três diferentes doses de irradiação de acordo com os resultados obtidos no ensaio anterior. Foram avaliados a patogenicidade e as características químicas (pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável total, ácido ascórbico e a relação sólidos solúveis totais x acidez titulável total). Os frutos foram armazenados a 26 ± 2 °C e 75 ± 5 % UR por sete dias e, avaliados diariamente. A radiação ionizante exerceu influência sobre o crescimento micelial e a patogenicidade dos fungos testados. Os resultados mostraram que, de modo geral, à medida que as doses de radiação aumentaram, houve redução no número de conídios. Análises químicas das frutas inoculadas com os fungos causadores de podridões e irradiadas com diferentes doses de radiação gama não houve diferença significativa nos teores de pH e acidez total titulável, de modo geral, exerceu efeito significativo, porém sem comprometer a comercialização e o consumo da fruta.

Palavra-chave: Irradiação gama, *Carica papaya*, pós-colheita, fungos fitopatogênicos.

ABSTRACT

Effect of the gamma irradiation on control of the postharvest rot of papaya

The food radiation is a postharvest treatment quite promising, capable to act in the desinfestation and in the increase of postharvest life of the products. The papaya is a quite perishable fruit with small useful life in postharvest. The objective of this work was to evaluate the effect of the gamma radiation in the doses of 0; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.4; 1.8; 2.4 and 2.8 kGy tends as source the Cobalt 60 to control *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum*

and *Lasiodiplodia theobromae*, agents of rotteness in papaya. The evaluated parameters were micelial growth, sporulation, pathogenicity and the characteristics (pH, total soluble sugars, total acidity tritatable, and the total soluble sugars x total acidity tritatable relationship). The fruits were stored at 26 ± 2 °C and 75 ± 5 RH for seven days and evaluated daily. The gamma radiation exercised outstanding influence on the micelial growth and the pathogenicity of the fungi. The results showed that, in general, as the irradiation doses increased, the conidia number decreased. Regarding the physiochemical factors of the treated fruits with gamma radiation and inoculated with the fungi agents of rotteness, in the evaluated parameters, in general, it exercised significant effect, however not affecting the commercialization and the consumption of papaya.

Additional keywords: Gamma irradiation, *Carica papaya*, postharvest, plant pathogen.

INTRODUÇÃO

As causas mais sérias de perdas de frutas na pós-colheita são as infecções causadas por microrganismos. Esses são favorecidos por danos físicos e fisiológicos, que predisõem os tecidos a colonização, o que poderá ocasionar uma rápida e extensa infecção no hospedeiro (Oliveira et al., 2006). Em geral, os agentes causadores de podridões em pós-colheita apresentam características comuns, entre as quais a capacidade de se estabelecerem no fruto imaturo e permanecerem em quiescência, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições ambientais favoráveis para o processo de infecção (Prusky, 1996).

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pode ser afetado por diversas doenças, que constitui o principal fator limitante da cultura, exigindo medidas adequadas de controle, sem os quais pode ocorrer perda na produção e na comercialização (Ventura, 1995; Dantas et al., 2003; Muniz et al., 2003). O mamão é uma fruta que apresenta um grande potencial de consumo, tanto no mercado interno como no externo. Um dos fatores que afeta a qualidade do mamão e

limita a exportação são as podridões causadas por diversos fitopatógenos na fase de pós-colheita (Almeida, 2008).

As doenças pós-colheita no mamão, principalmente a antracnose e a podridão peduncular são responsáveis por grandes danos (Alvarez & Nishijima, 1987; Oliveira et al., 2000). O *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.)Penz & Sacc. infecta frutos imaturos ainda no campo e permanece sob quiescência. Os sintomas da antracnose manifestam-se sob a forma de lesões necróticas somente na fase pós-colheita, durante o amadurecimento (Alvarez & Nishijima, 1987). As podridões pedunculares são atribuídas a fungos dos gêneros *C. gloeosporioides*, *Phomopsis* sp., *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl., *Fusarium* spp.e *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) entre outros (Peres et al., 2000; Dantas et al. 2003). Os níveis de incidência e severidade são normalmente muito altos, fazendo com que o controle estas doenças seja imprescindível para se obter produções rentáveis e aceitáveis pelo mercado consumidor (Alvarez & Nishijima, 1987; Suzuki et al. 2007).

Atualmente, nota-se um grande interesse por estratégias alternativas de controle de doenças em pós-colheita, como os tratamentos físicos, visando à redução da utilização de defensivos agrícolas. Entre estes, destaca-se o uso da radiação ionizante, que além de exercer efeito fungicida, pode induzir resposta de resistência na fruta, além de atuar sobre vários patógenos (Neves et al., 2002; Cia et al., 2007).

