

ANA LETICIA ROCHA MONTEIRO

**ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS E MANEJO DA ANTRACNOSE EM MORANGO
COM RADIAÇÃO GAMA**

RECIFE - PE

MARÇO, 2015

ANA LETICIA ROCHA MONTEIRO

**ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS E MANEJO DA ANTRACNOSE EM MORANGO
COM RADIAÇÃO GAMA**

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

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Prof^a. Dr^a. Sônia Maria Alves de Oliveira - Orientadora
Dr^a. Severina Rodrigues Lins Oliveira - Co-orientadora

**RECIFE – PE
MARÇO, 2015**

Ficha catalográfica

M775a Monteiro, Ana Leticia Rocha
Aspectos epidemiológicos e controle da antracnose em morango com radiação gama / Ana Leticia Rocha Monteiro. – Recife, 2015.
56 f.: il.

Orientadora: Sônia Maria Alves Oliveira.
Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2015.
Inclui referências e anexo(s).

1. *Fragaria ananassa* 2. *Colletotrichum acutatum*
3. Controle alternativo I. Oliveira, Sônia Maria Alves, orientadora II. Título

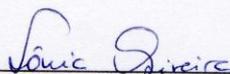
CDD 632

ANA LETICIA ROCHA MONTEIRO

**ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS E MANEJO DA ANTRACNOSE EM
MORANGO COM RADIAÇÃO GAMA**

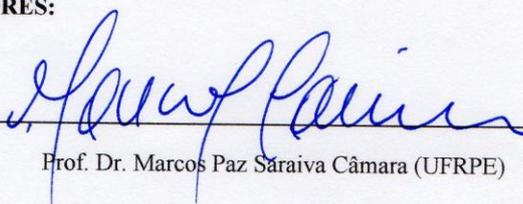
Dissertação apresentada e aprovada pela Banca Examinadora em: 24/02/2015

ORIENTADORA:



Profª Drª. Sônia Maria Alves Oliveira (UFRPE)

EXAMINADORES:



Prof. Dr. Marcos Paz Saraiva Câmara (UFRPE)



Profª Drª Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho (UFRPE)



Drª Severina Rodrigues Lins Oliveira (UFRPE)

**RECIFE-PE
MARÇO, 2015**

A utopia está lá no horizonte. Aproximo-me dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos, e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.

Fernando Birri

À memória de Mariana Corrêa, que mesmo passando por dificuldades me ensinou a ter alegria, acreditar, não desistir e não deixar se abater, pois a vida é uma dádiva de Deus. Saudades infinitas.

OFEREÇO.

Aos meus pais Lusivane e Cezar, exemplos de caráter, de amor. Á Camila e Caroline, minhas irmãs, pelos cuidados e ensinamentos desde sempre, ás minhas sobrinhas Ana Luiza e Maria Cecília que me mostraram o sentimento de plenitude, ás avós Luzia Martins e Benedita Silva e avôs Ducival Rocha e José Monteiro (In memoria), e á toda a minha família, que sempre acreditou em mim!

DEDICO.

Á Deus por cada dia!

AGRADEÇO

AGRADECIMENTOS

Á DEUS, que me guia, abençoa e não desampara, sempre segurando a minha mão;

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudo;

À minha orientadora, Professora Dr^a. Sônia Maria Alves de Oliveira, que possibilitou a realização desse trabalho, por ter me acolhido na Patologia Pós-Colheita, pela sua extrema responsabilidade com o trabalho e comigo, pelos ensinamentos diários, como exemplo profissional e pessoal, que ajudou a construir essa etapa sempre com alegria, sabedoria e respeito;

À Professora Dr^a. Antônia Alice Costa Rodrigues, da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), pelo incentivo, pelos bons conselhos e por sempre acreditar em mim;

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, que compartilharam lições e conhecimentos, em especial Dr^a. Elineide Silveira, Dr^o. Marcos Câmara, Dr^a. Rosa Mariano e Dr^o. Sami Michereff;

À Universidade Federal de Pernambuco, pela possibilidade da condução do experimento com radiação gama.

Ao meu querido Roberto Xavier (Bob), pelo carinho, convivência, amizade, por toda ajuda;

À Dr^a. Nina Lins, pela ajuda e disponibilidade e bons momentos;

Aos amigos de laboratório que são essenciais, Daniela Dambrós, pela parceria e amizade, Elizabeth Rodrigues, pelos ensinamentos e momentos de descontração, Adriana Melo, pelo apoio, alegria e amizade, Leilson Lopes, Luiz Gustavo, pelas experiências e convivência;

Aos amigos de todos os laboratórios, que sempre ajudaram e facilitaram o caminho por essa jornada, em especial Moara Bandeira, Michelle Barros, Emanuel Feitosa, Claudeana Souza, Alessandra Moraes, Matheus Silva, Luiz Henrique, Luciane Nascimento, Alain Denis, Kátia Felix;

À Darcy Martins e todos os demais funcionários e colegas da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia;

Aos professores da UEMA que foram essenciais na formação acadêmica, em especial a Professora Dr^a Josiane Marlle Guissem;

Á Vinicius Macedo, pela ajuda constante e carinho;

Aos colegas da UEMA, que mesmo de longe fazem parte desta conquista em especial Laíne Aguiar, Larissa de Paula, Fernanda Saboia, Giselle Freitas, Jessica Barros, Thamia Aranha, Daniel Corrêa, João Bruno, Joe Rosa. Aos que sempre estão comigo, Leandro Santos, Natasha Marques, Paloma Alencar e Jéssica Amorim.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO GERAL.....	ix
GENERAL ABSTRACT	x
CAPÍTULO I	1
Introdução Geral.....	2
Hospedeiro	4
Antracnose em morango pós-colheita	5
Condições ambientais favoráveis a doenças pós-colheita.....	6
Radiação gama	8
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	10
CAPÍTULO II	15
Fatores epidemiológicos e controle com radiação gama da antracnose em morango cv. ‘Camino Real’ pós-colheita.....	16
Introdução	18
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	22
Conclusões	26
Agradecimentos.....	26
Referências.....	26
CONCLUSÕES GERAIS	Erro! Indicador não definido.
ANEXO	41

RESUMO GERAL

A antracnose é uma das principais doenças pós-colheita do morango, causando diversas perdas e limitando a qualidade do fruto. Além da falta de estudos das condições climáticas que favorecem a doença, a falta de princípios ativos registrados para o manejo da doença no Brasil define a necessidade da busca de controle alternativo. Neste estudo objetivou-se estudar a influência da concentração de inóculo, temperatura e do período de molhamento, bem como, avaliar o efeito da radiação gama na severidade da antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* em morango pós-colheita, além da influência desse tratamento nos atributos físico-químicos como pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e a relação SST/AT. As concentrações de inóculo testadas foram 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 e 10^7 conídios/mL, para o período de molhamento os frutos foram submetidos a: 0, 12, 24, e 36 h de incubação, na influência da temperatura na severidade da doença os frutos foram incubados com temperatura controlada para 12, 15, 20 e 25 °C. No controle com radiação gama os frutos receberam as doses de: 0,25, 0,50, 0,75, 1,0 e 1,25 kGy em dois tempos: imediatamente e seis horas após a inoculação do fungo. A testemunha não recebeu doses de radiação gama. A severidade da doença foi significativamente influenciada pela mais alta concentração de inóculo (10^7 conídios/mL), temperatura de incubação e pelo período de molhamento dos frutos, com maiores áreas de lesão nos frutos expostos a 25 °C e 36 h. Quanto a irradiação os melhores tratamentos foram realizados imediatamente após as inoculações, com destaque para a dose de 1,25 kGy. Os tratamentos com a radiação gama não alteraram as características químicas das frutas analisadas neste estudo. Assim, estes tratamentos podem ser indicados para o tratamento pós-colheita de morango.

Palavras-chave: *Colletotrichum acutatum*, controle físico, *Fragaria ananassa*, controle alternativo.

GENERAL ABSTRACT

Anthracnose is a major post-harvest diseases of strawberry, causing various losses and limiting the quality of the fruit. Besides the lack of studies on climatic conditions that favor the disease, lack of active ingredients registered for the management of the disease in Brazil defines the need to search for alternative control. This study aimed to study the influence of inoculum concentration, temperature and leaf wetness period and to evaluate the effect of gamma radiation on the severity of anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in postharvest strawberry, and influence of this treatment on the physical attributes -chemical such as pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and TSS / TA. Inoculum concentrations tested were 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 and 10^7 spores / mL, for the fruits wet period were submitted to: 0, 12, 24, and 36 h of incubation, the influence of temperature on disease severity The fruits were incubated under controlled temperature for 12, 15, 20 and 25 ° C. In the control fruits with gamma radiation received doses: 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, and 1.25 kGy in two stages: immediate and six hours after the inoculation of the fungus. The control treatment did not receive doses of gamma radiation. Disease severity was significantly influenced by the higher concentration of inoculum (10^7 spores / ml), incubation temperature and the wetness of the fruit, with larger lesions in the fruits exposed to 25 ° C and 36 h. The irradiation the best treatments were performed immediately after inoculation, highlighting the dose of 1.25 kGy. Treatment with gamma radiation did not alter the chemical characteristics of fruits analyzed in this study. Thus, these treatments can be given for the post-harvest treatment of strawberry.

Keywords: *Colletotrichum acutatum*, physical control, *Fragaria ananassa*, alternative control.

CAPÍTULO I

Introdução Geral

ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS E MANEJO DA ANTRACNOSE EM MORANGO COM RADIAÇÃO GAMA

Introdução Geral

A cultura do morango (*Fragaria ananassa* (Duch.)) é produzida e apreciada nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie de maior expressão econômica do grupo das pequenas frutas, com uma produção mundial de 3,1 milhões de toneladas ao ano em 2005, passando em 2012 para cerca de 4,6 milhões de toneladas (OLIVEIRA et al., 2006; FAO, 2014). Mundialmente, a área cultivada com morangos no ano de 2012 foi superior a 244 mil ha, com produção de mais de 3.200 toneladas da fruta (FAOSTAT, 2014).

O morango está cada vez mais associado à dieta dos consumidores, seja para a prevenção de doenças ou para melhorar a qualidade de vida. A aquisição do morango pelos consumidores dá-se a partir de critérios de qualidade, como cor, forma e peso, além do odor e do próprio frescor do produto. Diferente de outras frutas, na maioria das vezes, há identificação da variedade comercializada. Isso implica em diferenças na qualidade sensorial, o que confunde o consumidor na hora da escolha (FACHINELLO et al., 2003).

Nos últimos anos houve um avanço na produção agrônômica brasileira, pois esta cresceu em números absolutos. Contudo, este crescimento no mercado interno não se refletiu da mesma forma para o mercado externo, pois as exportações brasileiras ainda são “tímidas” frente ao possível potencial exportador. (BORGES, 2013).

No Brasil os pequenos agricultores familiares são os principais responsáveis pela produção de morango para consumo in natura (BORTOLOZZO et al., 2007).

As regiões Sul e Sudeste, se destacam na produção brasileira de morango sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor. O morangueiro é caracterizado pelo elevado contingente de mão-de-obra, apresentando substancial importância social e econômica, sendo geradora de emprego e renda, principalmente para comunidades de agricultores familiares (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2007).

