

UEDER PEDRO LOPES

PODRIDÕES PÓS-COLHEITA EM MORANGO: ETIOLOGIA E  
EFEITO DE PRODUTOS ALTERNATIVOS

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L864p  
2011

Lopes, Ueder Pedro, 1986-

Podridões pós-colheita em morango : etiologia e efeito de produtos alternativos / Ueder Pedro Lopes. – Viçosa, MG, 2011.

xi, 55f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndice.

Orientador: Laércio Zambolim.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Fungos fitopatogênicos. 2. Silício. 3. Cálcio.
  4. Quitosana. 5. Morango - Doenças e pragas - Controle.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 632.4

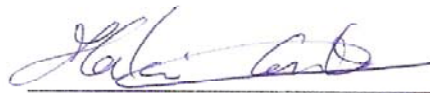
UEDER PEDRO LOPES


PODRIDÕES PÓS-COLHEITA EM MORANGO: ETIOLOGIA E EFEITO DE  
PRODUTOS ALTERNATIVOS

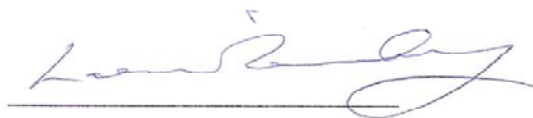
Dissertação apresentada a Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Fitopatologia, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2011

  
Prof.: Olinto Liparini Pereira  
(Co-Orientador)

  
Pesq.: Hécio Costa  
(Co-Orientador)

  
Prof.: Fernando Luiz Finger

  
Prof.: Laércio Zambolim  
(Orientador)

O segredo de uma vida empolgante não esta em descobrir maravilhas,  
mas em procurá-las...

**(Augusto Rushi)**

Aos meus pais Pedro e Rita

A meus irmãos Uilson, Uilian, Uilton e Ueliton

Aos familiares e amigos

A todos que me auxiliaram

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me conduzido por este caminho e me dado força nos momentos de dificuldade fazendo com que eu nunca desistisse.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitopatologia pela oportunidade de realizar este curso.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto CAG-APQ-01530-10.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural- INCAPER pela disponibilização do laboratório de Fitopatologia do Centro de Desenvolvimento Regional Centro Serrano em Domingos Martins.

Aos produtores Fredolin Shurtz, Admardo Schaffel e Laurentino Manzoli (*in memoriam*) pela disponibilização das áreas para condução dos experimentos.

A *PETERFRUT* AGRÍCOLA S/A pelo apoio financeiro para realização dos experimentos no Estado do Espírito Santo.

Aos técnicos *PETERFRUT* AGRÍCOLA S/A pela amizade e convívio durante minha estadia no estado do Espírito Santo.

Ao Sr. Valerino Domingos Ébani pela amizade e auxílio na condução dos trabalhos no laboratório de fitopatologia.

Ao prof. Laércio Zambolim pela confiança em mim depositada e pela orientação e ensinamentos transmitidos desde a graduação.

Ao meu amigo, Dr. Hércio Costa pela orientação, conhecimentos, amizade e seu acolhimento juntamente com sua família durante minha estadia no Espírito Santo.

Ao prof. Olinto Liparini Pereira pela orientação, aprendizado na área de Micologia e amizade.

Ao prof. Silvio dos Santos Lelis pelo apoio e conselhos que levaram ao início de meus estudos.

Aos meus pais, Pedro e Rita e irmãos Uilson, Uilian, Uilton e Ueliton que não mediram esforços para me auxiliar e sempre me apoiaram nesta jornada.

A Laís pelo carinho e companheirismo, que contribuiu de uma forma especial ao longo deste período.

A meus amigos da turma de Mestrado em especial a Thaís, Paulo, Pedro e Cristhian Grabowski (Paraguaio).

Aos amigos do Laboratório de Proteção de Plantas, Pedro Nery, Henrique Duarte, Alexandre Capucho, Alessandro Nicoli, Priscila, Daniele, Antônio (Toim), Hitor Rafael, Rodrigo Borba, Danival, Jonas, Fabrício, Douglas, André, Sérgio Milagres e José Cláudio pelo convívio agradável e auxílio nos trabalhos assim como os momentos de distração ao longo desse período.

A todos

**Muito Obrigado!**

## **BIOGRAFIA**

Ueder Pedro Lopes, Filho Pedro Antônio Lopes e Rita Gorete do Nascimento Lopes, nasceu na cidade de São Miguel do Anta- MG em 01 de outubro de 1986.

No ano de 2004 iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa obtendo o título de Engenheiro Agrônomo no ano de 2009.

Em Março de 2009 iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia pela UFV submetendo-se a defesa em Fevereiro de 2011.

## SUMÁRIO

	<b>Páginas</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>6</b>

## CAPÍTULO I

<b>ETIOLOGIA DE PODRIDÕES DE MORANGO EM PÓS-COLHEITA.....</b>	<b>11</b>
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2- MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
2.1- Coletas e preparo das amostras .....	13
2.2- Comprovação da patogenicidade.....	13
2.3- Avaliação da incidência dos fitopatógenos.....	14
2.4- Frequência de aparecimento dos fitopatógenos durante o armazenamento.....	14
2.5- Cálculo do dano causado pelos diferentes fitopatógenos .....	14
2.6- Dados metereológicos.....	14
<b>3- RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
3.1 - Fitopatógenos identificados .....	15
3.2- Incidência de fitopatógenos ao longo do ano de cultivo.....	17
3.3- Danos causados por cada fitopatógeno.....	22
<b>4- DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5- CONCLUSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## CAPÍTULO II

<b>NUTRIENTES E QUITOSANA APLICADOS EM PRÉ E PÓS-COLHEITA SOBRE PODRIDÕES EM PÓS-COLHEITA DE MORANGO.....</b>	<b>32</b>
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>2- MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
2.1- Aspectos gerais.....	34
2.2- Preparo dos diferentes produtos .....	36
2.3- Aplicação dos tratamentos, colheita e armazenamento.....	36
2.4- Avaliação da incidência de podridões .....	37
2.5- Avaliação da produção de plantas .....	37
2.6- Teor de cálcio em folhas.....	37
2.7- Análises Estatísticas .....	38
<b>3- RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
3.1- Incidência de podridões .....	39
3.3- Produtividade.....	44
3.4- Teores de cálcio em folhas .....	44
<b>4- DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>5- CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>55</b>

## RESUMO

LOPES, Ueder Pedro. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Podridões pós-colheita de morango: Etiologia e efeito de produtos alternativos.** Orientador: Laércio Zambolim. Co-Orientadores: Olinto Liparini Pereira e Hécio Costa