O uso da radiação ionizante em frutas tem como principal objetivo a redução dos efeitos do desenvolvimento de doenças e pragas, atuando como fungicida ou inseticida, sem que haja contaminação no alimento e/ou ambiente (Cia et al., 2007). Bem como, a vida de prateleira de muitos frutos perecíveis pode ser estendida com o uso da radiação gama, pelo controle da deterioração causada pelos microrganismos (Urbain, 1986). Também é utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento por retardar o amadurecimento e no brotamento de sementes e bulbos de alguns produtos (Chitarra & Chitarra, 2005). Porém,

em doses acima de um limiar, pode interferir nos processos fisiológicos, acelerando o metabolismo e acarretando amadurecimento precoce dos frutos (Neves et al., 2002). Além desses problemas, pode causar escurecimento, amaciamento, aparecimento de depressões superficiais, amadurecimento anormal e perda de aroma e sabor dos produtos (Chitarra & Chitarra, 2005). No processo de irradiação de alimentos, apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer risco de contaminação radioativa (O'Beirne, 1989).

Considerando-se a importância das podridões fúngicas no volume total de perdas pós-colheita de frutos do mamoeiro, e a possibilidade do controle alternativo pela radiação gama, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da radiação no controle de podridões pós-colheita em mamão causadas por fungos fitopatogênicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os fungos fitopatogênicos isolados de mamão e utilizados neste trabalho foram *A. alternata*, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link ex Gray, *C. gleosporioides*, *Fusarium verticillioides* (Sacc) Nirenberg, *Geotrichum candidum* Link. Ex Pers e *L. theobromae*. As culturas fúngicas foram mantidas em tubos de ensaio contendo meio de cultura batata dextrose ágar (BDA) e em água destilada esterilizada (ADE) (Método Castellani).

Efeito da radiação gama sobre o crescimento micelial

O efeito de diferentes doses de radiação sobre o crescimento micelial foi avaliado transferindo-se disco de meio de cultura com 5 mm de diâmetro, retirados dos bordos de colônias e contendo micélio de *C. herbarum*, *C. gleosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* com sete dias de cultivo e com 12 dias de *A. alternata* e *L. theobromae*, para placas de Petri com meio BDA. Após 3 h, as placas foram distribuídas em bandejas e levadas ao Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). As placas contendo os diferentes fungos foram submetidas à radiação gama nas doses de 0,0; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,8; 2,2 e 2,6 kGy, utilizando um irradiador Gammacell[®] 220Excel – MDS

Nordion, cuja taxa do irradiador no momento da aplicação era 8,609 kGy/h, tendo como fonte o Cobalto⁶⁰. Após as irradiações, as placas foram mantidas em ambiente sob condições de 26 ± 2 °C e 75 ± 5 % UR no Laboratório de Patologia Pós-Colheita (LPPC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As placas controle não receberam irradiação. A avaliação foi conduzida diariamente medindo a colônia em duas direções opostas, até que a colônia de um dos tratamentos atingisse o bordo da placa. Utilizam-se seis repetições por tratamento com uma placa como unidade experimental.

Ao final deste período, avaliou-se a esporulação do fungo para todas as doses aplicadas. A suspensão de conídios foi preparada colocando-se 10 mL de ADE nas placas com a cultura do fungo e, com o auxílio de uma escova de cerdas macias fez-se à liberação dos conídios. A concentração de conídios foi determinada pela contagem em câmara de Neubauer. Após a contagem, foi escolhida aleatoriamente uma suspensão para cada espécie, cuja concentração foi ajustada para 10^6 conídios/mL, testando-se a viabilidade dos fungos pela inoculação em dois pontos equidistantes da frutas de mamão, com quatro frutas por tratamento.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. O modelo foi definido pela significância dos coeficientes de determinação, utilizando-se SAEG e o Excel Windows XP Professional para a confecção dos gráficos.

Efeito da radiação gama sobre o desenvolvimento de podridões pós-colheita

Mamões cv. Golden, provenientes do município de Caaporã – PB, foram colhidos no estágio de maturação fisiológica 1 (início da coloração amarela) (Martins, 2000). A seleção considerou tamanho da fruta, coloração e ausência de injúrias. Todos os experimentos foram iniciados logo após a colheita. As frutas foram lavadas em água corrente, imersos em solução de hipoclorito de sódio a 5% por cinco minutos e lavados por duas vezes em ADE. Em seguida, foram colocados para secar em temperatura ambiente de 25 ± 2 °C. Após a secagem

foram colocados sobre tampas de placas de Petri dentro de bandejas plásticas forradas com papel toalha umedecido com 50 mL de ADE.

As frutas foram inoculadas com 10 µL da suspensão de conídios na concentração de 10^6 conídios/mL em dois pontos, sendo cinco frutas por bandeja. O conjunto foi colocado em sacos plásticos umedecidos com ADE e fechado imediatamente formando uma câmara úmida durante 24 h após a inoculação. Após esse período, as bandejas com as frutas foram conduzidas até o Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, receberam três diferentes doses, anteriormente escolhidas de acordo com o fungo: *A. alternata* (0,6; 1,0; 1,4 kGy); *C. herbarum* (0,6; 1,0; 1,8 kGy); *C. gloeosporioides* e *G. candidum* (0,8;1,0;1,8 kGy); *F. verticillioides* (0,8;1,4;1,8 kGy) e *L. theobromae* (0,8;1,2;1,8 kGy).