Sob o ponto de vista socioeconômico, o cultivo do morango tem grande importância para muitas regiões e seu consumo cresce a cada ano, favorecendo o contingente de mão de obra familiar e rural durante o processo de colheita, beneficiamento e embalagem (CASTELLANE, 1993). Por ser uma cultura considerada de alta rentabilidade ajuda na melhoria de renda dos trabalhadores que são absorvidos por demanda de trabalho em quase todo período do ano (RESENDE et al., 1999).

As principais cultivares utilizadas no Brasil provêm dos programas de melhoramento genético da Universidade da Califórnia (Aromas, Camarosa, Camino Real, Diamante, OsoGrande, Ventana, Albion, San Andreas, Monterey e Portola) e da Universidade da Flórida (Dover, Sweet Charlie e Florida Festival) (OLIVEIRA; SCIVITTARO; CASTRO, 2007).

A cultivar Camino Real é recente no mercado brasileiro, tendo sido desenvolvida na Universidade da Califórnia. Esta cultivar apresenta alta capacidade de produção. Trata-se de uma cultivar de dias curtos, com plantas relativamente pequenas, compactas e eretas. Os frutos são de sabor agradável, grandes, firmes, com epiderme e polpa vermelha-escura, sendo recomendados para o mercado de frutas frescas e industrialização. Contudo, esta cultivar é suscetível ao oídio, relativamente resistente à antracnose e resistente à verticilose e às podridões do colo e do rizoma. (SHAW; LARSON, 2007).

A cultura do morango é suscetível ao ataque de várias doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus, tornando a produção mais difícil e onerosa pela necessidade de medidas de manejo das doenças (HENZ et al., 2008). O morango é considerado uma das frutas mais sensíveis ao apodrecimento. Os responsáveis por essa rápida deterioração são os fungos dos gêneros *Botrytis* (P. Micheli), *Colletotrichum* (Corda), *Penicillium* (Link), *Phomopsis* (Sacc. & Roum.) e *Rhizopus* (Ehrenb.) (FORTES, 2005).

Em razão a essa sensibilidade às doenças, o uso de agrotóxicos é muito intenso. Além disso, o uso de ingredientes ativos não autorizados nesta cultura são frequentes. Por estas razões, a presença de resíduos acima dos limites máximos aceitáveis, além de resíduos de pesticidas não autorizados, é comum para esta cultura no Brasil (GUEDES et al., 2014).

Apesar de suas excelentes características sensoriais, o morango é uma infrutescência altamente perecível que apresenta alta taxa metabólica e limitada vida pós-colheita, em virtude dos altos teores de umidade, açúcares e ácidos. Essas características fazem com que o morango seja o substrato ideal para fitopatógenos que causam consideráveis danos durante o amadurecimento, transporte pós-colheita e armazenamento à temperatura ambiente (SIQUEIRA et al., 2009).

Além da deterioração pela atividade metabólica, a grande susceptibilidade à lesão mecânica reduz de forma considerável sua vida útil pós-colheita, acarretando perdas nutricionais consideráveis, bem como sensoriais e econômicas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Prasanna, Prabha e Tharanathan (2007), o morango é altamente perecível, devido à elevada suscetibilidade ao ataque de fungos, que limitam a comercialização. Para uma comercialização bem sucedida é necessário aumentar a vida de prateleira, testando e adaptando técnicas na conservação, embalagem e transporte (CASALI, 2004).

As perdas pós-colheita podem alcançar altos valores dependendo da cultivar, do método de colheita, e das condições de armazenamento, entre outros. Doenças pós-colheita são as grandes responsáveis por perdas de produção no Brasil, causando grandes prejuízos, visto que afetam o produto comercial (DIAS; CANUTO, 2005).

Devido à presença de doenças serem um dos principais fatos que comprometem a produção, busca-se a adoção de manejo adequado para proporcionar a sustentabilidade da cultura, estabelecendo medidas de manejo com o mínimo de impacto ao meio ambiente (COSTA; VENTURA, 2006).

Hospedeiro

O morangueiro é uma planta herbácea, rasteira e perene, pertencente à Família das Rosáceas e ao gênero *Fragaria*, sendo uma infrutescência de grande aceitação comercial por sua aparência, aroma, sabor atrativo, e versatilidade para os diversos tipos de uso e consumo, atendendo a demanda por frutos de mesa e para a indústria (HENRIQUE; CEREDA, 1999; PAGOT; HOFMANN, 2003; RONQUE, 1998).

Fragaria ananassa apresenta padrão de respiração não climatérico e por isso deve ser colhido em plena maturidade para alcançar a máxima qualidade em termos de aparência, textura, sabor e valor nutricional (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O ponto de colheita deve ser cuidadosamente observado, pois, frutos quando colhidos ainda verdes, não amadurecem posteriormente, portanto o maior indicador de qualidade do fruto é a coloração (AMARO, 2002).

A aparência de um fruto é o primeiro atributo de qualidade avaliado pelo consumidor no momento da aquisição e sensibiliza a visão do consumidor. A cor, o tamanho, a forma, a turgescência e a ausência de defeitos externos são os critérios que o consumidor utiliza para decidir sobre a compra do produto (SILVA; DIAS; AMARO, 2010).

Além da aparência, o sabor do morango é um relevante indicador de qualidade, sendo condicionado, em parte, pelo balanço açúcar/acidez do fruto, decorrente de processos de biossínteses ou de degradação dos polissacarídeos existentes nos frutos. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental no sabor, sendo também indicadores do estágio de maturação (SILVA, 2007).

A parte comestível é um receptáculo carnoso e suculento, de coloração vermelha formando o pseudo-fruto. Os frutos verdadeiros são os aquênios, estruturas diminutas, que contêm as sementes aderidas ao receptáculo (SILVA; DIAS; AMARO, 2007).

O morango, como alimento, possui 92,8% de água, 2,3% de fibras e 39 calorias em 100 gramas de frutas, vitaminas B1, B2 e B5 e C, além de outros elementos, como potássio, cálcio, sódio, ferro e fósforo (LUENGO et al., 2000).

Antracnose em morango pós-colheita

A antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* (J.H. Simmonds), também conhecida como flor-preta, é considerada uma das principais doenças do morangueiro. As perdas ocasionadas variam entre 30 e 68 %. No entanto, a destruição total da lavoura pode ocorrer se as condições climáticas forem favoráveis ao fungo (HENZ; BOITEUX; LOPES, 1992). Esta doença foi descrita pela primeira vez na Austrália por Simmonds (1965). No Brasil, apesar de haver relatos sobre a ocorrência da “flor-preta”, o agente causal foi corretamente identificado somente em 1992 por Henz (DIAS, 1993).

Os sintomas nos frutos são representados por lesões arredondadas, ligeiramente deprimidas, de cor castanha a marrom-escura e consistência firme, e sob condições de alta umidade podem ser observadas massas rosadas do patógeno (TANAKA; BETTI; KIMATI, 2005). Os frutos infectados, quando novos, apresentam uma podridão seca e escurecem, tornando-se mumificados. Frutos bem desenvolvidos quando apresentam uma podridão marrom, geralmente deprimida, podem apodrecer totalmente quando maduros (REIS; COSTA, 2011).

A sobrevivência do fungo ocorre nos restos culturais que servem como fonte de inóculo para os cultivos posteriores (DIAS-ARIEIRA et al., 2010).

Os sintomas da antracnose em morango são associados a três espécies de *Colletotrichum*: *C. fragariae* (A.N. Brooks), *C. gloeosporioides* ((Penz.) Penz. & Sacc.) e *C. acutatum* (FREEMAN; KATAN; SHABI, 1998). *C. gloeosporioides* e *C. fragariae* geralmente causam lesões em pecíolos e estolões, e podridão na coroa, mas ocasionalmente causam podridões nos frutos. *C. acutatum* (complexo de espécies) é o principal responsável por podridões em frutos, no entanto, também pode causar lesões em pecíolos e coroas (PERES et al., 2005).

O fungo *C. acutatum*, tem a fase teleomórfica em *Glomerella acutata* (Guerber & J.C. Correll), ainda não encontrada na natureza, foi descrito originalmente como uma estirpe virulenta de *Colletotrichum gloeosporioides* (FAGAN, 1979).

O *C. acutatum* pode ser diferenciado das espécies *C. fragariae* e *C. gloeosporioides*, que também causam doenças em morangueiro, pela morfologia dos conídios. Essas duas espécies de *Colletotrichum* possuem conídios cilíndricos com extremidades arredondadas

(DENOYES; BRAUDY, 1995). Os conídios de *C. acutatum* apresentam, em sua maioria, uma das extremidades fusiforme e a outra arredondada e são menores que os conídios de *C. gloeosporioides*. Este patógeno raramente produz setas e forma apressórios clavados (GOES; KIMATI, 1997). Esse fungo produz acérvulos, onde se desenvolvem conídios e conidióforos, podendo ou não apresentar setas escuras asseptadas (52 x 3,2µm). Os conídios são unicelulares, hialinos e com formato elipsóide-fusiforme (15 x 4µm), ou seja, extremidades afuniladas. Em meio de cultura Batata-Dextrose-Agar (BDA), o fungo apresenta coloração rosa-alaranjada (GUNNELL; GUBLE, 1992).

O complexo da espécie *C. acutatum* é hoje conhecido como especialmente destrutivo em frutas como morango, citros, maçã, oliva, cranberry e blueberry (WHARTON; SCHILDER 2008).

Aos poucos, as espécies separadas foram reconhecidas ou aceitas como parte do complexo de espécies *C. acutatum*, por exemplo *C. Lupini* e *C. phormii*, *C. simmondsii* e *C. fioriniae* (anteriormente *C. acutatum* f. sp. *fioriniae*). Recentemente, uma nova espécie foi descrita, *C. clavatum* (FAEDDA et al. 2011).

Uma vez iniciada a doença, o inóculo secundário é responsável pela infecção de flores e frutos, principalmente via água de chuva ou de irrigação, podendo ocasionar prejuízos significativos (KOSOKI et al., 2001).

A antracnose é favorecida por temperaturas em torno de 25 a 30 °C e alta umidade. Dias consecutivos de chuva ou irrigação incorreta são favoráveis ao seu aparecimento e disseminação (DIAS, 2007) .

Em relação ao controle, o emprego de cultivares resistente ainda é limitado, visto que a maioria dos genótipos cultivados é suscetível. Não existem fungicidas que possam ser oficialmente recomendados para o controle da flor-preta, sendo os produtos registrados para antracnose do morangueiro causada por *C. fragariae* e de baixa eficiência contra *C. acutatum* (DIAS-ARIEIRA, 2010).

O método mais utilizado no controle das doenças do morangueiro tem sido o químico, seja para o complexo da antracnose ou para as demais doenças da cultura. Além disso, não obstante a larga utilização de fungicidas verifica-se que a maioria dos produtos utilizados mostraram-se pouco eficientes no controle da flor-preta em campo, são aplicados de maneira inadequada, e nenhum produto encontra-se registrado para o morango no Brasil (KOSOSKI et al., 2001).

Condições ambientais favoráveis a doenças pós-colheita

Os fatores do ambiente podem determinar o grau de predisposição do hospedeiro influenciando o estabelecimento da doença numa cultura, podendo também ter efeito direto ou indireto sobre o patógeno, favorecendo ou desfavorecendo sua sobrevivência e desenvolvimento tanto no hospedeiro quanto fora dele, ou seja, a interação patógeno-hospedeiro pode sofrer ação das condições ambientais, as quais podem determinar maior ou menor grau da severidade da doença (BEDENDO; AMORIM, 2011).

As infecções ativas ocorrem quando os frutos já iniciaram ou completaram o processo de maturação, progredindo na medida em que as condições ambientais favorecem o crescimento do patógeno (DANTAS et al., 2003).