As podridões em pós-colheita são um dos principais problemas, em todas as regiões onde se cultiva o morango no país. São escassas as informações, a respeito dos agentes causais, bem como as estratégias de manejo das podridões do campo à pós-colheita. Diante desses fatos este trabalho teve os seguintes objetivos: i- identificar os patógenos, envolvidos em podridões, na fase de pós-colheita de morango, e ii - estudar o efeito de estratégias alternativas de controle, baseando-se na aplicação de quitosana, cálcio e silício, no controle de podridões em pós-colheita. Amostras de 200 frutos foram coletados mensalmente, em câmaras com temperatura de 2 °C, no período de março de 2009 a fevereiro de 2010, para identificar os patógenos envolvidos em podridões em pós-colheita. Os experimentos visando avaliar o efeito de cloreto de cálcio, silicato de potássio e da quitosana, no controle de podridões em pós-colheita foram constituídos de 18 tratamentos combinando-se os produtos entre si em pré-colheita e com tratamentos em pós-colheita com quitosana. Com os dados de incidência, calculou-se a Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão Total (AACPPT), para *Rhizopus stolonifer* (AACPPR) e para *Botrytis cinerea* (AACPPB). Foram identificados 14 diferentes fungos causando podridões em pós-colheita de morango com danos de: *B. cinerea* (36,3%), *R. stolonifer* (34,9%), *G. candidum* (31,1%), *Pilidium concavum* (17,4%), *Colletotrichum* spp. (13,7%), *Pestalotia longisetula* (2,3%), *A. niger* (1,7%), *Phoma* sp. (2%) e *Mucor* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cylindrocladium candelabrum*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Aspergillus* sp. (2,8%). Os fungos *G. candidum*, *P. concavum*, *C.candelabrum*, *Penicillium* sp., *A. niger*, *Aspergillus* sp., *Phoma* sp., *Mucor* sp. e *Cladosporium* sp. foram identificados pela primeira vez, como patógenos em pós-colheita na cultura do morango, no Brasil. A incidência dos fungos foi variável ao longo do ano, sendo os mais frequentes causando podridões em frutos de morango *B. cinerea*, *R. stolonifer* e *G. candidum*, *P. concavum* e *Colletotricum* spp.. Os danos causados por *R. stolonifer* e *G. candidum* foram maiores em épocas de precipitação acima de 74 mm e temperatura média de 20,1 °C; épocas de precipitação abaixo de 34 mm e temperatura média de 16,8 °C, os danos de *B. cinerea* e *P. concavum* foram menores. Não houve

efeito das aplicações de cálcio, silicato de potássio e quitosana no campo, sobre a produção de plantas de morangueiro. Também não houve efeito da aplicação destes produtos no campo sobre a incidência de podridões em pós-colheita. Quando frutos foram armazenados a temperatura de 2 °C e submetidos a aplicação de quitosana, em pós-colheita houve redução da AACPPT em 91% na cultivar ‘Oso grande’ e 52% na cultivar ‘Camarosa’ e de 91% e 55% da AACPPB nas cultivares ‘Oso grande’ e ‘Camarosa’ respectivamente. Quando os frutos foram armazenados a 25 °C observou-se redução da AACPPT de 17%, e da AACPPR de 44% na cultivar ‘Oso Grande’ semelhante ao observado na cultivar ‘Camarosa’ com redução de 17,3% na AACPPT e 53% na AACPPR. Não se observou redução na AACPPB em frutos das duas cultivares armazenadas a 25 °C.

## ABSTRACT

LOPES, Ueder Pedro. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2011. **Postharvest rot in strawberry: Etiology and effect of alternatives products.** Adviser: Laércio Zambolim. Co-advisers: Olinto Liparini Pereira and Hércio Costa

The rot in post-harvest is a major problem in all regions where they cultivate strawberries in the country. Only limited information, regarding the causal agents and management strategies from rot of the field after harvest. Given these facts this study had two objectives: I - identify the pathogens involved in rot, in the post-harvest strawberries and II - study the effect of alternative strategies of control based on application of chitosan, calcium and silicon in the control of postharvest rot. Samples of the 200 fruit were collected monthly in chambers with temperature of 2 ° C over the period march 2009 to february 2010 to identify the pathogens involved in postharvest rots. The experiments to evaluate the effect of calcium chloride, potassium silicate and chitosan to control postharvest decay consisted of 18 treatments combining the products together in pre-harvest and postharvest treatments with chitosan. With the incidence data, was calculated the Area Under the Progress Curve Rot Total (AUPCRT) for *Rhizopus stolonifer* (AUPCRR) and *Botrytis cinerea* (AUPCRB). Was identified 14 different fungi causing postharvest rot of strawberry with damage: *B. cinerea* (36,3%), *R. stolonifer* (34,9%), *G. candidum* (31,1%), *Pilidium concavum* (17,4%), *Colletotrichum* spp. (13,7%), *Pestalotia longisetula* (2,3%), *A. niger* (1,7%), *Phoma* sp. (2%) e *Mucor* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cylindrocladium candelabrum*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Aspergillus* sp. (2,8%). The fungi *G. candidum*, *P. concavum*, *C.candelabrum*, *Penicillium* sp., *A. niger*, *Aspergillus* sp., *Phoma* sp., *Mucor* sp. e *Cladosporium* sp. were first identified as postharvest pathogens on strawberry in Brazil. The incidence of fungi was variable throughout the year, the most frequent cause rot in strawberry fruits *B. cinerea*, *R. stolonifer* and *G. candidum*, *P. concavum* and *Colletotrichum* spp .. The damage caused by *R. stolonifer* and *G. candidum* were higher during periods of precipitation above 74 mm and an average temperature of 20.1 °C, periods of rainfall below 34 mm and an average temperature of 16.8 °C, the damage of *B. cinerea* and *P. concavum* were lower. No effect of applications of calcium, potassium silicate and chitosan in the field, on the production of strawberry plants. There was also no effect of these products in the field on the incidence of post-harvest rots. When

stored at a temperature of 2 ° C and subjected to chitosan treatment in postharvest AUPCRT reduced by 91% in the cultivar 'Oso Grande' and 52% in cultivar Camarosa and 91% and 55% of AUPCRB cultivars 'Oso Grande' and Camarosa respectively. When stored at 25 ° C was observed reduction in AUPCRT of 17%, and in AUPCRR of the 44% in the cultivar 'Oso Grande' similar to that observed in 'Camarosa' with reduction of 17.3% and 53% of AUPCRT and AUPCRR. No decrease was observed in AACPPB fruits of both cultivars stored at 25 ° C.

## INTRODUÇÃO GERAL

O morangueiro é uma planta herbácea pertencente à família Rosaceae (Oliveira & Santos, 2003). A espécie conhecida como *Fragaria x ananassa* Duch., é na realidade um híbrido natural originado de cruzamentos entre as espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloensis*. Estes híbridos ocorrem naturalmente no Oeste da América do Norte (Staudt, 1962; Staudt, 1989), mas as cultivares atualmente cultivadas originaram de cruzamentos em jardins na Europa entre 1714 e 1759 (Staudt, 1962).