As doses aplicadas para cada fungo foram escolhidas em função da exposição da fruta à fonte irradiadora, bem como, dos melhores resultados obtidos no experimento anterior. A taxa de irradiação no momento da aplicação nas frutas era de 8,422 kGy/h. As testemunhas foram compostas de frutas com e sem inoculação do fitopatógeno e sem irradiação. Após aplicação das doses, as frutas foram conduzidas para o LPPC e armazenados em condições ambientes (26 ± 2 °C / 75 ± 5 % UR) em bandejas abertas. Ao final do período de sete dias de armazenamento, avaliou-se a presença ou ausência de podridão nas frutas irradiadas comparando-os com as testemunhas.

Após essa avaliação, as frutas foram descascadas, cortadas em pequenos pedaços e imediatamente congeladas para posteriores análises.

Avaliação das características físico-químicas das frutas inoculados com fitopatógenos e tratadas com radiação gama

Após o efeito das doses sobre as frutas, alíquotas de todos os tratamentos, com cinco repetições, foram retiradas para a avaliação das características físico-químicas, potencial

hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), ácido ascórbico (Vitamina C) e a razão SST/ATT.

Para determinação do pH, 10g da polpa fresca foi utilizada para cada tratamento, seguindo-se leitura direta em potenciômetro Quimis Modelo Q 400 A (A.O.A.C., 1990). Para determinar SST, 10 µL da amostra fresca foi depositado sobre um refratômetro Modelo Rez (0-32 °Brix), obtendo-se o resultado em °Brix. Para determinar a ATT, pesou-se 5,0 g da polpa fresca, seguindo-se a metodologia descrita por Ohlweider (1980). Para determinar o teor de ácido ascórbico seguiu a metodologia descrita por Carvalho et al. (1990).

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão da mesma forma que o ensaio anterior. Para as características químicas, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($P=0,05$) utilizando o programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da radiação gama sobre o crescimento micelial

O modelo de regressão cúbico foi o que melhor se ajustou as equações, proporcionando um bom ajuste do CM em função das doses de radiação gama nos fitopatógenos estudados, com coeficiente de determinação (R^2) variando entre os fungos, de 54,2 % em *A. alternata*, 75,5 % para *C. herbarum*, 94,2 % no *C. gloeosporioides*, 75,5 % para *F. verticillioides*, 90,7 % em *G. candidum* e 51,6 % para *L. theobromae*.

O efeito das doses de radiação gama sobre o crescimento micelial (CM) de *A. alternata*, *C. herbarum*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides*, *G. candidum* e *L. theobromae*. A radiação exerceu influência sobre o desenvolvimento dos fungos, sendo a maior redução do crescimento micelial promovida em torno da dose de 2,8 kGy, para os fungos *C. herbarum*, *C. gloeosporioides* e *F. verticillioides*.

Em *A. alternata* observou-se que todas as doses aplicadas estimularam o crescimento micelial (Figura 1a). No *C. herbarum*, houve um pequeno decréscimo no CM à medida que aumenta as doses (Figura 1b). Para o *C. gloeosporioides*, houve um decréscimo do CM nas doses de 0,6 a 1,4 e 2,2 a 2,6 kGy (Figura 1c). Em relação ao *F. verticillioides*, nota-se um decréscimo no crescimento micelial com o aumento das dosagens de irradiação (Figura 1d). Já para *G. candidum* observa-se uma pequena redução no CM com o aumento da dose (Figura 1e). Em *L. theobromae* houve uma queda acentuada no CM nas doses entre 0,6 a 1,4 kGy (Figura 1f). Desta forma, verifica-se que nem sempre doses maiores foram eficientes na redução do CM, de modo geral. Estes resultados corroboram com Cia et al (2007), onde constaram que a maior redução do crescimento micelial de *C. gloeosporioides* foi promovida pela dose de 1,0 kGy.

O modelo de regressão quadrático proporcionou o melhor ajuste dos dados de esporulação em função das doses de radiação gama, com coeficientes de determinação (R^2) variando entre os fungos de 92,4 % para *C. herbarum*, 84,7 % para *G. candidum* e 95,5 % para *L. theobromae*. No entanto, para *A. alternata*, *C. gloeosporioides*, *F. verticillioides* o melhor ajuste foi obtido com o modelo cúbico com R^2 de 96,0 %, 94,3 % e 75,5 %, respectivamente.

Quanto ao efeito da radiação sobre a esporulação constata-se que, à medida que as doses aumentaram, houve uma redução na produção de conídios (Figura 2 b, d, e, f). No entanto, a radiação gama estimulou a produção de conídios de *A. alternata* sendo observado um aumento progressivo da quantidade de conídios em função do aumento das doses (Figura 2 a). Essa maior esporulação pode ter sido induzida, uma vez que, sob condições adversas, o fungo procura se defender, e uma defesa seria o aumento da quantidade de esporos, o que irá garantir a sobrevivência da espécie (Griffin, 1994). Cia et al. (2007) observaram que as doses 0,5; 0,75 e 1 kGy acarretaram a maior esporulação de *C. gloeosporioides in vitro*,

fortalecendo a hipótese de que menores dosagens estimulam a produção de conídios, o que pode ser visualizado na Figura 2.