Os fatores do ambiente determinam a distribuição geográfica, a incidência e severidade da doença, sendo em muitos casos específicos para cada patossistema (AGRIOS, 2005).

Um dos fatores preponderantes no processo infeccioso é a quantidade de inóculo, cujo aumento na concentração geralmente é proporcional ao aumento do nível ou da taxa de infecção, embora existam fungos causadores de podridões pós-colheita que mesmo em baixa concentração de inóculo atingem o nível máximo de doença (SILVEIRA et al., 2001). A falta de padronização da concentração das suspensões de inóculo tem sido apontada como a principal causa da alta variabilidade de dados obtida em experimentos realizados sob condições de ambiente controlado (OLIVEIRA et al., 2014).

A temperatura é uma das principais variáveis climáticas responsáveis pela infecção e posterior colonização de patógenos (DIAS et al., 2005). Além de ser 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 (ADASKAVEG; FORSTER; SOMMER, 2002).

Estudos diversos têm relacionado além do efeito da temperatura, o período de molhamento sobre o desenvolvimento de doenças fúngicas (LIMA FILHO, 2003).

O período de molhamento foliar na forma de orvalho, chuva ou água de irrigação tem grande importância na relação patógeno-hospedeiro sendo um fator crítico no progresso de epidemia. É sabido que a maioria dos fungos necessita de água livre sobre as plantas para germinação dos esporos e para infecção dos tecidos (TSUKAHARA; HIKISHIMA; CANTERI, 2008).

Com isso, estudos epidemiológicos objetivam maior conhecimento do patossistema tornam-se necessários para que táticas e estratégias de controle sejam tomadas de maneira eficiente, econômica e sustentável (WAGGONER; AYLOR, 2000).

Radiação gama

Aplicação de radiação ionizante como tratamento de alimentos em escala industrial foi iniciado no início da década de 1980, após o comitê FAO/IAEA/OMS aceitarem que esse tratamento é um método seguro para a preservação de alimentos (WHO, 1999).

A segurança dos alimentos irradiados tem sido conclusivamente demonstrada e avaliada por especialistas internacionais e aceita em consenso, pela junta FAO/IAEA/WHO Codex Alimentarius Commission. No Brasil a Anvisa aceita o Regulamento Técnico para radiação de alimentos (BENATO; CIA; CAMILI, 2006).

A radiação ionizante é um método para preservação de alimentos que utiliza raios gama de alta energia ou elétrons acelerados (ANDREWS et al., 1998).

A radiação 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).

O tratamento de radiação de alimentos não causa prejuízos ao alimento no que diz respeito à formação de novos compostos químicos que poderiam transmitir doenças ao ser humano, quando da sua ingestão (MILAGRES et al., 2012).

A radiação é uma alternativa de controle, tendo como principal interesse a redução ou retardo dos danos causados por doenças, atuando como fungicida ou inseticida. Contudo, é também utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo retardo do amadurecimento e do brotamento de alguns produtos, mesmo seu efeito sendo apenas momentâneo, não tendo poder residual (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

No processo de radiação apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer contaminação radioativa. As doses de radiação são quantificadas em termo de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de um gray (Gy) corresponde à absorção de um joule por quilograma. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 e 7,0 kGy. (VIEITES, 1998).

O comitê misto de especialistas da FAO/IAEA/WHO em estudo sobre a integridade dos alimentos irradiados, determinou que os alimentos submetidos à dose média de 10 kGy de radiação não apresentam risco toxicológico e não introduz qualquer problema nutricional e microbiológico aos humanos (WHO, 1981).

Recentemente, a radiação de alimentos ganhou mais atenção, aparecendo como uma possível solução para aumentar a vida de prateleira de frutas e vegetais frescos que são livres de micro-organismos patogênicos sem modificar fortemente seus atributos sensoriais (FAO / IAEA, 2012).

A radiação já foi recomendada pela associação internacional de energia atômica, na dose de até 3kGy de radiação gama associada à baixa temperatura de armazenamento (1-5 ° C) para prolongar a vida de prateleira e para retardar o crescimento de mofo cinzento (*Botrytis cinérea* (Pers)) e *Rhizopus* em morangos e produtos frescos (IAEA, 1994). Porém, na literatura ainda não é relatado doses de radiação eficientes no manejo da antracnose em morango pós-colheita.

Diante dos prejuízos causados pelo fungo *C. acutatum* em morango e da importância dessa doença, esta dissertação foi realizada objetivando-se estudar a influência da concentração de inóculo, temperatura e do período de molhamento, bem como, avaliar o efeito da radiação gama na severidade da antracnose em morango pós-colheita, assim como avaliar atributos físico-químicos das frutas submetidas ao tratamento com radiação.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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.) **Post harvest technology of crops**. 3 ed. California: University of California Agriculture and Natural, 2002. p. 163-193.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5 ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.
- AMARO, M. C. C. **A cadeia produtiva agro-industrial do morango nos municípios de Pelotas, Turuçu e São Lourenço**. 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- ANDREWS, L. S.; AHMEDNA, M.; GRODNER, R. M.; LIUZZO, J. A.; MURANO, P. S.; MURANO, E. A.; RAO, R. M.; SHANE, S.; WILSON, P. W. Food preservation using ionizing radiation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 154, n. 1, p.1–53, 1998.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Produção de morangos. **Jornal da Fruta**, Lages, v. 15, n. 191, p. 22-24, 2007.
- BEDENDO, I. P.; AMORIM, L. Ambiente e doença. In: AMORIM, L.; RESENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A (Ed.). **Manual de fitopatologia**, Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, 4. ed. p. 133-147.
- BENATO, E. A.; CIA, P.; CAMILI, E. C. Controle físico. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAIO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 171 – 190.
- BORGES, B. R. S. **Estudo de caso: o morango (*Fragaria x ananassa* Duch) na venda e comercialização dentro do programa de aquisição de alimentos (PAA)**. 2013. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Gestão do Agronegócio) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- BORTOLOZZO, A. R.; SANUEZA, R. M. V.; MELO, G. W. B.; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. M.; BRAGHNI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007, 5 p. (Circular técnica 62).
- CASALI, M. E. **Atraso no resfriamento e modificação de atmosfera para morangos**. 2004,73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- CASTELLANE, P. D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1993, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 261-279.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed, Lavras: ESAL, 2005. 783 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

- COSTA, H.; VENTURA, J. A. Doenças do morangueiro: diagnóstico e manejo. In: BALBINO, J. M. de S. **Tecnologias para produção colheita e pós-colheita de morangueiro**. Vitória: INCAPER, 2006, p. 39-56.
- DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A.; MICHEREFF, NASCIMENTO, L. C.; GURGEL, L. M. S.; PESSOA, W. R. L. S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 528-533, 2003.
- DENOYES, B.; BAUDRY, A. Species identification and pathogenicity of French *Colletotrichum* strains isolated from strawberry using morphological and cultural characteristics. **Plant Disease**, Saint Paul, v 85, n. 1, p. 53-57, 1995.
- DIAS, M. D.; POZZA, E. A.; ABREU, M. S.; OROSCO-MIRANDA, E. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de conídios de *Colletotrichum* spp. isolados de *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 545-552, 2005.
- DIAS, M. S. C. COSTA, H.; CANUTO, R. S. Manejo de doenças do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 108, 2007.
- DIAS, M. S. C.; CANUTO, R. S.; SANTOS, L. O.; MARTINS, R. N. Doenças pós-colheita de frutas: Doenças domorango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 228, 2005.
- DIAS, M. S. C. **Variações patogênicas, morfológicas e culturais entre *Colletotrichum acutatum* Simmonds e *Colletotrichum fragariae* Brooks causadores de antracnose em morangueiro (*Fragaria* sp.)**. 1993. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1993.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERREIRA, L. R.; ARIEIRA, J. O.; MIGUEL, E. G.; DONEGA, M. A.; RIBEIRO, R. C. F. Atividade do óleo de *Eucalyptus citriodora* e *Azadirachta indica* no controle de *Colletotrichum acutatum* em morangueiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 228-232, 2010.
- FACHINELLO, J. C.; COUTINHO, E. F.; MARODIN, G. A. B.; BOTTON, M.; MIO, L. L. M. (Ed.). **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de pêssego**. Pelotas: UFPel/FAEM, 2003. 92 p.
- FAGAN, H.J. Post bloom fruit drop: a new disease of citrus associated with a form of *Colletotrichum gloeosporioides*. **Annals of Applied Biology**, London, v. 91, n. 1, p. 13- 20, 1979.
- FAO/IAEA. **Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency**. Food irradiation: A better way to kill microbes associated with food borne illness. 2012. Disponível em <<http://www.naweb.iaea.org/nafa/news/foodirradiation.html>>. Acesso em: 23 jan. 2015.
- FAOSTAT. Área colhida, produção, rendimento e produção mundial e no Brasil. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- FOOD IRRADIATION. **A Guide book**: Agricultural service division. 2o ed.. Rome: FAO. Technimic Publishing. 1996. 232 p.

- FORTES, J. F. **Sistema de produção do morango: doenças do morangueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap06.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2015.
- FREEMAN, S., KATAN, T.; SHABI, E. Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of various fruits. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, n. 1, p. 596-605. 1998.
- GOES, A.; KIMATI, H. Caracterização morfológica de isolados de *Colletotrichum acutatum* e *C. gloeosporioides* associados à queda prematura dos frutos cítricos. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 4-9, 1997.
- GUEDES, T. J.; HELENO, F. F.; AMARAL, M. O.; PINTO, N. A. V. D.; QUEIROZ, M. E. L. R.; SILVA, D. F.; SILVA, A. A. A simple and efficient method employing solid-liquid extraction with low-temperature partitioning for the determination/monitoring of pesticide residues in strawberries by GC/ECD. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 25, n. 8, p. 1520-1527, 2014.
- GUNNELL, P. S.; GUBLE, W. D. Taxonomy and morphology of *Colletotrichum* species pathogenic to strawberry. **Mycologia**, New York, v. 84, n. 1, p. 157-165, 1992.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv. IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, 1999.
- HENZ, G. P. **Incidência de doenças de pós-colheita em frutos de morango produzidos no Distrito Federal**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 13 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 45).
- HENZ, G. P.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A. Outbreak of strawberry anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in central Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 76, n. 1, p. 212, 1992.
- IAEA. **Irradiation of strawberries**. A compilation of technical data for its authorization and control. Viena: FAO/IAEA/WHOIAEA- TECDOC. 1994. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/26/037/26037019.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.
- KOSOKI, R. M.; FURLANETTO, C.; TOMITA, C. K.; CAFÉ FILHO, A. C. Efeito de fungicidas em *Colletotrichum acutatum* e controle da antracnose do morangueiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v 26, n. 3, p. 662 – 666, 2001.
- LIMA FILHO R. M. **Caracterização isoenzimática, inoculações cruzadas de *Colletotrichum* e influência da temperatura no desenvolvimento da antracnose em maracujá**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.
- LUENGO, R. de C.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabelas de composição nutricional das hortaliças**, Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000, 4 p. (Documento 26).
- MILAGRES, R. C. R. M.; POLES, L. F.; PIEDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SPOTO, M. H. F.; WALDER, J. M. M. Aplicação da radiação gama associada a diferentes

temperaturas para conservação de pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) *in natura*. **Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 223-233, 2012.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W. B.; WREGE, M. S.; UENO, B.; CASTRO, L. A. S. de. **Otimização da produção nacional de mudas de morangueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, 28 p. (Documentos, 162).