O morangueiro atualmente é cultivado em diferentes regiões e climas no mundo (Resende *et al.*, 1999). Segundo a FAO no ano de 2009 foram plantados cerca de 250.000 hectares de morango em todo o mundo, com uma produção de 4,13 milhões de toneladas, sendo que, os Estados Unidos com produção de cerca de 1,1 milhões de toneladas é considerado o maior produtor (FAO, 2011). Estimativas do IBGE mostram que no ano de 2006 o Brasil produziu cerca de 72 mil toneladas de morango, distribuídas em mais de 70 mil estabelecimentos rurais (IBGE, 2011).

O sucesso na produção de alimentos é essencial para suprir necessidade alimentícia da população. No entanto, os produtos agrícolas estão constantemente sujeitos a redução da quantidade e qualidade, ao longo de todo o processo produtivo. As perdas em pós-colheita recebem atenção especial com relação às perdas ainda no campo, pois nestes produtos além do custo de produção também estão inseridos os custos com transporte, armazenamento e comercialização. A redução da quantidade de produtos agrícolas disponíveis, ao consumo, geralmente é resultado de danos de origem fisiológica ou patológica (Zambolim *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2006).

Frutos de morango têm posição destacada no que diz respeito à perecibilidade, tendo uma reduzida vida em pós-colheita devido dentre outros fatores a alta taxa respiratória e a incidência de podridões que atacam os frutos (Kader, 1991). Em frutos armazenados a temperatura de 21 a 26 °C, os danos devido a ocorrência de podridões podem chegar a 98% aos cinco dias de armazenamento (Henz *et al.*, 2008); danos de 41,2% também foram registrados por (Kader, 1991).

Um grande número de patógenos está associado às podridões de frutos de morango em pós-colheita. *Botrytis cinerea* Pers, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. e *Colletotrichum* spp., são considerados os mais importantes no Brasil em pós-colheita, embora outros fungos são relatados com menor frequência como *Rizoctonia solani*,

*Phytophthora* spp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pestalotia longisetula* Guba, *Mucor* spp., *Aspergillus* spp., *Gnomonia comari*, *Penicillium* sp e *Alternaria* spp. (Maas, 1998; Costa *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2005, Tanaka *et al.*, 2005; Zambolim & Costa, 2006; Henz *et al.*, 2008;).

Conhecer a correta etiologia das doenças, o comportamento dos diferentes patógenos frente às condições ambientais e a magnitude dos danos é de grande importância para se traçar estratégias de controle, que sejam eficientes em reduzir os danos. A etiologia também é essencial na adoção do manejo integrado de doenças, em pós-colheita, em frutos de morango que são altamente suscetíveis a podridões.

Devido a magnitude dos danos causados pelas podridões pós-colheita e a dificuldade de comercialização de frutos para áreas distantes dos locais de produção, devido a curta durabilidade em pós-colheita dos frutos de morango, torna-se necessário o uso de estratégias de manejo que visem reduzir sua incidência aumentando assim a vida útil em pós-colheita dos frutos.

A estratégia comumente utilizada no manejo de doenças em morango é a aplicação de fungicidas (Maas, 1998; Costa *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2005). No entanto, o controle químico implica no aumento do custo de produção, intoxicação de aplicadores, contaminação do ambiente e nem sempre leva a resultados satisfatórios (Zambolim, 1990). Além disso, os consumidores estão ávidos na busca de produtos livres de resíduos químicos levando assim a busca de alternativas ao controle químico, que não poluem e que podem ser empregadas de imediato por pequenos e grandes produtores.

Dentre as alternativas, os compostos naturais como a quitosana e nutrientes como cálcio e silício vêm despertando a atenção de fitopatologistas por reduzir a incidência de doenças, constituindo possíveis alternativas ao uso de fungicidas. O emprego da nutrição e a utilização de biofilmes, além de resultar em custo relativamente baixo, não polui em comparação aos fungicidas.

A quitosana é um produto natural obtido a partir da desacetilação da quitina de carapaça de crustáceos. Este polissacarídeo é biodegradável e não possui ação tóxica sobre plantas e animais. Atualmente vem despertando a atenção devido a sua atividade fungitóxica, ativação de mecanismos de defesa e da capacidade de formar biofilmes, fazendo com que este composto, seja uma alternativa no manejo de doenças em pós-

colheita de produtos agrícolas (Wilson *et al.*, 1994; Terry & Joyce *et al.*, 2004; Bautista-Baños *et al.*, 2006; Romanazzi, 2010).

A atividade fungitóxica da quitosana, esta relacionada à natureza policatiônica deste polissacarídeo, que reage com cargas expostas nas células fúngicas (Hirano & Nagao, 1989). Em patógenos comumente associados a podridões em frutos de morango como *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* e *Colletotrichum gloesporioides* tem se obtido efeito direto da quitosana, reduzindo o crescimento micelial, germinação de conídios e alterações morfológicas em hifas quando colocadas em meio de cultura, em contato com estes fungos (Zhang & Quantick, 1998; Hirano & Nagao, 1989; El Ghaouth *et al.*, 1992a; El Ghaouth *et al.*, 1992b; Bautista-Baños *et al.*, 2003; Ait Barka *et al.*, 2004).

Quitosana também pode atuar sobre os patógenos de forma indireta, como elicitor exógeno, ativando respostas de defesa do hospedeiro, conforme observado em frutos de morango que tiveram aumento da atividade de quitinases, e  $\beta$ -1,3-glucanases (Zhang & Quantick, 1998).

A formação de biofilmes é outra característica que dá vantagem para a utilização deste polissacarídeo em pós-colheita. Neste caso, o filme formado, pode atuar como barreira física a penetração de patógenos, reduzindo a ocorrência de ferimentos na superfície do fruto e mantendo a firmeza. Frutos de morango que receberam aplicação de quitosana tiveram a firmeza da polpa mantida, por um período maior que frutos não tratados (El Ghaouth *et al.*, 1991; Zhang & Quantick, 1998; Bhaskara Reddy *et al.*, 2000; Hernández-Muñoz *et al.*, 2006; Mazaro *et al.*, 2008).

A aplicação de quitosana em pré colheita ou em pós-colheita, aumentou a vida útil de frutos, por reduzir podridões em pós-colheita de frutos de morango (El Ghaouth *et al.*, 1991; Zhang & Quantick, 1998; Bhaskara Reddy *et al.*, 2000; Hernández-Muñoz *et al.*, 2006; Mazaro *et al.*, 2008).