Quanto a viabilidade de conídios, a menor dose (0,6 kGy) não apresentou efeito sobre a viabilidade patogênica de todos os fungos estudados, exceto para *A. alternata*. Para *A. alternata* as doses de 1,4 a 2,2 kGy, *C. herbarum* de 0,6 a 1,2 kGy, *F. verticillioides* de 0,6 a 0,8 kGy e *G. candidum* de 0,6 a 1,0 kGy não comprometeram a viabilidade patogênica dessas espécies fúngicas. Em relação a *C. gloeosporioides*, as doses de 0,6, 1,8 e 2,2 kGy não causaram perda de patogenicidade, sendo ineficientes no controle desse fungo. Todos os fungos tiveram a viabilidade patogênica nula quando expostos a uma dose de 2,6 kGy de radiação gama (Tabela 2).

Efeito da radiação gama sobre o desenvolvimento de podridões pós-colheita

Os resultados obtidos mostraram que as doses aplicadas (0,8, 1,2 e 1,8 kGy) após 24 h da inoculação sobre os mamões, não afetaram a patogenicidade de *L. theobromae*. O mesmo não foi verificado com os demais fungos estudados, uma vez que não foram capazes de causar lesões sobre a hospedeira, observou-se também, que os mamões irradiados apresentaram melhor aspecto visual.

Na literatura especializada, não se encontram trabalhos sobre radiação gama envolvendo patossistema no que diz respeito à patologia pós-colheita, e sim a Fisiologia pós-colheita, sendo esse um dos primeiros trabalhos a estudar esse problema.

Características físico-químicas de mamões inoculados com fitopatógenos e tratados com radiação gama

Quanto às características físico-químicas, mostraram que as doses de radiação exerceram efeito significativo sobre as variáveis estudadas (Tabela 3). Os valores para sólidos solúveis totais encontrados nas frutas irradiadas, foram na faixa de 10,74 a 13,56 °Brix, estando este de acordo com os encontrados por Feitosa et al. (2005) em estudo com mamão

irradiado nas doses de 2,0 a 1,0 kGy que foram de 10,40 a 11,60 °Brix. Segundo Cia et al. (2007) o teor de sólidos solúveis totais manteve-se praticamente constante após o período de armazenamento das frutas, não sendo influenciado pelas doses 0,12, 0,25, 0,5, 0,75 e 1,0 kGy de radiação gama. Portanto, trabalhos como o de Zhao et al. (1996) e Feitosa et al. (2005) com mamão, Cia et al. (2000) com uva (*Vitis* spp.), Neves et al. (2002) com nectarina (*Prunus persica* var. *nucipersica* (Suckow) C. Scheneider), relataram que a radiação gama não exerceu efeito significativo nos teores de sólidos solúveis totais.

Os valores médios obtidos para acidez total titulável, expressos em % de ácido cítrico/100g de polpa de frutas submetidas às doses de radiação variou na faixa de 0,09 a 0,13 %. Porém, os resultados estão de acordo com Feitosa et al. (2005) que obtiveram variações na faixa de 0,09 a 0,19 % em mamão irradiado nas doses de 0,2; 0,5 e 1,0 kGy em frutas sadias. De acordo com Pimentel & Walder (2004) e Pimentel et al. (2007), também não observaram efeito da radiação nas variáveis: teor de sólidos solúveis, pH e acidez total titulável em mamão. A acidez total titulável é importante na caracterização do sabor do fruto (Chitarra; Chitarra, 2005), estando os valores de ATT obtidos nesta pesquisa dentro da faixa aceitável para a fruta.

O potencial hidrogeniônico (pH) variou de 4,38 a 5,25, entre as frutas tratadas. No entanto, não diferiram das testemunhas absoluta (4,8) e relativa (4,82) mostrando que os tratamentos não alteraram este fator. Feitosa et al. (2005) obtiveram resultados próximos, valores entre 4,56 a 5,12 nas doses 0,2 a 1,0 kGy, em mamão com sete dias de armazenamento. Já Cia et al. (2007), encontraram valores entre 5,37 a 5,22 nas doses 0,5 a 1,0 kGy. Segundo Silva et al. (2008), mesmo pequenas variações nessa característica podem causar alterações acentuadas no sabor da fruta.

Os teores de ácido ascórbico nas frutas tratadas variaram na faixa compreendida entre 31,31 a 64,8 % de ácido ascórbico por 100g de polpa (Tabela 3) diferindo da testemunha

absoluta (74,3). Os menores valores foram observadas em mamões que receberam dose de radiação gama de 1,8 kGy e inoculadas com *F. verticillioides*, onde exibiram a menor concentração de ácido ascórbico, diferindo das testemunhas absoluta e relativa e dos demais tratamentos. Lima et al. (2001) constataram que a irradiação em cenoura (*Daucus carota* L.) cv. Nantes, nas doses de 0,25 a 1,0 kGy, não alterou significativamente os teores de pH, sólidos solúveis e vitamina C. Neves et al. (2002) observaram que a irradiação de nectarina na dose de 0,4 kGy resultou no melhor aspecto visual das frutas, ausência de podridões, maior firmeza da polpa, não ocorrendo alteração significativas nos teores de acidez total e sólidos solúveis. Mamões irradiados nas doses de 0,2 e 1,0 kGy apresentaram maior firmeza e proporcionaram retenção de ácido ascórbico (Feitosa et al., 2005). Pode-se vislumbrar nesta pesquisa que esse atributo de qualidade da fruta não foi afetado, quando expostos às doses de radiação gama.