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; CASTRO, L. A. S. **Novas cultivares de morangueiro para a região de Pelotas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007, 23 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 70).

OLIVEIRA, T. A. S. Fatores epidemiológicos de *Phytophthora palmivora* afetando a severidade da podridão-dos-frutos do mamoeiro na pós-colheita **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 3, p. 256-263, 2014.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. **Produção de pequenas frutas no Brasil**, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003, 64 p. (Documentos 37).

PERES, N. A.; TIMMER, L. W.; ADASKAVEG, J. E.; CORRELL, J. C. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, n. 8, p. 784-796, 2005.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena – An overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 47, n. 01, p. 01-19, 2007.

REIS, A.; COSTA, H. **Principais doenças do morangueiro no Brasil e seu controle**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 9 p. (Circular Técnica, 96).

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização de morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 5-19, 1999.

RONQUE, E. R. V. (Ed) **A cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: EMATER-Paraná, 1998, v.1, 206 p.

SHAW, D.; LARSON, K. The Camino Real strawberry cultivar. 2007. Disponível em: <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/strawberry/Website_Camino_Real_description_final2.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2015.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

SILVA, P. A. **Manutenção da qualidade de morangos submetidos ao 1-mcp e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada**. 2010, 152 f. Tese (Doutorado em Agroquímica/Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SILVA, P. A. **Qualidade de morangos cultivados na região de Lavras, MG, armazenados em temperatura ambiente**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SILVEIRA, N.S.; MARIANO, R. L. R.; MICHEREFF, S. J.; MAIA, L. C.; OLIVEIRA, S. M. A. Hongos fitopatogênicos associados a frutos comercializados em Recife, Pernambuco (Brasil). **Boletín Micológico**, Valparaíso, v.16, n. 1, p. 41-47, 2001.

SIQUEIRA, H.H.; BOAS, B. M. V; SILVA, J. D.; NUNES, E. E.; LIMA, L. C. O.; SANTANA, M. T. A. Armazenamento de morango sob atmosfera modificada e refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 1712 – 1715, 2009.

TSUKAHARA, R. Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 47- 52, 2008.

VIEITES, R. L. **Conservação pós-colheita de tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente.** 198.131 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1998.

WAGGONER, P. E.; AYLOR, D. E. Epidemiology: a science of patterns. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 38, n. 1, p. 71-94, 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Wholesomeness of irradiated food:** report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Geneva: World Health Organization Technical Report Series 659, 1981, 36 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy.** Geneva, 1999. 203p. Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42203/1/WHO_TRS_890_%28part1%29.pdf?ua=1. Acesso em: 20 jan. 2015.

CAPÍTULO II

Fatores epidemiológicos e manejo com radiação gama da antracnose em morango

1 **Fatores epidemiológicos e controle com radiação gama da antracnose do morango em pós-**
2 **colheita**

3 Ana Leticia Rocha Monteiro⁽¹⁾, Severina Rodrigues Lins Oliveira⁽²⁾, Elizabeth Rodrigues

4 Alexandre⁽²⁾, Daniela Dambros⁽²⁾, Adriana Pereira de Melo⁽²⁾, Sônia Maria Alves de Oliveira⁽²⁾

5 ⁽¹⁾Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Fitopatologia, Campus Universitário
6 s/n, 36570 000 Viçosa-MG Brasil. E-mail: ana.l.monteiro@ufv.br

7 ⁽²⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia, Laboratório
8 de Patologia Pós-Colheita, Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/no, Dois Irmãos, CEP 52171-900
9 Recife, PE, Brasil. E-mail: linsnina@hotmail.com; beth.agrofito@hotmail.com;
10 dani_dambros@hotmail.com; adrifito@yahoo.com.br; oliveirasonia55@yahoo.com.br

11

12 Resumo - Objetivou-se com esta pesquisa avaliar aspectos epidemiológicos e os efeitos da radiação
13 gama sobre a antracnose em morango cv. 'Camino Real. Foram testadas duas concentrações de
14 inoculo (10^2 a 10^7 conídios/mL), em cinco períodos de molhamento (0, 12, 24, 36 e 48 h de
15 molhamento das frutas inoculadas) e quatro temperaturas (12, 15, 20 e 25 °C de incubação).
16 Avaliou-se, ainda, o potencial da radiação gama para o controle, os frutos receberam as doses de:
17 0,25, 0,50, 0,75, 1,0 e 1,25 kGy em dois tempos: imediatamente a inoculação e seis horas antes.
18 Decorrido cinco dias, avaliou-se as características físico-química pH, acidez titulável e sólidos
19 solúveis totais. A testemunha constou de frutas inoculadas e não irradiadas. O tamanho da lesão da
20 doença foi significativamente influenciado pela mais alta concentração de inóculo (10^7
21 conídios/mL), temperatura de incubação e pelo período de molhamento dos frutos, com maiores
22 áreas de lesão nos frutos expostos a 25 °C e 36 h. Os tratamentos testados imediatamente após a
23 inoculação foram significativos. A dose 1,25 kGy de radiação gama reduziu o tamanho da lesão da

24 doença. O tratamento com radiação gama não influenciou as características físico-químicas das
25 frutas, podendo este método de controle ser utilizado para o manejo desta doença.

26 Termos para indexação: *Colletotrichum acutatum*, controle físico, *Fragaria ananassa*,
27 epidemiologia

28

29 Epidemiology and control with gamma radiation of anthracnose in strawberry .

30

31 Abstract - The objective of this research was to evaluate epidemiological aspects and the effects of
32 gamma radiation on the anthracnose in strawberry cv. 'Camino Real. We tested two inoculum
33 concentrations (10²-10⁷ conidia / ml) on five wetting periods (0, 12, 24, 36 and 48 h of wetting of
34 inoculated fruit) and four different temperatures (12, 15, 20 and 25 ° C incubation). It was evaluated
35 also the potential of gamma radiation to control the fruits received doses: 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 and
36 1.25 kGy in two stages: immediate inoculation and six hours in advance. After five days, we
37 evaluated the physical and chemical characteristics pH, titratable acidity and total soluble solids.
38 The witness consisted of fruit inoculated and non-irradiated. The size of the lesion of the disease
39 was significantly influenced by the higher inoculum concentration (10⁷ spores / ml), incubation
40 temperature and the wetness of the fruit, with larger areas of damage in fruit exposed to 25 ° C and
41 36 h. The treatments tested immediately after inoculation were significant. The 1.25 kGy dose of
42 gamma radiation reduced the size of lesions of the disease. The treatment with gamma radiation
43 does not influence the physicochemical characteristics of the fruit, this method can be used to
44 control the management of this disease.

45 Index Terms: *Colletotrichum acutatum*, physical control, *Fragaria ananassa*, epidemiological
46 factors

47

Introdução

48 O morango, *Fragaria ananassa* Duch, pertencente à família das Rosáceas, e é originário de
49 cruzamento natural de espécies proveniente da América do Norte e do Chile, sendo introduzido no
50 Brasil em 1950 e desde então amplamente distribuído em todas as regiões do País (Rios, 2007;
51 Gomes, 2013).

52 O consumo do morango é justificado por ser uma das frutas vermelhas mais populares no
53 mundo, devido sua riqueza excepcional de nutrientes, benefícios a saúde, e sabor delicioso (Liu &
54 Lin, 2013). Porém, os frutos são altamente perecíveis, particularmente durante o curto período de
55 vida útil, e são muito suscetíveis ao dano mecânico, perdas fisiológicas e doenças (Romanazzi et al.,
56 2013). O principal mercado do morango é destinado ao consumo in natura. Assim, as doenças que
57 ocorrem em pós-colheita são extremamente importantes, pois afetam diretamente a comercialização
58 (Tanaka et al., 2005)

59 Uma das principais doenças do morango é a antracnose, que causa perdas severas na cultura.
60 *Colletotrichum acutatum* é o principal responsável por podridões em frutos (Peres et al., 2005).

61 O aparecimento e o desenvolvimento de uma doença são resultantes da interação entre uma
62 planta suscetível, um patógeno agressivo e um ambiente favorável. Dentre esses fatores o ambiente
63 é o que mais influência uma epidemia, podendo, inclusive, impedir sua ocorrência mesmo na
64 presença de agentes patogênicos e hospedeiros suscetíveis (De Wolf & Isard, 2007). O
65 conhecimento da epidemiologia do patógeno se faz necessário para o desenvolvimento de
66 estratégias eficazes de controle (Pessoa et al., 2007). São escassos estudos sobre o desenvolvimento
67 da antracnose em morango pós-colheita relacionando os fatores ambientais (temperatura e umidade)
68 com a concentração de inóculo do patógeno e a severidade da doença.

69 O controle da antracnose é difícil, visto que existem poucas variedades resistentes e o
70 patógeno possui uma grande variabilidade, e o uso de fungicidas não tem oferecido controle

71 satisfatório. O benomyl foi utilizado intensamente pelos produtores de morango, porém *C. acutatum*
72 e *C. fragariae*, com o tempo mostraram ser insensíveis ao benomyl e alguns outros fungicidas
73 benzimidazóis em ensaios *in vitro* (Wedge, 2007).

74 Uma alternativa ao controle químico na pós-colheita de frutas é a utilização da radiação
75 gama. A qual utiliza como a fonte de energia o isótopo Cobalto ⁶⁰ (Co⁶⁰), fabricado a partir da alta
76 purificação do Co⁵⁹, que está disponível em grandes quantidades na natureza, com custo aceitável.
77 Os raios gama têm adequado poder de penetração no tratamento de alimentos. Diante desse fato, a
78 radiação gama tornou-se uma das mais utilizadas na indústria alimentícia (Stefanova et al., 2010;
79 Tezotto-Uliana et al., 2015). A radiação gama já vem sendo utilizada em controle pós-colheita, para
80 culturas como amendoim, mamão, manga, milho, pêra, entre outras (Cia et al., 2007; Ferreira-
81 Castro et al., 2007; Geweely & Nawart, 2007; Santos et al, 2010; Costa et al., 2013). A luz deste
82 contexto, e considerando que, até o momento, não foi encontrado nenhum registro de composto
83 ativo para controle da antracnose em morango na fase de pós-colheita no Brasil, objetivou-se, com
84 esta pesquisa, avaliar aspectos epidemiológicos e efeitos de radiação gama no manejo da antracnose
85 em morango, na pós-colheita.

86

Material e Métodos

87 Os experimentos foram realizados no Laboratório de Patologia Pós-Colheita, da
88 Universidade Federal Rural de Pernambuco 08°00'59"S, 034°56'40"W, e no Laboratório GamaLab,
89 da Universidade Federal de Pernambuco 8°3'25"S 34°57'16"W, Recife, PE, de setembro a
90 dezembro de 2014.

91 Na primeira fase deste estudo, foram diagnosticadas as doenças na fase de pós-colheita do
92 morango, infectado naturalmente, com sintomas característicos de antracnose, adquiridos em
93 Pernambuco. As frutas foram armazenadas a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) até o
94 desenvolvimento de lesões típicas de antracnose. Em seguida realizaram-se isolamentos dos fungos.

95 Os isolados obtidos foram inoculados em frutas sadias para reprodução dos sintomas e,
96 posteriormente, reisolados completando os postulados de Koch. Com base nas características
97 morfológicas das estruturas formadas e aspectos culturais das colônias, foram identificados isolados
98 de *C. acutatum*. Os isolados foram preservados em tubos de ensaio contendo o meio de cultivo
99 BDA (batata- dextrose-ágar). Previamente, foi realizado um ensaio para seleção do isolado mais
100 agressivo, dentre os seis coletados, para uso nos ensaios posteriores.