Outra estratégia possível de ser utilizada no manejo de doenças em pós-colheita é o manuseio da nutrição. O cálcio se destaca por ser um macro nutriente essencial as plantas. Faz parte dos componentes da parede celular e está relacionado a diversas funções fisiológicas nas células de plantas (Hepler & Wayne, 1985).

Na cultura do morango, a aplicação de cálcio ganha importância, pois este elemento é requerido em grande quantidade ao longo do ciclo de produção. A aplicação

de cálcio tem vantagem de reduzir incidência de podridões e não interfere nas características de qualidade dos frutos (García *et al.*, 1996).

Dentre os mecanismos pelo qual o cálcio atua aumentando a resistência a doenças destaca-se o aumento da produção de pectina e a manutenção da integridade da parede celular, que leva a maior rigidez dos frutos e maior resistência ao ataque de patógenos, conforme evidenciado em frutos de morango (Lara *et al.*, 2004).

Os resultados apresentados na literatura, com aplicações de cálcio, podem ser variáveis, pois este elemento é encontrado no solo e muitas vezes suplementado por meio de aplicações de corretivos e fertilizantes, o que dificulta a padronização das condições experimentais e comparação dos resultados de pesquisa.

Aplicações semanais de cálcio, em pré-colheita, na dose de 2 kg por hectare reduziram a incidência de *B. cinerea* em frutos de morango (Singh *et al.*, 2007); resultados semelhantes foram observados com aplicações de doses variando de 0 a 20 kg por hectare de cloreto de cálcio reduzindo a incidência de *B. cinerea* em frutos de morango em pós-colheita (Cheour *et al.*, 1990). Aplicações de cálcio após a colheita de frutos de morango, levam ao aumento nos teores deste elemento nos frutos e redução de podridões em pós-colheita (García *et al.*, 1996; Lara *et al.*, 2004; Naradsorn, 2008); no entanto, não foi observado redução na incidência de podridões em frutos de morango mergulhados em soluções de 1 a 4% de cloreto de cálcio, (Silva, 2004).

O silício (Si) é encontrado em grandes quantidades nos solos e, apesar de não ser essencial as plantas, várias culturas, tem a capacidade de acumular grandes quantidades de silício, com efeito sobre várias doenças (Epstein, 1999). Este elemento pode atuar na constituição de barreira física impedindo a penetração de fungos e promover a ativação dos mecanismos de defesa pré e pós-formados da planta (Chérif *et al.*, 1992; Chérif *et al.*, 1994; Epstein, 1999).

Na cultura do morango, a aplicação de silício foi eficiente no controle do míldio pulverulento causado por *Sphaerotheca aphanis* (Wallr.) Braun var. *aphanis*, quando aplicado na dose de 25 a 100 mg l<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub>, em solução nutritiva (Kanto *et al.*, 2004). Aplicação de silicato de potássio ao solo na dose de 500 mg l<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub> também foi efetivo em reduzir a incidência míldio pulverulento em plantas de morango da cultivar ‘Toyonoka’ (Kanto *et al.*, 2006). Aplicação de silicato de potássio na dose 30g/L reduziu a incidência da mancha de Pestalotia em até 61% (Carré-Missio *et al.*, 2010).

No entanto são inexistentes trabalhos mostrando o efeito de aplicações de silício sobre podridões em frutos de morango em pós-colheita.

Há vários relatos na literatura, correlacionando a utilização de quitosana e cloreto de cálcio sobre a redução de podridões de frutas e hortaliças e, poucos com o uso do silício. Em morango, alguns trabalhos destacam o efeito da aplicação de cálcio e quitosana reduzindo as podridões em pós-colheita de frutos. No entanto, a maioria dos trabalhos foram realizados em condições artificiais, com ambiente controlado e inoculação de patógenos. Portanto são escassos na literatura, informações sobre a aplicação destes produtos, em lavouras comerciais de morango em regiões produtoras.

Neste contexto é necessário a disponibilização de informações, a fim de melhorar a qualidade de frutos de morango em pós-colheita. Devido a estes fatos, este trabalho foi desenvolvido visando: i- identificar os patógenos, envolvidos em podridões, na fase de pós-colheita de frutos de morango, e ii - estudar o efeito de estratégias alternativas de controle, baseando-se na aplicação de quitosana, cálcio e silício, a fim de reduzir podridões em frutos de morango e disponibilizar um produto com o mínimo de resíduos de agrotóxicos nos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIT BARKA, E., EULLAFFROY, P., CLÉMENT, C & VERNET, G. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. Plant Cell Reports 22: 608–614. 2004.

BAUTISTA-BAÑOS, S., HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N., VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M.G., HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M., AIT BARKA, E., BOSQUEZ-MOLINA, E & WILSON, C.L. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Protection 25: 108–118. 2006

BAUTISTA-BAÑOS, S., HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M., BOSQUEZ-MOLINA, E & WILSON, C.L. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. Crop Protection 22: 1087-1092. 2003.

BHASKARA REDDY, B.M.V., BELKACEMI, K., CORCUFF, F.C & ARUL, J. Effect of pre-harvest chitosan sprays on postharvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 20: 39–51. 2000.

CARRÉ-MISSIO, V., RODRIGUES, F.A., SCHURT, D.A., REZENDE, D.C., RIBEIRO, N.C & ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de Pestalotia em morango. Tropical Plant Pathology 35:182-185. 2010.

CHEOUR, F., WILLEMOT, C., ARUL, J., DESJARDINS, Y., MAKHLOUF, J., CHAREST, P.M & GOSSELIN, A. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science 115: 789-792. 1990.

CHÉRIF, M., ASSELIN, A. & BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. Phytopathology 84:236-242. 1994.

CHÉRIF, M., BENHAMOU, N., MENZIES, J.G. & BÉLANGER, R.R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 41:411-425. 1992.

COSTA, H., ZAMBOLIM, L & VENTURA, J.A. Manejo integrado das doenças do morangueiro. pp.131-164 In: ZAMBOLIM, L (Ed). Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais. Viçosa: 2003.

DIAS, M.S.C., CANUTO, R.S., SANTOS., L.O. & MARTINS, R.N. Doenças do Morango. pp.40-43. In:EPAMIG. Doenças pós-colheita. Belo Horizonte: Informe Agropecuário 26. 2005.

EL GHAOUTH, A., ARUL, J., GRENIER, J & ASSELIN, A. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology* 82: 398–402. 1992a.

EL GHAOUTH, A., ARUL, J., ASSELIN, A & BENHAMOU, N. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*. 96, 769–779. 1992b.

EL GHAOUTH, A., PONNAMPALAM, R & BOULET, M. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journoul Food Scienc* 56: 1618–1621. 1991.

EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 641–64. 1999.

FAOSTAT. Statistics Division. 2011. Acesso em: 17 January 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>

GARCÍA, J. M., HERRERA, S & MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 30-33. 1996.