Na razão SST/ATT, observou-se variações de 89,5 a 123,3 ficando este resultado dentro da faixa encontrado pelas testemunhas relativa e absoluta que foi de 109,1 e 107,25, respectivamente. No entanto, para Fagundes & Yamanishi (2001) em mamões não irradiados, relatam que esta razão variou de 74,7 a 275,7. Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a razão SST/ATT é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativas que a medição isolada de açúcares ou de acidez, mostrando um equilíbrio entre esses dois componentes. De acordo com Souza (2004), esta alta relação contribui com um gosto doce na fruta, tornando-a mais agradável ao paladar.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem Ana Dayse do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, pela paciência e disposição para a realização da radiação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez A M, Nishijima WT (1987) Postharvest diseases of papaya. *Plant Disease* 71:681-686.

A.O.A.C. (1990) *Official methods of the Analytical Chemists*. 15 ed. Arlington. 1213p.

Carvalho CRL, Mantovani DM, Carvalho PRN, Morais RM (1990) *Análise química de alimentos*. Campinas: ITAL (Manual Técnico).

Almeida CO (2008) *Fruticultura brasileira em análise*. Embrapa-Mandioca e Fruticultura Tropical. Disponível em: <http://www.enpmf.embrapa.br/newsletter/lermateria.php> Acesso em [24/01/2009](#)

Cia P, Benato EA, Anjos VDA, Vieites RL (2000) Efeito da irradiação na conservação de uva ‘Itália’. *Revista Brasileira de Fruticultura* 22:62-67.

Cia P, Pascholati SF, Benato EA, Camili EC, Santos CA (2007) Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. *Postharvest Biology and Technology* 43:366-373.

Chitarra MIF, Chitarra AB (2005) *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2ª ed. Lavras:UFLA.

Dantas SAF, Oliveira SMA, Michereff SJ, Nascimento LC, Gurgel LMS, Lima Filho R.M (2003) Doenças fúngicas pós-colheita em frutos de mamão e laranja no Estado de Pernambuco, Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 28:528-533.

Fagundes GR, Yamanishi (2001) Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “Solo” comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23:541-545.

Feitosa HO, Coneglian RCC, Castricini A, Sousa CM, Martins CM, Vital HC (2005) Efeito da irradiação gama e de fotorreguladores na fisiologia pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista da Universidade Rural Série Ciência e Vida* 25:06-11.

Griffin DH (1994) *Fungal physiology*. 2 ed. New York: John Wiley & Sons. 444p.

- Lima KSC, Grossi JL, Lima ALS, Alves PfMP, Coneglian RCC, Godoy RLO, Sabaa-Srur AUO (2001) Efeito da radiação ionizante (γ) na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. *Ciência e tecnologia de Alimentos* 21:202-208.
- Martins DS (2000) Exportação de mamão ‘Solo’ para os Estados Unidos – procedimentos. In: Ritzinger CHSP, Souza JS. (Eds.) Mamão. Fitossanidade. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.15-22.
- Muniz MFS, Santos RCR, Barbosa GVS (2003) Patogenicidade de isolados de *Colletotrichum gleosporioides* sobre algumas plantas frutíferas. *Summa Phytopatologica* 24:177-179.
- Neves LC, Manzione RL, Vieites RL (2002) Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus persica* var. *nucipersica*) frigoconservada. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24:676-679. .
- O’Beirne, D (1989) Irradiation of fruits and vegetables applications tissues. *Professional Horticulture* 3:12-19.
- Ohlweiler OA (1980) Química analítica quantitativa 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.
- Oliveira AAA, Barbosa CJ, Santos Filho HP, Meissner Filho PE (2000) Mamão produção: aspecto técnico. Brasília:Embrapa Transferência de Informação.
- Oliveira, SMA, Terao, D, Dantas, SAF, Tavares, SCCH (Eds.) (2006) Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 855p.
- Peres AP, Machado JC, Chitarra AB, Lima LCO (2000) Perfil enzimático de fungos associados à podridão peduncular do mamão. *Ciência Agropecuária* 24:295-299.
- Pimentel RMA, Waeder JMM (2004) Radiação gama em mamão papaya colhido em três estádios de maturação. *Ciência Agrícola* 61:146-150.