101 Os morangos da cultivar 'Camino Real, utilizados nesse estudo foram obtidos de área sem
102 histórico de uso de fungicidas e apresentavam estágio de maturação correspondente a 50% da
103 superfície recoberta pela coloração vermelha provenientes do município Brejo da Madre de Deus
104 (8°10'22,6812"S 36°23'24,8964"W), Pernambuco-Brasil.

105 No teste de influência da concentração de inóculo sobre o tamanho da lesão da antracnose
106 em morango, os frutos foram lavados em água corrente e sabão e desinfestados com hipoclorito de
107 sódio a 1%, durante três minutos, e inoculados com ferimento, obtidos por meio de um furador com
108 oito furos de 3 mm de profundidade, na região equatorial, com as suspensões de conídios do isolado
109 mais agressivo determinado previamente em ensaio anterior, nas concentrações de 10^2 , 10^3 , 10^4 ,
110 10^5 , 10^6 e 10^7 conídios/mL. Após as inoculações, os frutos foram mantidos em câmara úmida por 48
111 horas, em temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $\pm 90\%$. O tamanho da lesão da doença em
112 todas as análises foi realizada através da medição da lesão em dois sentidos opostos com auxílio de
113 paquímetro digital, estabelecendo-se a média de lesão. O delineamento experimental foi
114 inteiramente casualizado com seis concentrações de inóculo, e a unidade experimental foi
115 representada por cinco frutos, com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de
116 variância da regressão ($P=0,05$) utilizando-se o programa Statistix.

117 Na realização do estudo da influência do período de molhamento no tamanho da lesão da
118 doença, os frutos foram acomodados em bandeja de plástico medindo 26 x 40 cm forradas com
119 quatro camadas de papel toalha embebidas em ADE (água destilada esterilizada). Os morangos

120 foram previamente desinfestados e inoculados, conforme descrito anteriormente, através da
121 deposição de 20 µL da suspensão de *C. acutatum* ajustada em hemacitometro para 10^7 conídios/mL,
122 sobre ferimentos. Nesta etapa, foram testados diferentes períodos de molhamento: 0, 12, 24, 36 e 48
123 h, sob câmara úmida. Neste ambiente, os morangos foram mantidos na temperatura 25 ± 2 °C e
124 umidade relativa de ± 90 %. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco
125 períodos de molhamento. Cada unidade experimental foi representada por cinco frutas inoculada,
126 com cinco repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância (P=0,05) e regressão
127 utilizando-se o programa Statistix.

128 Para influência da temperatura na severidade da antracnose em morango, os frutos foram
129 submetidos a mesmas condições de desinfestação e inoculação apresentadas anteriormente, sendo
130 incubados em BOD com temperatura controlada para 12, 15, 20 e 25 °C, mantidos em câmara
131 úmida por 36 h. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro
132 temperaturas. Cada unidade experimental foi representada por cinco frutas inoculada, com cinco
133 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância (P=0,05) e regressão utilizando-se o
134 programas Statistix. As avaliações foram realizadas após cinco dias.

135 Para avaliar o efeito da radiação gama e das características físico-químicas no manejo da
136 antracnose em morango pós-colheita, procedeu-se da seguinte forma: os frutos foram levados para o
137 Laboratório GamaLab do Centro Regional de Ciências Nucleares - CRCN/NE, sendo um lote,
138 inoculado imediatamente após a desinfestação, com deposição de 20 µL da suspensão ajustada para
139 10^7 conídios/mL para receberem as doses de 0,25, 0,50, 0,75, 1,0 e 1,25 kGy utilizando um radiador
140 Gammacell 220 Excel (MDS Nordion, Canadá), cuja taxa no momento da aplicação era 3,167
141 kGy/h, tendo o Cobalto⁶⁰ como fonte de radiação. Os frutos após irradiados foram levados para o
142 Laboratório de Patologia Pós-Colheita (LPPC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco
143 (UFRPE), e mantidos em câmara úmida por 36 horas a temperatura de 25 ± 2 °C.

144 O segundo lote foi inoculado na mesma concentração do lote anterior, 6 horas após o
145 tratamento. A testemunha foi representada por morangos não tratados com doses de radiação gama.
146 A redução do tamanho da lesão da doença, obtido em %, pela diferença entre os tratamentos e a
147 testemunha x 100, foi avaliada cinco dias após a inoculação. O delineamento experimental foi
148 fatorial com cinco doses e cinco repetições e dois tempos de inoculação. A unidade experimental foi
149 representada por cinco frutos. O experimento foi repetido para comprovação dos resultados e os
150 dados foram submetidos à análise de variância (P=0,05) e regressão utilizando-se o programa
151 Statistix. Após essa avaliação, as frutas foram cortadas em pequenos pedaços e imediatamente
152 congeladas para posteriores análises das características físico-químicas.

153 Foram avaliadas as seguintes características físico-químicas: potencial hidrogeniônico (pH),
154 sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT). Para aferição do pH foram utilizadas 10g
155 da polpa fresca obtidas da mistura de amostras das unidades amostrais de cada repetição dos
156 tratamentos, seguindo-se a leitura direta em potenciômetro Quimis Modelo Q 400 A. Na
157 determinação dos SST, 10 µL da amostra fresca foi depositado sobre um refratômetro Modelo
158 EXACTA + OPTECH GmbH (0-32 °Brix) e os resultados expressos em °Brix. No caso da ATT,
159 foram pesados 5,0 g da polpa fresca, calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7. Os dados foram
160 submetidos à análise de variância (P=0 0,05) e regressão utilizando-se o programa Statistix.

161 **Resultados e Discussão**

162 A concentração de inóculo de *C. acutatum* influenciou significativamente a doença, os
163 tamanhos das lesões progrediram com o aumento das concentrações do inóculo. As maiores lesões
164 foram observadas a uma concentração de 10^7 conídios.mL⁻¹, mas até mesmo a menor concentração
165 de inóculo (10^2 conídios.mL⁻¹) foi suficiente para causar lesões (Figura 1). Bertetti, et al. (2009)
166 observaram que as maiores concentrações (10^5 e 10^6 conídios mL⁻¹) de *C. acutatum* resultaram nos
167 sintomas mais graves da antracnose em azaleia. Sussel et al. (2011) afirmaram que a quantidade e,
168 principalmente, a disponibilidade de inóculo são fatores preponderantes para o surgimento de

169 infecções, e que a rápida ocorrência de epidemias está associada ao número de propágulos do
170 patógeno próximo ao hospedeiro. Dias & Terão (2006) ressaltam a importância de reduzir o inoculo
171 para minimizar o risco de epidemias durante o período pós-colheita, os quais podem ser realizados
172 através de medidas que reduza o nível do inóculo no campo, packinghouse e em armazenamento.

173 O período de molhamento afetou de forma significativa ($P < 0,05$) o tamanho da lesão da
174 doença (Figura 2). O patógeno causou podridão nos frutos em todos os períodos testados, incluindo
175 o tratamento 0-h, corroborando com este resultado, Soares et al. (2008), afirmaram que *C. acutatum*
176 é sensível a períodos de molhamento curtos. O curto espaço de tempo decorrido desde a inoculação
177 até a suspensão estar completamente seca no tratamento 0 h pode ter sido suficiente para conídios
178 germinar, produzir apressório, e infectar o fruto. Porém, as maiores lesões foram observadas quando
179 submetidas ao período de molhamento de 36 h. Resultado semelhante foi encontrado por Pessoa et
180 al. (2007) em estudos da antracnose em banana, indicando que a alta umidade estimulou o processo
181 de infecção pelo fungo e/ou aumento de suscetibilidade do hospedeiro.

182 Segundo Moral (2012), *C. acutatum* também causou doença com período de molhamento de
183 0 h em azeitona, mesmo a infecção sendo baixa como no presente estudo.

184 A temperatura influenciou significativamente a severidade da doença (Figura 3). As maiores
185 lesões características da antracnose causada por *C. acutatum*, foram observadas em temperatura de
186 25 °C. Resultado semelhante foi encontrado por Soares-Colletti & Lourenço (2014), no
187 patossistema *C. acutatum* e goiaba. A temperatura elevada estimulou o processo de infecção por *C.*
188 *acutatum*, influenciando na severidade da doença, enquanto que a temperatura de 12 e 15 °C
189 reduziu a severidade da doença, discordando do proposto por Tanaka et al. (2005), que afirmam que
190 *C. acutatum* em morango é favorecido por temperaturas amenas. Além de influenciar o
191 metabolismo de frutas, as temperaturas podem também, eventualmente, afetar o metabolismo do
192 agente patogênico e a cinética de enzimas que estão envolvidas no processo de infecção, que

193 aumentam ou reduzem a atividade de acordo com as condições prevalecentes, que, por sua vez,
194 afetam o desenvolvimento da doença (Adaskaveg et al., 2002).

195 O tratamento com radiação gama apresentou efeito positivo no manejo de *C. acutatum* em
196 morango (Figura 4). Verificou-se que o tratamento dos frutos, imediato após a inoculação diminuiu
197 o tamanho da lesão da doença, ao longo dos cinco dias de avaliação quando comparado à
198 testemunha, sendo significativo estatisticamente. Porém, no tratamento com inoculação seis horas
199 após a radiação não foi significativo, além de indicar que o tratamento não é eficaz visando um
200 efeito protetor. Após seis horas não houve mais efeito da radiação nos frutos.

201 No tratamento imediato após a inoculação houve diferença entre as doses, sendo 1,25 kGy a
202 que exerceu maior influência sobre a doença. Observou-se que a maioria dos frutos não
203 apresentavam sintomas de podridão decorrente da inoculação com o patógeno, além de apresentar
204 boa aparência. Benato et al. (2006) afirmam que, de modo geral, espécies fúngicas com esporos
205 unicelulares apresentam maior sensibilidade a radiação gama. A dose e a eficiência do tratamento
206 são particulares a cada patossistema. Rashid et al. (2015) relatam redução significativa da
207 antracnose em mamão quando submetidos a dose de 0,08 kGy. Jouky & Khazaei (2014)
208 verificaram que a dose 1 kGy inibiu os sintomas causados por *Botrytis cinerea* em morango.
209 Mansur et al. (2014) utilizando as doses de 1 e 5 kGy verificaram a inibição de *Fusarium*
210 *moliliforme* em milho. A radiação gama pode contribuir para a redução das perdas pós-colheita
211 causada por fungos e reduzir o uso ou doses de fungicidas no controle de doença (Cia et al., 2007).

212 O atributo de qualidade pH pouco variou com os tratamentos, ficando em torno de 3,30 e
213 3,45 (Figura 5). Os dados indicam que a radiação aplicada não interferiu no pH dos morangos, uma
214 vez que o tratamento testemunha (sem radiação gama) teve valores semelhante aos demais, e dentro
215 da faixa aceitável. Os valores obtidos estão de acordo com encontrado por Françoso et al. (2008), os
216 quais constataram que em morangos irradiados nas doses 0,5, 1,0, 1,25, e 2 kGy, a dose 0,25 kGy

217 demonstrou maior efeito de conservação do pH. Cantillano et al. (2008) verificaram que a cv.
218 Camino Real apresenta valor de pH de 3,23.