HENS, G.P., REIS, A., SILVA, K.C.C & PEREIRA, S.F. Incidência de doenças de pós-colheita em frutos de morango produzidos no Distrito Federal. Brasília: Embrapa Hortaliças. Boletim Técnico13. 2008.

HEPLER, P.K & WAYNE, R.O. Calcium and plant development. *Annual Review of Plant Physiology* 36: 397- 439. 1985.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P., ALMENAR, E., OCIO, M.J., GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*: 39. 247–253. 2006.

HIRANO, A & NAGAO, N. Effects of chitosan, pectic acid, lysozyme, and chitinase on the growth of several phytopathogens. *Agricultural and Biological Chemistry* 11: 3065–3066. 1989

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. 2006. Acessado em 20 fevereiro de 2011. Online. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>

KANTO, T., MIYOSHI, A., OGAWA, T., MAEKAWA, K & AINO, M. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. *Journal of General Plant Pathology* 70:207–211. 2004.

KANTO, T., MIYOSHI, A., OGAWA, T., MAEKAWA, K & AINO, M. Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. *Journal of General Plant Pathology* 72:137–142. 2006

KADER, A.A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. pp.145-152 In:DALE, A & LUBY, J.J (Eds.). *The strawberry into 21<sup>st</sup> century*. Portland: Timber Press 29: 1991.

LARA, I., GARCÍA, P & VENDRELL, M. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 34: 331–339. 2004.

MAAS, J.L. *Compendium of strawberry diseases*. 2<sup>a</sup> Edição. Beltsville: APS Press/USDA, 98p, 1998.

MAZARO, S.M., DESCHAMPS, C., MIO, L.L.M., BIASE, L.A., GOUVEA, L.A & SAUTTER, C.K. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-s-metil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30: 185-195. 2008.

NARADSORN, M. Effect of nutrition on postharvest quality and grey mould developments in strawberry. Adelaide, University of Adelaide. Doctor in Philosophy: 185. 2008.

OLIVEIRA, M.A.C & SANTOS, A.M. Classificação botânica, origem e evolução. In: SANTOS, A.M & MEDEIROS, A.R.M (Eds). Morango: produção. Pelotas. Embrapa Clima Temperado. 16-17. 2003.

OLIVEIRA, S.M.A., TERAPO, D., DANTAS, S.A.F & TAVARES, S.C.C.H (Eds). Patologia pós-colheita: Frutas, Olerícolas e ornamentais Tropicais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 855p. 2006.

REZENDE, L.M.A., MASCARENHAS, M.H.T & PAIVA, B.M.. Panorama da produção e comercialização do morango. Informe Agropecuário 20: 5-19. 1999.

ROMANAZZI, G. Chitosan treatment for the control of postharvest decay of table grapes, strawberries and sweet cherries. Fresh Produce 4: 111-115. 2010.

SILVA, C.S. Qualidade e conservação do morango tratado em pós-colheita com cloreto de cálcio e do armazenamento em atmosfera modificada ativa. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". (Dissertação de Mestrado). 2004

SINGH, R., SHARMA, R. R & TYAGI, S.K. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae 112: 215-220. 2007.

STAUDT, G. Taxonomic studies in the genus *Fragaria*. Canadian Journal of Botany 40: 869–886. 1962.

STAUDT, G. The species of *Fragaria*, their taxonomy and geographical distribution. Acta Horticulturae 265: 23– 33. 1989.

WILSON, C.L., EL GHAOUTH, A., CHALUTZ, E., DROBY, S., STEVENS, C., LU, J.Y., KHAN, V & ARUL, J. Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. Plant Disease 78: 837-844. 1994.

TANAKA, M.A.S., BETTI, J.A & KIMATI, H. Doenças do morangueiro. pp.489-499 In: KIMATI, H., AMORIM, L., REZENDE, J. A.M., BERGAMIN FILHO, A &

CAMARGO, L.E.A. (Eds.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 4ª Edição. São Paulo: Agronômica Ceres. 2005.

TERRY, L.A., JOYCE, D.C. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biology and Technology* 32, 1–13. 2004.

ZAMBOLIM, L & COSTA. Manejo integrado de doenças do morangueiro. pp.55-80. CARVALHO, S.P (coord). Boletim do Morango: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAENG. 2006.

ZAMBOLIM, L., COSTA, H., VENTURA, J.A & VALE, F.X.R. Controle de doenças em pós-colheita de frutas tropicais. pp 443-512. In: ZAMBOLIM, L (Ed). Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais. Viçosa: 2002.

ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., CRUZ FILHO, J. & CHAVES, G.M. Emprego da calda Viçosa na cultura do tomateiro (*L. esculentum*) para o controle de doenças da parte aérea. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. (Informe Técnico 66).

ZHANG, D. AND P. C. QUANTICK Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73: 763–767. 1998.

## CAPÍTULO I

### ETIOLOGIA DE PODRIDÕES DE MORANGO EM PÓS-COLHEITA

#### 1- INTRODUÇÃO

Na agricultura as perdas devido a doenças ocorrem em várias etapas do processo produtivo e constituem um dos maiores entraves ao aumento de produção (Agrios, 2005). Na cadeia de produção de frutas e hortaliças um dos principais problemas de doenças ocorre em pós-colheita (Costa *et al.*, 2007). Além de sua magnitude as doenças afetam diretamente o produto comercial, levando a depreciação da qualidade e/ou reduzindo a quantidade disponível ao consumo (Benato, 1999; Agrios, 2005; Oliveira *et al.*, 2008).

Os danos em pós-colheita podem ser devido a desordens fisiológicas ou infecção por microrganismos, podendo variar entre outros fatores, em função da temperatura, umidade e manejo de frutos e hortaliças (Harvey, 1978; Kader, 1991). Os danos em pós-colheita são relacionados principalmente a incidência de podridões (Harvey, 1978; Zambolim *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2006), sendo os fungos responsáveis por 80 a 90% dos danos de origem microbiológica em frutas (Gullino, 1994). Em fruteiras tropicais as perdas em pós-colheita são estimadas de 5 a 50% da produção, podendo alcançar até 100% em condições favoráveis a ocorrência de doenças ( Zambolim *et al.*, 2002). Em frutos de morango foram registrados danos devido a ocorrência de podridões de 41,2% (Kader, 1991) e 98% aos cinco dias de armazenamento a 21-25 °C (Henz *et al.*, 2008).

Dentre os patógenos fúngicos que causam podridão em frutos de morango em pós-colheita no Brasil destacam-se *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* e espécies de *Colletotrichum*, embora outros fungos têm sido relatados com menor frequência, como *Rizoctonia solani*, *Phytophthora* spp, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pestalotia longisetula*,

*Gnomonia Comari* e *Alternaria* spp. (Costa *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2005, Tanaka *et al.*, 2005; Zambolim & Costa, 2006; Henz *et al.*, 2008;).