- Pimentel RMA, Marcondes YEM, Waeder JMM (2007) Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentenário por irradiação gama. *Revista Brasileira de Fruticultura* 29:483-487.
- Prusky D (1996) Pathogen quiescence in postharvest diseases. *Annual Review of Phytopathology* 34:413-434.
- Ribeiro Júnior JI (2001) *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa:UFV. 301p.
- Silva JM, Silva, JP, Spoto, MHF (2008) Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28(1): 139-145.
- Souza, LM (2004) Algumas características físicas e químicas de mamões (*Carica papaya* L.) dos grupos “Formosa” (*Tainung 01*) e “Solo” (*Golden*), com e sem mancha fisiológica, colhidos em diferentes estádios de maturação. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.
- Suzuki MS, Zambolim L, Liberato JR (2007) Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. *Summa Phytopathologica* 33:167-177.
- Urbain WM (1986). *Food irradiation*. London: Academic Press. pp.170-215.
- Ventura JA (1995) Controle de doenças em pós-colheita de frutos tropicais. *Fitopatologia Brasileira* 20:273.
- Zhao M, Moy J, Paull RE (1996) Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin. *Postharvest Biology and Technology* 8:209- 222.

TABELA 1. Efeito de diferentes doses de radiação gama sobre a patogenicidade de *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* e *Lasiodiplodia theobromae*, após sete dias de incubação em meio de cultura batata, dextrose e ágar a temperatura de 26 ± 2 °C e 75 ± 5 % UR.

Tratamento	Doses (kGy)							
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,2	2,6
<i>Alternaria alternata</i>	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Cladosporium herbarum</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Fusarium verticillioides</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Geotrichum candidum</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	+	-	-	-	-	-	-	-

+ Patogênico (presença de lesão); - Não Patogênico (ausência de lesão)

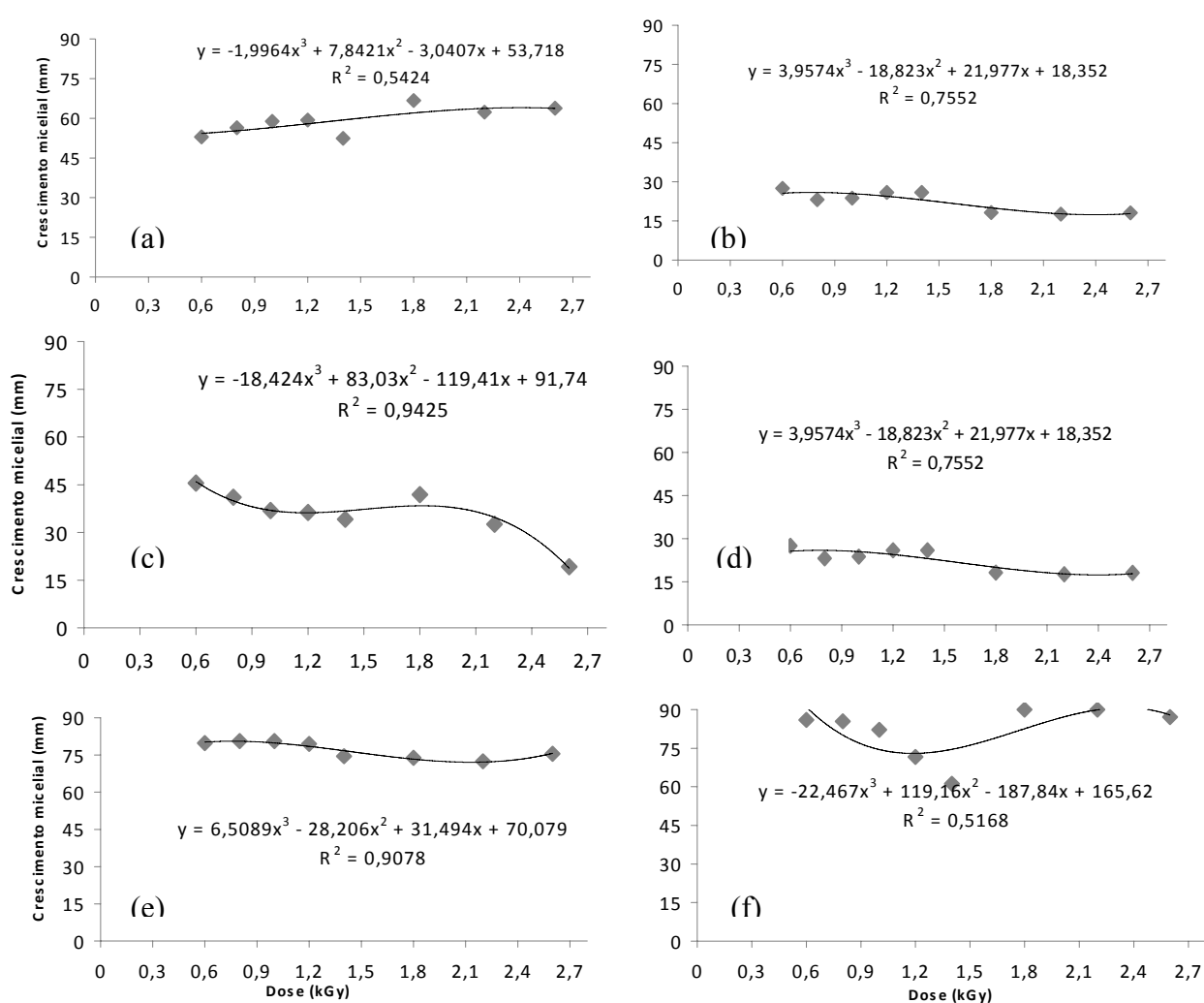


FIG 1. Efeito de diferentes doses de radiação gama sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata* (a), *Cladosporium herbarum* (b), *Colletotrichum gloeosporioides* (c), *Fusarium verticillioides* (d), *Geotrichum candidum* (e) e *Lasiodiplodia theobromae* (f), após sete dias de

incubação em meio de cultura batata, dextrose e ágar a temperatura de $26 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $75 \pm 5 \%$ UR.