219 Os dados obtidos para o teor de sólidos solúveis (SST), entre 5,6 e 6,1 e 5,5 a 5,7 °Brix para
220 o tratamento imediato e 6 horas antes da inoculação, respectivamente, sendo este último não
221 significativo (Figura 6), estão próximos ao encontrado por Portela et al. (2012), e discordam com o
222 encontrado por Cantillano et al. (2008), que verificaram a cultivar Camino Real com o valor de 7
223 °Brix. Os tratamentos em pouco alteraram o Brix quando comparados à testemunha. Majeed et al.
224 (2014) não detectaram alterações no SST em morangos que receberam radiação gama.

225 Houve um leve aumento na porcentagem de ácido cítrico (AT) com o aumento das doses
226 quando comparado à testemunha, variando entre 0,55 a 0,75 e 0,55 a 0,65 % ácido cítrico para o
227 tratamento imediato e 6 horas antes da inoculação, respectivamente (Figura 7). Cantillano et al.
228 (2008) encontraram valores de 0,8 % ácido cítrico na cv. Camino Real. Santos et al. (2010)
229 relataram um decréscimo inicial nos valores de ácido cítrico em mangas irradiadas, onde
230 posteriormente ocorreu uma estabilização nos valores.

231 As doses de radiação gama proporcionaram um aumento na relação SST/ATT, em maior
232 quantidade nas doses 1,0 e 1,25 kGy do tratamento imediato a inoculação (Figura 8). Silva & Roza
233 (2010) afirmam que o tratamento de cenouras com radiação gama resultou em aumento da relação
234 SST/AT entre o controle e as cenouras submetidas ao processo de radiação indicando melhoria dos
235 caracteres organolépticos. A relação SS/AT ou *ratio* é uma das variáveis mais representativas na
236 avaliação do sabor de morangos. A estimativa desta variável permite a obtenção de informação
237 mais segura com relação ao sabor do fruto, pois demonstra o equilíbrio entre os teores de açúcares e
238 acidez presentes. A doçura do fruto está relacionada com a relação SST/AT, pois quanto maior esta
239 relação, maior será o grau de doçura (Chitarra & Chitarra, 2005).

240

Conclusões

- 241 1. As mais altas concentrações de inóculo utilizadas, 10^7 conídios/mL⁻¹, provocaram as maiores
242 áreas de lesão em morango, aumentando a severidade da doença;
- 243 2. *Colletotrichum acutatum* em morango causa maior severidade aos frutos quando expostos à
244 temperatura de 25 °C e período de molhamento de 36 h;
- 245 3. O tratamento com radiação gama imediatamente após a inoculação dos morangos com *C.*
246 *acutatum* reduziu a severidade da doença em todas as doses.
- 247 4. A concentração de 1,25 kGy, em tratamentos imediato após a inoculação inibiu o aumento da
248 severidade da antracnose em morango.
- 249 5. O tratamento 6 horas antes da inoculação não foi significativo, indicando que a radiação não tem
250 efeito preventivo sobre o patossistema;
- 251 6. Os tratamentos não interferiram na qualidade dos frutos.

252

Agradecimentos

253 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das
254 bolsas de estudos; e ao Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco,
255 pelo apoio na condução do experimento com radiação gama.

256

Referências

257 ADASKAVEG, J. E.; FÖRSTER, H.; SOMMER, N. F. Principles of postharvest pathology and
258 management of decays of edible horticultural crops. In: Kader, A. (Ed.). **Postharvest technology of**
259 **horticultural crops**. Davis: University of California Agriculture and Natural Resources, 2002. p.
260 163-195.

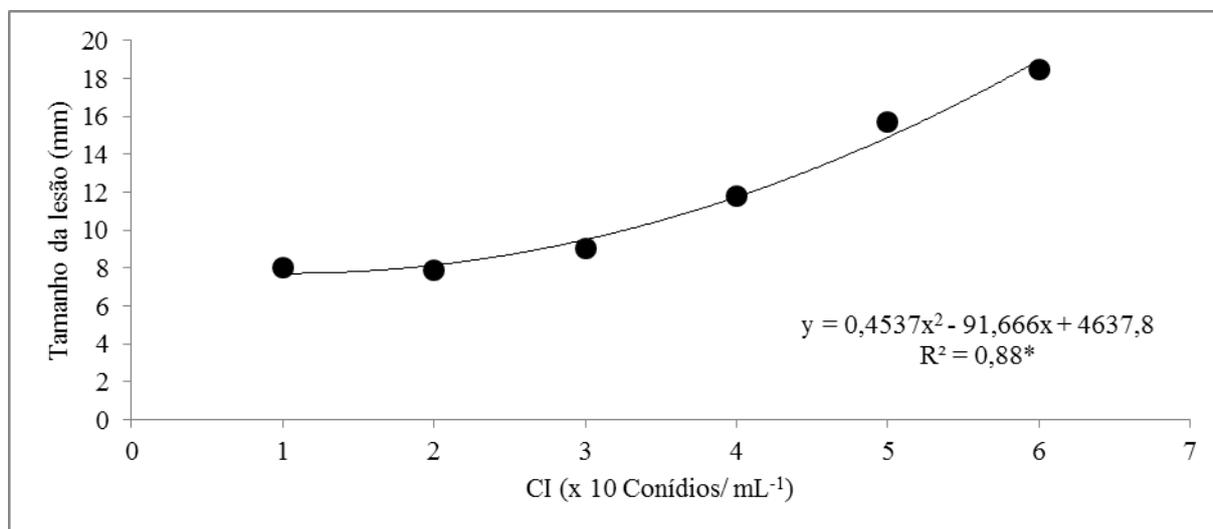
- 261 BENATO, E. A.; CIA, P.; CAMILI, E. C. Controle Físico. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.;
262 DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e**
263 **ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 171 – 190.
- 264 BERTETTI, D.; GULLINO, M. L.; GARIBALDI, A. Effect of leaf wetness duration, temperature
265 and inoculum concentration on infection of evergreen azalea by *Colletotrichum acutatum*, the
266 causal agent of anthracnose. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, p. 763-766, 2009.
- 267 CANTILLANO, R. F. F.; CASTAÑEDA, L. M. F.; TREPTOW, R. O.; SCHUNEMANN, A. P. P.
268 **Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento**
269 **refrigerado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 31 p. (Embrapa Clima Temperado.
270 Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 75) Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/armazenamento_refrigerado_000giwzsg2d02wx5ok05vadr1fupbfhg.pdf)
271 [br/Repositorio/armazenamento_refrigerado_000giwzsg2d02wx5ok05vadr1fupbfhg.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/armazenamento_refrigerado_000giwzsg2d02wx5ok05vadr1fupbfhg.pdf) >. Acesso
272 em: 28 jan. 2015.
- 273 CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e**
274 **manuseio**. Lavras: ESALQ/FAEPE, 2005. 785 p.
- 275 CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of
276 gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest**
277 **Biology and Technology**, v. 43, p. 366-373, 2007.
- 278 COSTA, L. F.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, I. S. Irradiação gama em amendoim para controle de
279 *Aspergillus flavus*. **Scientia Plena**, v. 9, p. 2-12, 2013.
- 280 DE WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease. **Annual Review of**
281 **Phytopathology**, v. 45, p. 203-220, 2007.

- 282 DIAS, R. C. S.; TERAQ, D. Doenças das cucurbitáceas. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAQ, D.;
- 283 DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (Ed.). **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e**
- 284 **ornamentais tropicais.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 595-627.
- 285 FERREIRA-CASTROA, F. L.; AQUINOB, S.; GREINERC, R.; RIBEIROA, D.H. B.; REISA, T.
- 286 A.; CORREA, B. Effects of gamma radiation on maize samples contaminated with *Fusarium*
- 287 *verticillioides*. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 65, p. 927–933, 2007.
- 288 FRANÇOZO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V.
- 289 Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) irradiados e armazenados.
- 290 **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 614-619, 2008.
- 291 GEWEELY, N. S. I.; NAWAR, L. S. Sensitivity to gamma irradiation of post-harvest pathogens of
- 292 pear. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 8, p. 710-716, 2007.
- 293 GOMES, K. B. P.; OLIVEIRA, G. H. H.; CARVALHO, J. P.; CAVALCANTE, D. F. S.; VILLA-
- 294 REAL, M. E. Diagnóstico da cadeia produtiva do morango dos agricultores familiares do Distrito
- 295 Federal. **Revista EIXO**, v.2, p. 10-14, 2013.
- 296 JOUKI, M.; KHAZAEI, N. Effect of low-dose gamma radiation and active equilibrium modified
- 297 atmosphere packaging on shelf life extension of fresh strawberry fruits. **Food Packaging and**
- 298 **Shelf Life**, v. 1, p. 49-55, 2014.
- 299 LIU, C.; LIN, J. Anti-inflammatory effects of phenolic extracts from strawberry and mulberry fruits
- 300 on cytokine secretion profiles using mouse primary splenocytes and peritoneal macrophages.
- 301 **International Immunopharmacology**, v. 16, p. 165–170, 2013.
- 302 MAJEED, A.; MUHAMMAD, Z.; MAJID, A.; SHAH, A. H.; HUSSAIN, M. Impact of low doses
- 303 of gamma irradiation on shelf life and chemical quality of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv.
- 304 ‘corona’. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 24, p. 1531-1536, 2014.

- 305 MANSUR, A. R.; YU, C; OH, D. Efficiency of gamma irradiation to inactivate growth and
306 fumonisin production of *Fusarium moniliforme* on corn grains. **Journal of Microbiology &**
307 **Biotechnology**, v. 24, p. 209-216, 2014.
- 308 MORAL, J.; JURADO-BELLO, J.; SANCHEZ, M. I.; OLIVEIRA, R. TRAPERO, A. Effect of
309 temperature, wetness duration, and planting density on olive anthracnose caused by *Colletotrichum*
310 spp. **Ecology and Epidemiology**, n. 10, p. 974-981, 2012.
- 311 PERES, N. A.; TIMMER, L.W.; ADASKAVEG, J. E.; CORRELL, J. C. Life styles of
312 *Colletotrichum acutatum*. **Plant Disease**, v. 89, p. 784-796, 2005.
- 313 PESSOA, W. R. L. S.; OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H.;
314 SANTOS, A. M. G. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de
315 lesões de *Colletotrichum musae* em banana. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 147-151, 2007.
- 316 PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; RODRIGUES, S.; CARINI, F. Densidade de plantio,
317 crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro "Camino Real" em hidroponia.
318 **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 792-798, 2012.
- 319 RASHID, M. H. A.; GROUT, B. W. W.; CONTINELLA, A.; MAHMUD, T. M. M. Low-dose
320 gamma irradiation following hot water immersion of papaya (*Carica papaya* Linn.) fruits provides
321 additional control of postharvest fungal infection to extend shelf life. **Radiation Physics and**
322 **Chemistry**, v. 110, p. 77-81, 2015.
- 323 RIOS, S. de A. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, p. 14-18,
324 2007.
- 325 ROMANAZZI, G., FELIZIANI, E., SANTINI, M. & LANDI, L. Effectiveness of postharvest
326 treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry.
327 **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 24–27, 2013.