A ocorrência de doenças em plantas varia de acordo com a região, condições de clima e manejo da cultura (Maas, 1998). Portanto conhecer o comportamento das doenças em determinadas condições e sua correta etiologia, são fatores essenciais para se obter sucesso no manejo.

A região Serrana do Estado do Espírito Santo vem se destacando como pólo produtor de morango do estado (Seag/Pedeag, 2011). Entretanto, pouco se conhece a respeito das podridões em pós-colheita de frutos de morango. Torna-se necessário, portanto um estudo detalhado da etiologia, do comportamento e dos danos causados pelos patógenos ao longo do ano em pós-colheita do morango. A obtenção destas informações é fundamental para se traçar estratégias de manejo integrado que poderão ser adotadas a fim de se reduzir as perdas em pós-colheita de frutos de morango.

Diante desses fatos, este trabalho teve por objetivo, identificar os patógenos que causam podridões em pós-colheita de frutos de morango e quantificar os danos ao longo do ano, na região serrana do Estado do Espírito Santo.

## **2- MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1- Coletas e preparo das amostras**

Amostras mensais de frutos de morango foram coletadas em câmaras de armazenamento (temperatura de 2 °C) da empresa *PETERFRUT AGRÍCOLA S.A.*, localizada no município de Venda Nova do Imigrante, no período de Março de 2009 a Fevereiro de 2010.

Dez bandejas plásticas com cerca de 20 frutos de morango cada, totalizando cerca de 200 frutos foram amostradas mensalmente de câmaras frias, durante 12 meses. Em seguida, os frutos retirados das embalagens originais foram distribuídos em bandejas, com crivos isolados, a fim de evitar o contato entre os frutos. As bandejas com crivos contendo os frutos foram colocadas em saco plástico transparente, para manter a umidade e em seguida mantidas a 25 °C em incubadoras do tipo BOD, onde permaneceram até o término das avaliações aos quatorze dias após o armazenamento.

### **2.2- Comprovação da patogenicidade**

Quando se tratava de patógenos não descritos em causar podridão em frutos de morango, procedeu-se ao teste de patogenicidade. O organismo foi isolado em meio de cultura e, em seguida inoculado em frutos sadios. Após o surgimento dos sintomas, procedeu-se ao re-isolamento a fim de comprovar que se trata do mesmo organismo obtido anteriormente.

Foi tomado um número de 20 frutos sadios, sendo que, metade dos frutos (10 frutos) foram feridos na superfície com auxílio de uma agulha. Metade dos frutos feridos (5 frutos) e metade dos frutos não feridos (5 frutos) foram inoculados com uma gota suspensão de esporos na concentração de  $1,0 \times 10^5$ . Os frutos restantes, cinco frutos feridos e cinco não feridos não foram inoculados. Em seguida todos os frutos foram colocados em bandejas com crivos isolados que foram colocados em sacos plásticos transparente. Em seguida foram mantidos em incubadora do tipo BOD até os cinco dias após a inoculação. Os sintomas e sinais foram comparados aos observados inicialmente e o organismo re-isolado e comparado ao isolado obtido inicialmente.

### **2.3- Avaliação da incidência dos fitopatógenos**

As avaliações foram realizadas diariamente do primeiro ao sétimo dia de armazenamento. Foi determinada a incidência de cada fungo feita pela contagem do número de frutos com cada patógeno e em seguida estimada a incidência em percentagem. Alguns frutos possuíam mais de um patógeno, neste caso cada patógeno foi considerado isoladamente.

A identificação dos patógenos foi feita com auxílio de microscópio óptico para observação de estruturas características que foram comparadas a manuais de identificação (Carmichael *et al.*, 1980; Sutton, 1980; Mass, 1998; Domsch *et al.*, 2007). Quando necessário o patógeno foi isolado diretamente em meio de cultura Batata Dextrose Agar (BDA) para posterior identificação.

### **2.4- Frequência de aparecimento dos fitopatógenos durante o armazenamento**

As amostras mensais de 200 frutos, utilizadas para a avaliação da incidência, também foram utilizadas para avaliar a frequência de aparecimento dos diferentes organismos ao longo do armazenamento. Para isso os frutos permaneceram armazenados até o décimo quarto dia visando avaliar diariamente o dia de aparecimento de cada organismo e a frequência em cada dia de armazenamento.

### **2.5- Cálculo do dano causado pelos diferentes fitopatógenos**

Como o fruto de morango é o produto comercial e, uma simples lesão já o torna inviável para comercialização in natura, será considerado como dano, o fruto que tiver uma lesão causada por qualquer organismo. Portanto, se for detectado x % de um dado organismo em 100 frutos, o dano causado pelo organismo será o valor da incidência em 100 frutos.

### **2.6- Dados meteorológicos**

Os dados de temperatura e precipitação mensal média foram obtidos na estação meteorológica do Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural- INCAPER localizada a latitude de 20,383S, longitude de 41,050W e altitude de 950 metros, município de Domingos Martins.

### 3- RESULTADOS

#### 3.1 – Fitopatógenos identificados

Durante o período de Março de 2009 a Fevereiro de 2010 foram identificados 14 diferentes fungos causando podridões em frutos de morango (Anexo I). Alguns dos fungos foram identificados ao nível de gênero e outros ao nível de espécie.

*Botrytis cinerea* Pers. - Frutos com presença de lesões secas de coloração cinza que geralmente se iniciam na região do cálice e depois evoluem por todo o fruto. Observa-se nestas lesões a presença de conidióforos ramificados que sofrem dilatação em sua extremidade, que recebe o nome de ampola a qual termina em inúmeros denticulos onde se encontram os conídios. Os conídios, 9-15 x 8-11 µm, são de coloração marrom pálida e geralmente lisos, unicelular, obovóide a globlóide e secos. Este fungo foi identificado como *B. cinerea* agente causal da doença conhecida como mofo cinzento.

*Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. - Frutos infectados apresentando descoloração e extravasamento do líquido celular com posterior desintegração de todo o fruto, sob o qual se observa um micélio branco e cenocítico. Este fungo apresenta rizóides que se fixam ao substrato, e em sentido contrário aos mesmos são produzidos esporângióforos de 1-2 mm de comprimento em cuja extremidade se encontra os esporângios escuros de 85-200 µm de diâmetro. Os esporângiosporos, 7-15 x 5-8 µm, são irregulares ou ovais, escuros e secos quando maduros. Este patógeno foi identificado como *R. stolonifer* agente causal da podridão mole ou aquosa.

*Geotrichum candidum* Link – Frutos apresentando o desenvolvimento de intenso micélio branco que cresce superficialmente ao fruto formando uma massa branca compacta. Ocorre o extravasamento de líquido celular culminando na desintegração de todo o fruto que apresenta cheiro de “azedo” resultante do desenvolvimento do fungo e fermentação do fruto. O fungo apresentou artrósporos variando de 5-12 x 4-6 µm, cilíndrico, oval ou em forma de barril. Este organismo foi identificado como *G. candidum*.