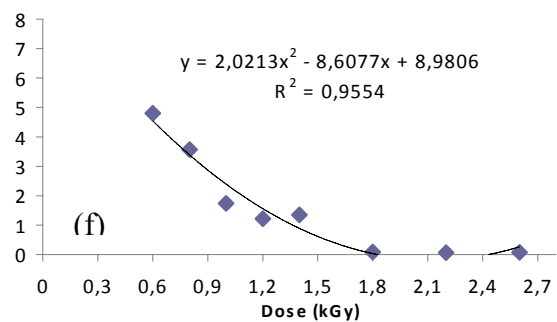
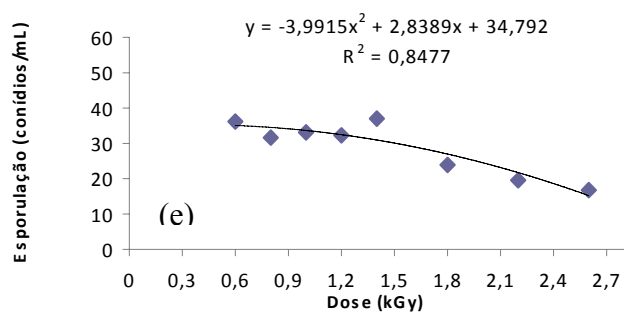
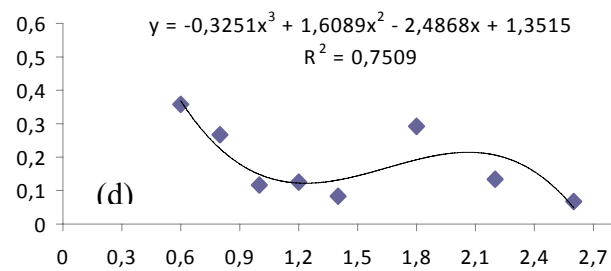
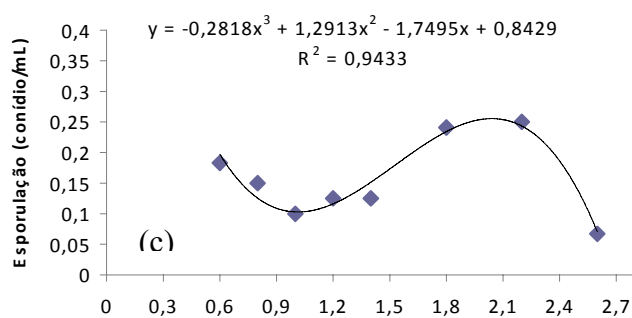
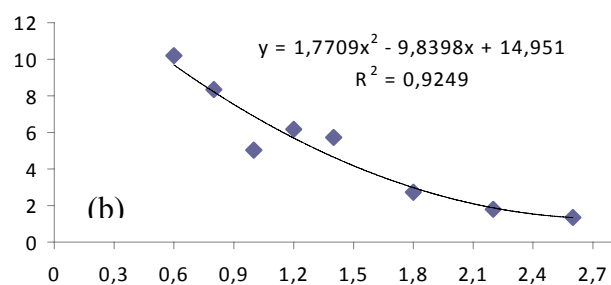
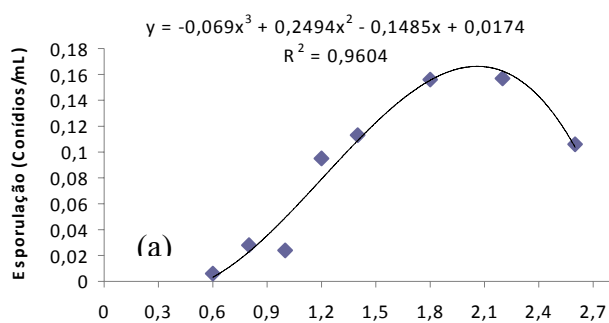


FIG 2. Efeito de diferentes doses de radiação gama sobre a esporulação de *Alternaria alternata* (a), *Cladosporium herbarum* (b), *Colletotrichum gloeosporioides* (c), *Fusarium verticillioides* (d), *Geotrichum candidum* (e) e *Lasiodiplodia theobromae* (f), após sete dias de incubação em meio de cultura batata, dextrose e ágar a temperatura de 26 ± 2 °C e 75 ± 5 % UR .

TABELA 2. Efeito de três diferentes doses de radiação gama sobre a patogenicidade de *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* e *Lasiodiplodia theobromae*, inoculadas em mamão cv. Golden e após 24 h submetidos à radiação e incubados por sete dias a temperatura de 26 ± 2 °C e 75 ± 5 % UR

Fungo	Doses (kGy)					
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8
<i>Alternaria alternata</i>	-	0	-	0	-	0
<i>Cladosporium herbarum</i>	-	0	-	0	0	-
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	0	-	-	0	0	-
<i>Fusarium verticillioides</i>	0	-	0	0	-	-
<i>Geotrichum candidum</i>	0	-	-	0	0	-
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	0	+	0	+	0	+

- Não Patogênico (ausência de lesão); + Patogênico (presença de lesão); 0 não testado.