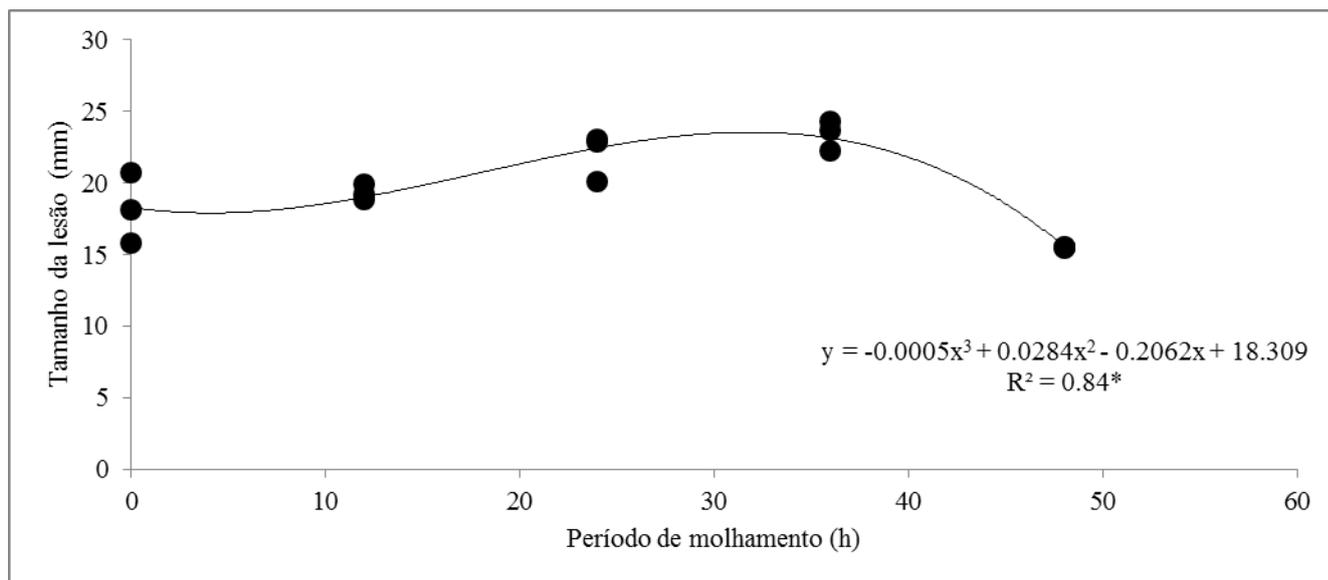
- 328 SANTOS, A. M. G.; OLIVEIRA, S. M. A. O.; SILVA, J. M. da; TERAPO, D. Podridão por
329 *Fusicoccum* em mangas submetidas a baixas doses de radiação gama. **Pesquisa Agropecuária**
330 **Brasileira**, v. 45, p. 1066-1072, 2010.
- 331 SILVA, A. L. F.; ROZA, C. R. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **Boletim do Centro de**
332 **Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, p. 49-56, 2010.
- 333 SOARES, A. R.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Infecção de goiabas por *Colletotrichum*
334 *gloeosporioides* e *Colletotrichum acutatum* sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento.
335 **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 265-272, 2008.
- 336 SOARES-COLLETTI, A. R.; LOURENÇO, S. A. Effect of temperature, wetness duration and
337 cultivar on the development of anthracnose in guava fruits. **Summa Phytopathologica**, v. 40, p.
338 307-312, 2014.
- 339 STEFANOVA, R.; VASILEV, N. V.; SPASSOV, S. L. Irradiation of food, current legislation
340 framework, and detection of irradiated foods. **Food Analytical Methods**, v. 3, p. 225 – 252, 2010.
- 341 SUSSEL, A. A. B.; POZZA, E. A.; CASTRO, H. A.; LASMAR, E. B. C. Incidência e severidade
342 do mofo-cinzento-da-mamoneira sob diferentes temperaturas, períodos de molhamento e
343 concentração de conídios. **Summa Phytopathologica**, v. 37, p. 30-34, 2011.
- 344 TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; KIMATI, H. Doenças do morangueiro (*Fragaria x ananassa*).
345 In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B.; CAMARGO, L. E. A.
346 **Manual de fitopatologia – doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p.
347 489-500.
- 348 TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. M.; KLUGE, R. A.; SPOTO, M. H. F. Radiação gama
349 em produtos de origem vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7, p. 267-277, 2015.

350 WEDGE, D. E.; SMITH, B. J.; QUEBEDEAUX, J. P.; CONSTATIN, R. J. Fungicide management
 351 strategies for control of strawberry fruit rot diseases in Louisiana and Mississippi. **Crop Protection**,
 352 v. 26, p. 1449–1458, 2007.

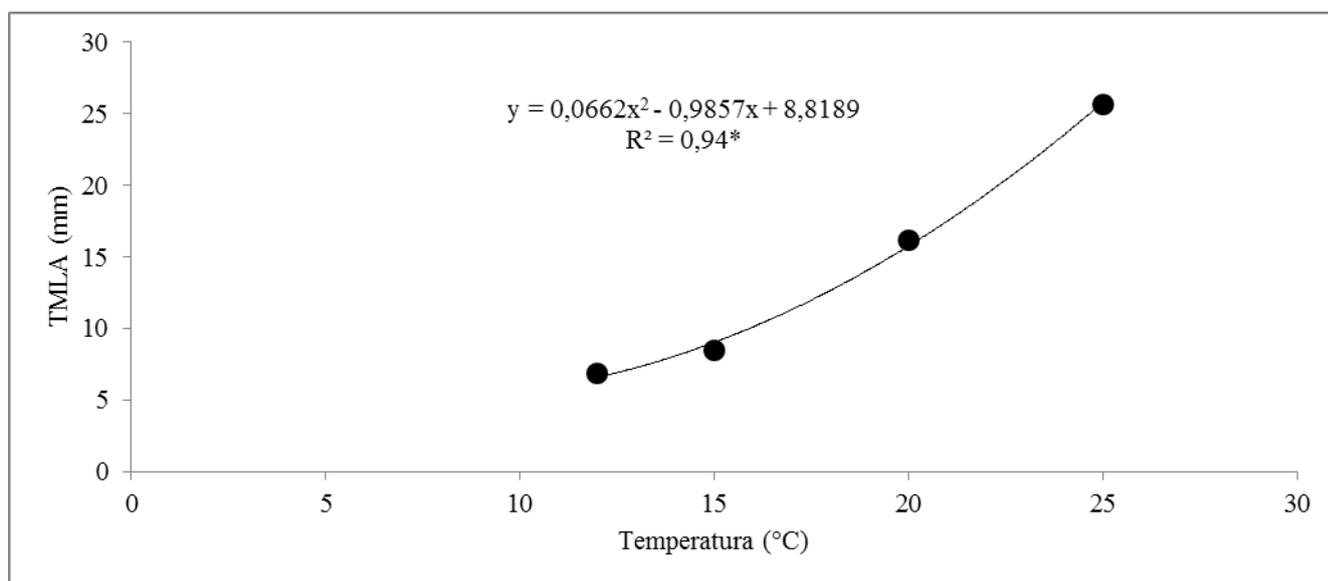


353 **Figura 1.** Tamanho da lesão da antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* em morango
 354 em diferentes concentrações de inóculo, *Signicativo a 5% de probabilidade.

355



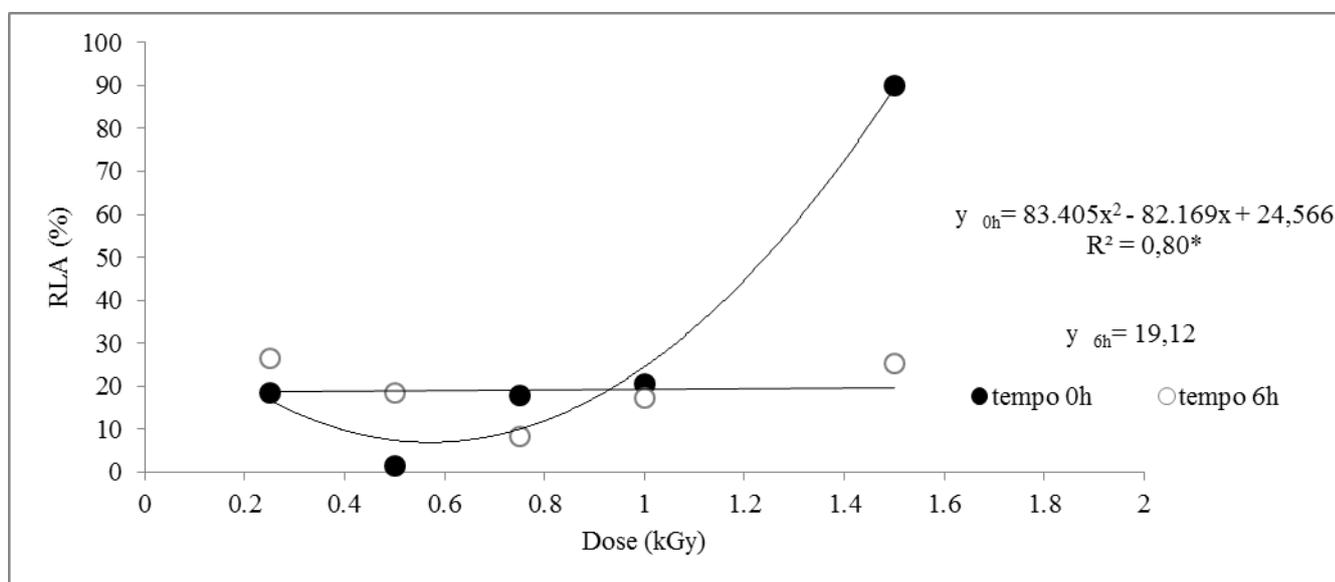
356 **Figura 2.** Tamanho da lesão da antracnose causada por *Colletotrichum acutatum*, em morango em
 357 diferentes períodos de molhamento. *Signicativo a 5% de probabilidade.



358

Figura 3. Severidade da antracnose causada por *Colletotrichum acutatum*, em morango em diferentes temperaturas. *Signicativo a 5% de probabilidade.

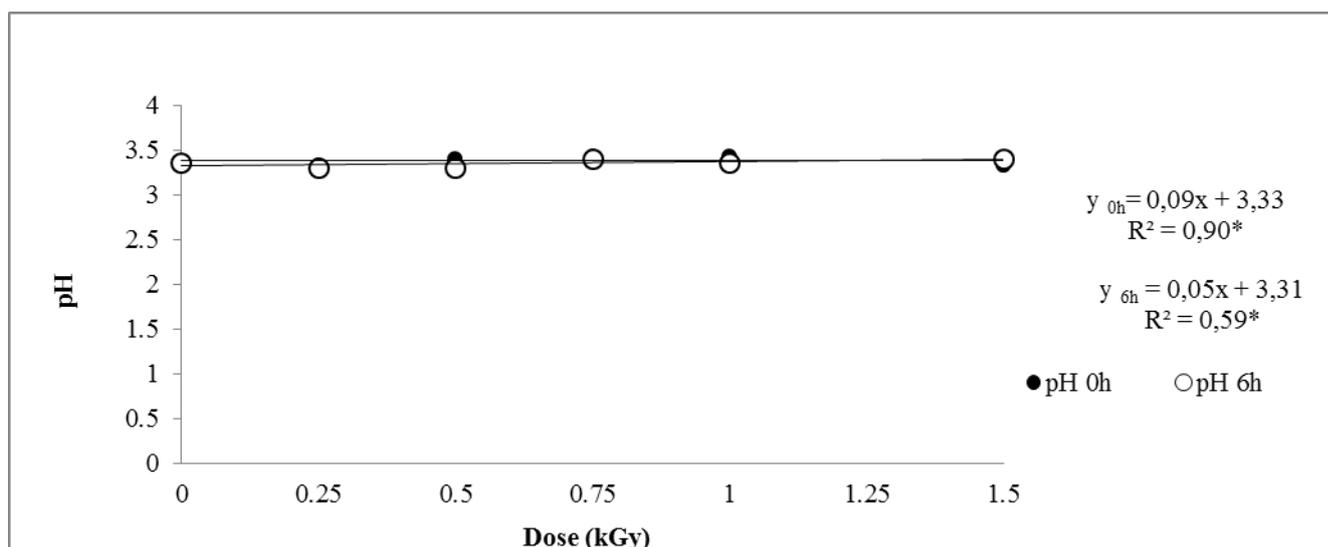
359



360

Figura 4. Redução do tamanho da lesão de antracnose (RLA), causada por *Colletotrichum acutatum* em morango em diferentes doses de radiação gama antes imediatamente e inoculado após 6 horas. *Signicativo a 5% de probabilidade.