*Pilidium concavum* (Desm.) Höhn - Frutos com lesões deprimidas marrons a bronzeadas, havendo fácil distinção entre tecido sadio e o doente que se destaca com

facilidade. Sobre as lesões surge grande quantidade de esporodóquios e raramente se observa micélio. O fungo possui esporodóquio variando de 273-354 x 86-121 µm com conidióforos longos 14- 47,5 µm de comprimento. Os conídios, 2,5-8,0 x 1,0-2,0 µm, são hialinos, filiformes, aseptados e alantóides. Este patógeno foi identificado como *P. concavum*.

*Pestalotia longisetula* Guba - Frutos com lesões secas com presença de micélio branco. Sobre a lesão ocorre frequentemente o desenvolvimento de gotas escuras na qual se encontram inúmeros conídios. Este fungo possui acérvulos erupentes e escuros variando de 130-180 µm de diâmetro onde são produzidos conídios, 25-30 x 5-8 µm, com três células centrais escuras e duas hialinas, uma em cada extremidade. Na célula apical geralmente se encontram três apêndices (23-37 µm) e na célula basal um pedicelo curto (4-10 µm ). A doença foi identificada como podridão de Pestalotia causado por *P. longisetula*.

*Colletotrichum* spp. - Frutos com lesões deprimidas de coloração variando de alaranjado, marrom a escuras que em condições de alta umidade ocorre esporulação intensa envolta em uma mucilagem. Sobre as lesões encontram-se acérvulos erupentes onde são produzidos conídios variando de 12-21 x 3,0-6,5 µm e forma variando de elipsóide, cilíndrico ou falcado formados em sucessão basipetal. A doença foi identificada como antracnose causada por espécies do gênero *Colletotrichum*.

*Aspergillus niger* Tiegh. – Frutos com a presença de uma podridão aquosa sobre a qual desenvolve um micélio branco onde se encontra conidióforos eretos em cuja extremidade são produzidos conídios escuros, globosos (1,5- 4 µm de diâmetro), secos e em cadeia. O patógeno foi identificado como *A. niger*.

*Aspergillus* sp. – Frutos apresentando lesões secas de desenvolvimento lento. Sobre as lesões observa-se micélio claro sobre qual se encontra conidióforos eretos em cuja extremidade são produzidos conídios globosos de coloração amarela e seca. O patógeno foi identificado como *Aspergillus* sp.

*Cylindrocladium candelabrum* – Frutos apresentando micélio branco com lesões definidas e úmidas. Os conídios são cilíndricos com apenas um septo com 45-58 x 3,5-5 µm. A vesícula é elipsoidal a estreitamente obpiriforme (espatulada) com 5-8 µm de diâmetro. O fungo foi identificado como *C. candelabrum*.

*Mucor* sp. – Frutos apresentando podridão aquosa sobre a qual se observa o desenvolvimento intenso de micélio amarelo que toma rapidamente todo o fruto. O

fungo possui hifas cenocíticas, ausência de rizóides e presença de columela. Os esporangiofóros sustentam esporângios amarelos 70-83 µm de diâmetro que produzem esporângiosporos de forma variável, 6-10 x 5-7,5 µm. O organismo foi identificado como *Mucor* sp.

*Phoma* sp. - Frutos com desenvolvimento intenso de micélio inicialmente branco, levando a um lento extravasamento de líquido celular, porém sem chegar a desintegrar o fruto e culminando no escurecimento do micélio e mumificação do fruto. Sob condições artificiais de meio de cultura foram observados conídios variando de 3-5 x 1-2 µm produzido em células conidiogênicas, 9-18 x 1-2 µm. Este fungo foi identificado como *Phoma* sp.

*Sclerotinia sclerotiorum* - Frutos com lesões encharcadas e leve extravasamento de líquido celular. As lesões geralmente se iniciam no cálice e tomam todo o fruto que apresenta um micélio branco com hifas espessas. Com o avanço da podridão é possível se observar a presença de escleródios escuros de forma irregular na superfície do fruto. Este fungo foi identificado como *Sclerotinia sclerotiorum*.

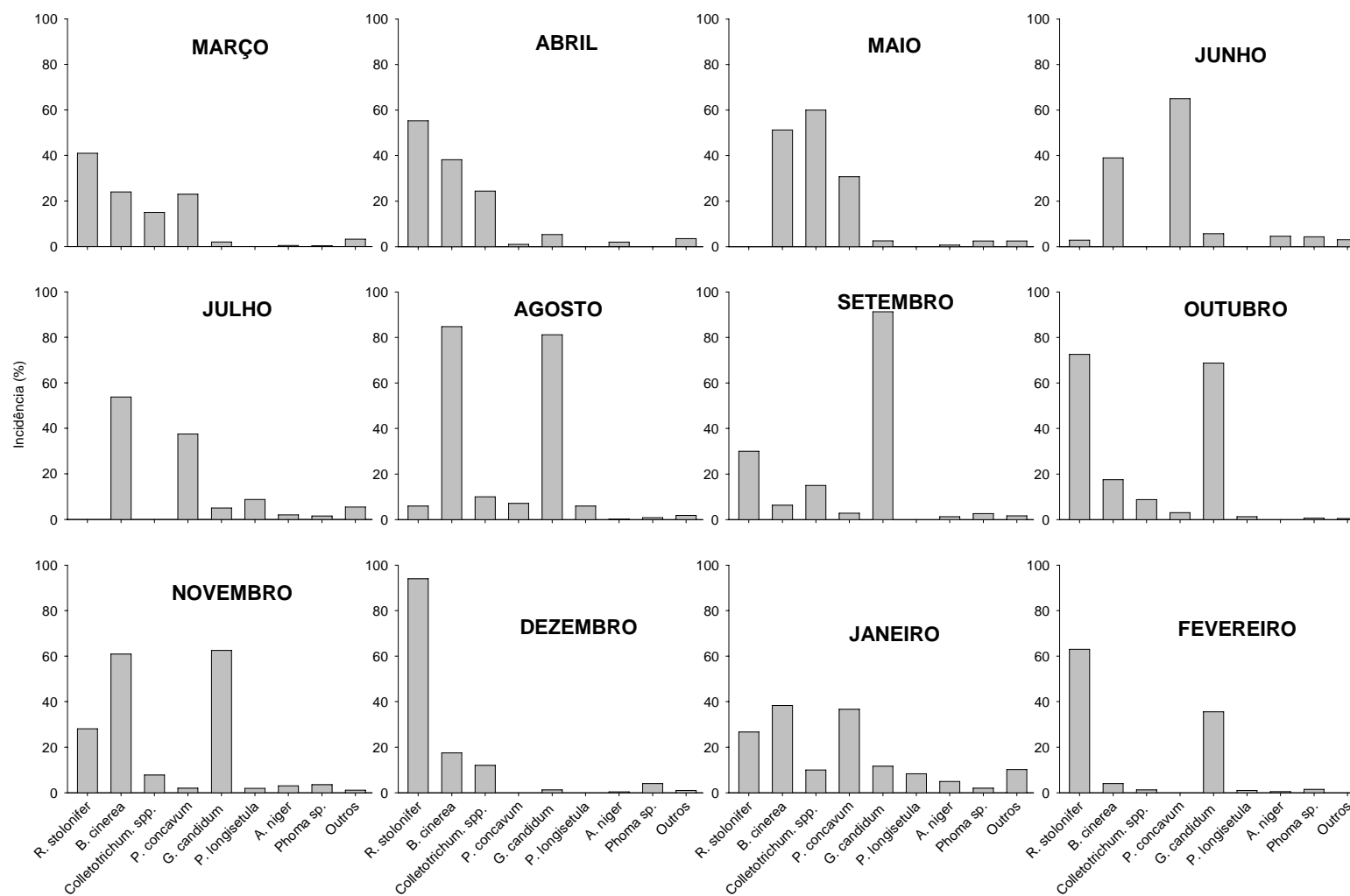
*Cladosporium* sp. – Frutos apresentando lesões escuras, secas, de lento progresso e que geralmente estão associadas a ferimentos. Sobre as lesões ocorre o desenvolvimento de micélio escuro com presença de conidióforo. Esporos são escuros limoniformes, produzidos em cadeia acropetal. O organismo foi identificado como *Cladosporium* sp.