TABELA 3. Características físico-químicas de mamão inoculados com *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* e *Lasiodiplodia theobromae* e tratados com diferentes doses de radiação gama, após sete dias de incubação a temperatura de 26 ± 2 °C e 75 ± 5 % UR

Tratamento	SST	ATT	pH	Ac. Asc.	Razão SST/ATT
Testemunha relativa	12,00 b*	0,11 ab	4,82 ab	65,23 b	109,10 a
Testemunha absoluta	12,87 a	0,12 ab	4,8 ab	74,30 a	107,25 a
T1 (<i>A. alternata</i> x 0,6 KGY)	12,68 a	0,11 ab	4,81 ab	58,10 b	115,30 a
T2 (<i>A. alternata</i> x 1,0 KGY)	11,80 b	0,10 ab	4,78 ab	64,58 b	118,00 a
T3 (<i>A. alternata</i> x 1,4 KGY)	11,84 b	0,13 a	4,75 ab	64,80 b	91,10 a
T4 (<i>C. herbarum</i> x 0,6 KGY)	12,34 b	0,12 ab	4,6 ab	55,34 b	102,80 a
T5 (<i>C. herbarum</i> x 1,0 KGY)	13,56 a	0,11 ab	4,82 ab	54,40 b	123,30 a
T6 (<i>C. herbarum</i> x 1,8 KGY)	12,18 b	0,12 ab	4,91 ab	51,70 b	101,50 a
T7 (<i>C. gloeosporioides</i> x 0,8 KGY)	13,30 b	0,12 ab	5,00 a	55,65 b	110,80 a
T8 (<i>C. gloeosporioides</i> x 1,0 KGY)	11,54 b	0,12 ab	4,91 ab	63,43 b	96,20 a
T9 (<i>C. gloeosporioides</i> x 1,8 KGY)	12,06 b	0,11 ab	4,83 ab	53,00 b	109,60 a
T10 (<i>F. verticillioides</i> x 0,8 KGY)	11,56 b	0,12 ab	5,00 a	61,60 b	96,30 a
T11 (<i>F. verticillioides</i> x 1,4 KGY)	12,06 b	0,10 ab	5,00 a	54,94 b	120,60 a
T12 (<i>F. verticillioides</i> x 1,8 KGY)	10,74 b	0,12 ab	4,38 b	31,31 c	89,50 a
T13 (<i>G. candidum</i> x 0,8 KGY)	10,80 b	0,11 ab	4,80 ab	46,46 b	98,20 a
T14 (<i>G. candidum</i> x 1,0 KGY)	11,32 b	0,10 ab	5,00 a	63,22 b	113,20 a

T15 (<i>G. candidum</i> x 1,8 KGY)	11,80 b	0,12 ab	5,25 a	58,37 b	98,30 a
T16 (<i>L. theobromae</i> x 0,8 KGY)	10,65 b	0,10 ab	5,00 a	54,40 b	106,50 a
T17 (<i>L. theobromae</i> x 1,2 KGY)	11,23 b	0,11 ab	4,95 ab	55,44 b	102,10 a
T18 (<i>L. theobromae</i> x 1,8 KGY)	10,76 b	0,09 b	4,66 ab	47,46 b	119,60 a
CV (%)	11,80	18,36	8,00	23,36	24,84

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

SST= sólidos solúveis totais (°Brix); ATT= acidez total titulável (% de ácido cítrico/100g); pH; Ac. Asc.= ácido ascórbico (% ácido cítrico/ 100g de amostra); SST/ATT= sólidos solúveis totais (°Brix) dividido por acidez total titulável (% de ácido cítrico/100g). Testemunha relativa= Testemunha inoculada e não irradiada e Testemunha absoluta= testemunha que não recebeu nenhum tratamento.

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir:

- Os fungos, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colethotrichum gloeosporioides*, *Fusarium verticillioides*, *Geotrichum candidum* e *Lasiodiplodia theobromae* foram patogênicos ao mamão;
- A incidência da podridão variou de 0 a 100 % em mamões, de acordo com a faixa de temperatura empregada;
- A severidade e incidência de podridões foram maiores em frutas incubadas à temperatura de 25 a 35 °C;
- Não ocorreram podridões quando as frutas foram incubadas a temperatura em torno de 5 a 10 °C para *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Lasiodiplodia theobromae*;
- O pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais foram significativamente influenciados pela ocorrência das podridões nas frutas de mamão;

- A radiação gama exerceu influência sobre o crescimento micelial e na patogenicidade dos fungos;
- A exceção de *Alternaria alternata*, à medida que as doses de radiação gama foram aumentando houve uma redução no número de conídios;
- As doses de radiação gama exerceram efeito significativo nos mamões inoculados e tratados, porém sem comprometer as características desejáveis para a comercialização e o consumo das frutas.