361

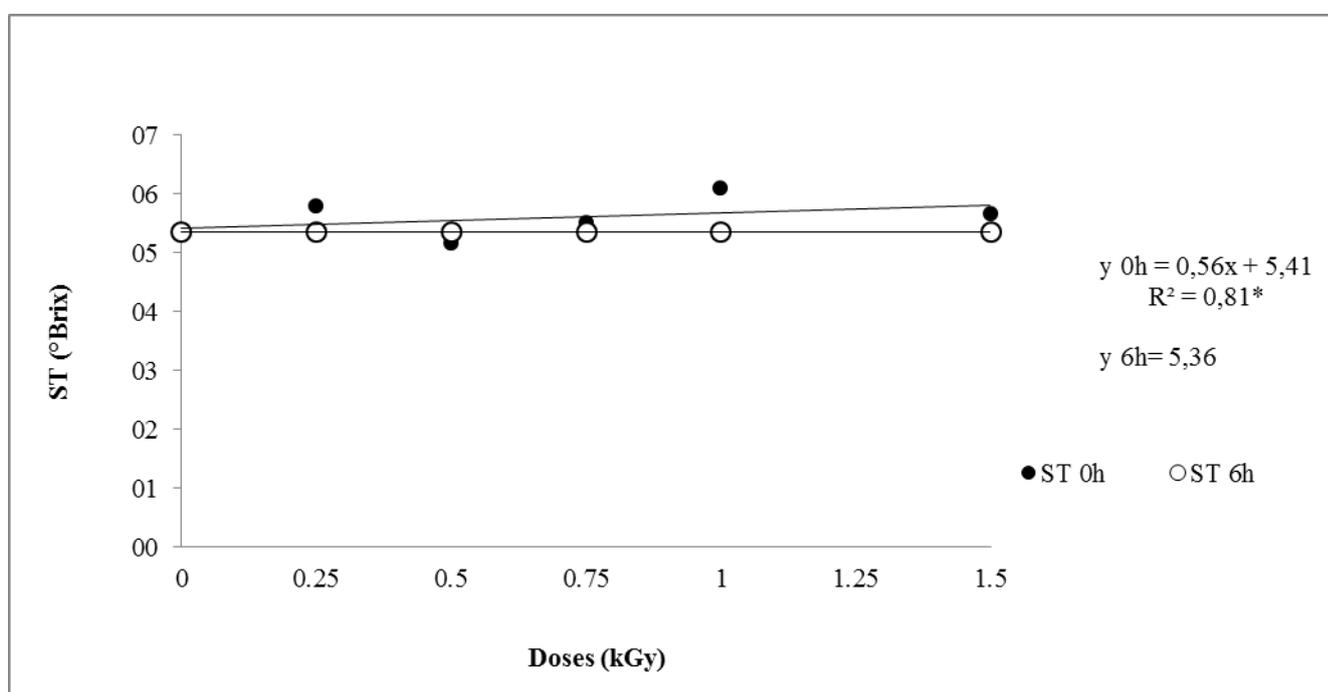


362

Figura 5. pH de morangos com antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* tratados com diferentes doses de radiação gama. *Signicativo a 5% de probabilidade.

363

364

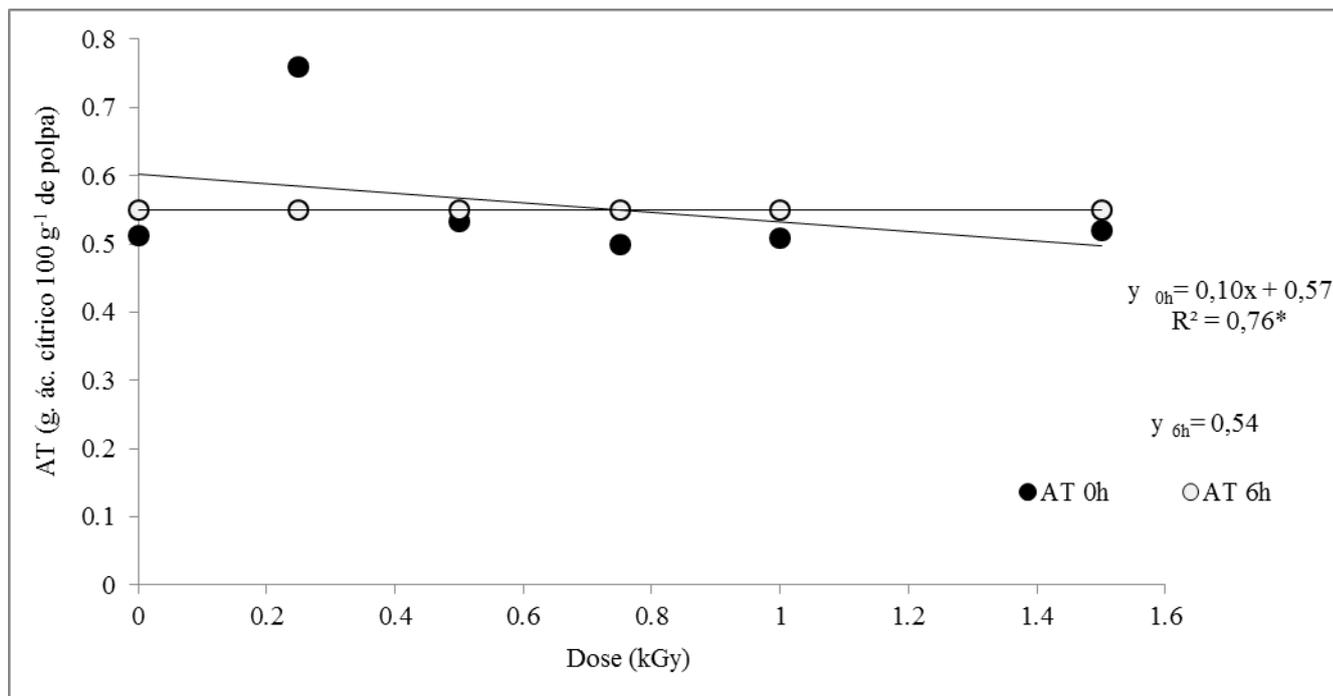


365

Figura 6. Sólidos solúveis totais (SST) de morangos com antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* tratados com diferentes doses de radiação gama. *Signicativo a 5% de probabilidade.

366

367

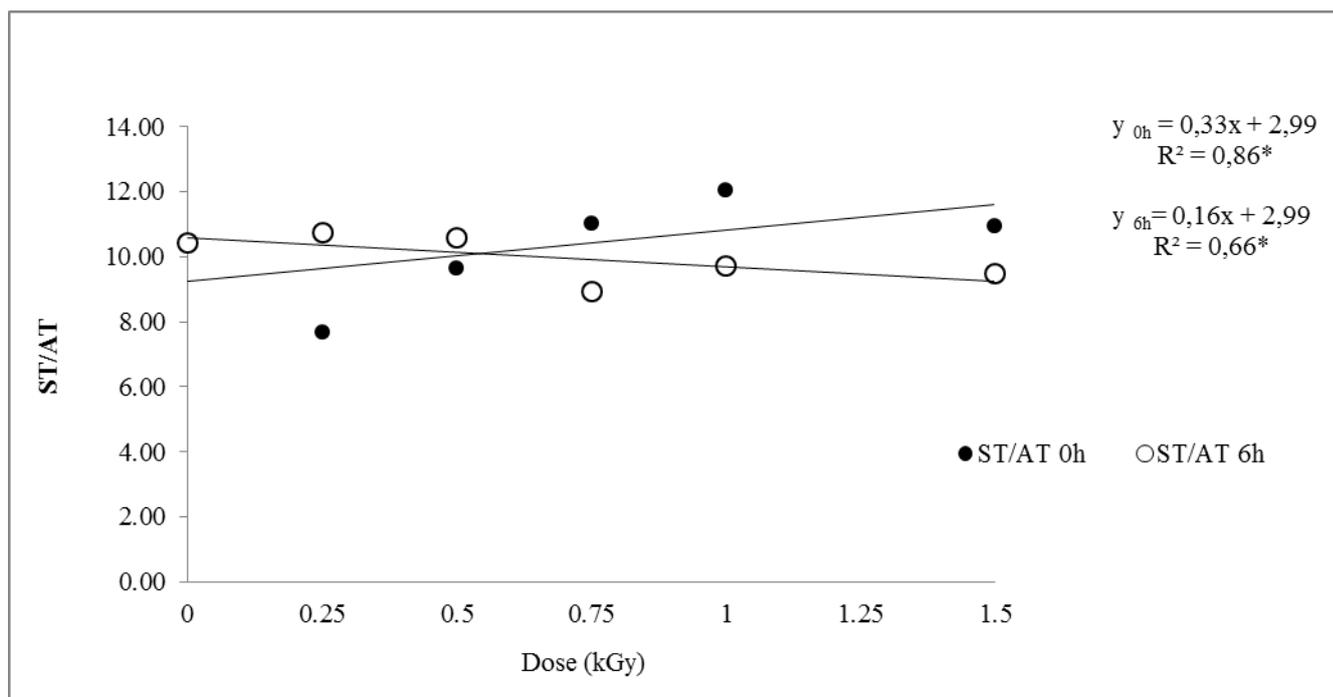


368

Figura 7. Acidez titulável (AT) de morangos com antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* tratados com diferentes doses de radiação gama. *Signicativo a 5% de probabilidade.

369

370



371

Figura 8. Relação sólidos solúveis totais (SST)/acidez titulável (AT) de morangos com antracnose causada por *Colletotrichum acutatum* tratados com diferentes doses de radiação gama. *Signicativo a 5% de probabilidade.

372

373

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

As mais altas concentrações de inóculo utilizadas, 10^7 conídios/mL_i, provocaram as maiores áreas de lesão em morango, aumentando a severidade da doença. *C. acutatum* em morango causa maior severidade aos frutos quando expostos à temperatura de 25 °C e período de molhamento de 36 h.

O tratamento com radiação gama imediato após a inoculação reduziu a severidade da doença em todas as doses. A concentração de 1,25 kGy, em tratamentos imediato após a inoculação inibiu o aumento da severidade da antracnose em morango. O tratamento seis horas antes da inoculação não foi significativo, indicando que a radiação não tem efeito preventivo sobre o patossistema.

Foi significativo a interação do tratamento e das doses com os atributos físico-químicos pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável total e na relação SST/AT e os tratamentos não interferiram na qualidade do fruto.

O manejo da antracnose com radiação gama mostra-se como promissor na pós-colheita do morango.