*Penicillium* sp. – Frutos apresentando lesões secas geralmente associadas a ferimentos, de lento progresso e que raramente tomam todo o fruto. O patógeno apresenta conidióforo produzindo conídios em cadeia. O fungo foi identificado como *Penicillium* sp.

### **3.2- Incidência de fitopatógenos ao longo do ano de cultivo**

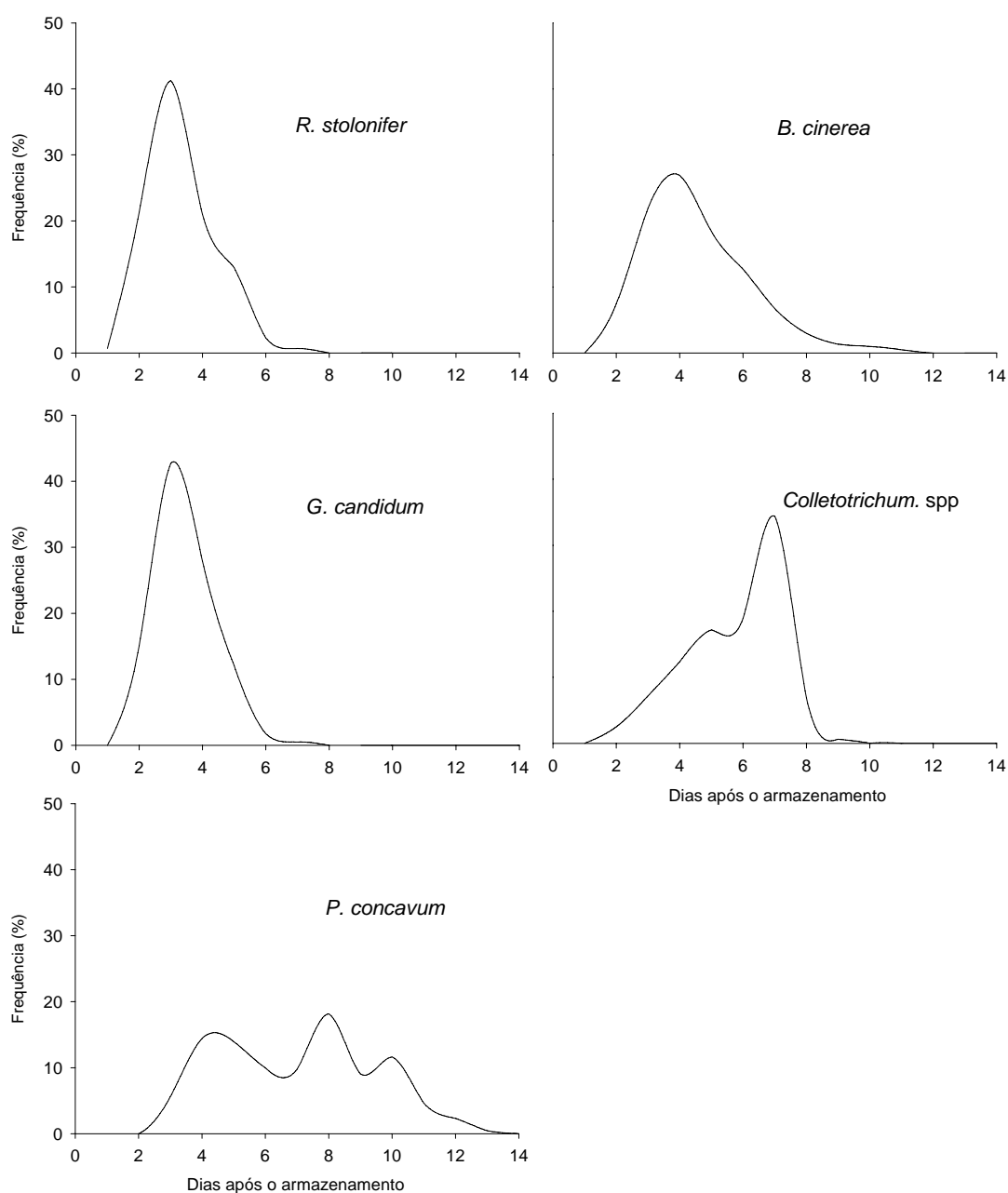
Os fungos identificados com maiores valores de incidência em frutos de morango, ao longo do ano, na região serrana do Estado do Espírito Santo foram: *B. cinerea*, *R. stolonifer*, *P. concavum*, *Colletotrichum*. spp. e *G. candidum*, com valores de incidência variando de 4,0-84,7% , 0-94%, 0-65%, 0-60%, 1,2-91%, respectivamente (Figura 1). Outros fungos como, *A. niger*, *P. longisetula* e *Phoma* sp. foram registrados em menor incidência com valores variando de 0-5%, 0-8,3% e 0-4%, respectivamente. Fungos como *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp.,

*Sclerotinia sclerotiorum*, *C. candelabrum*, *Mucor* sp. são de ocorrência esporádica e o somatório de suas incidências variou de 0-10% ao longo do ano.



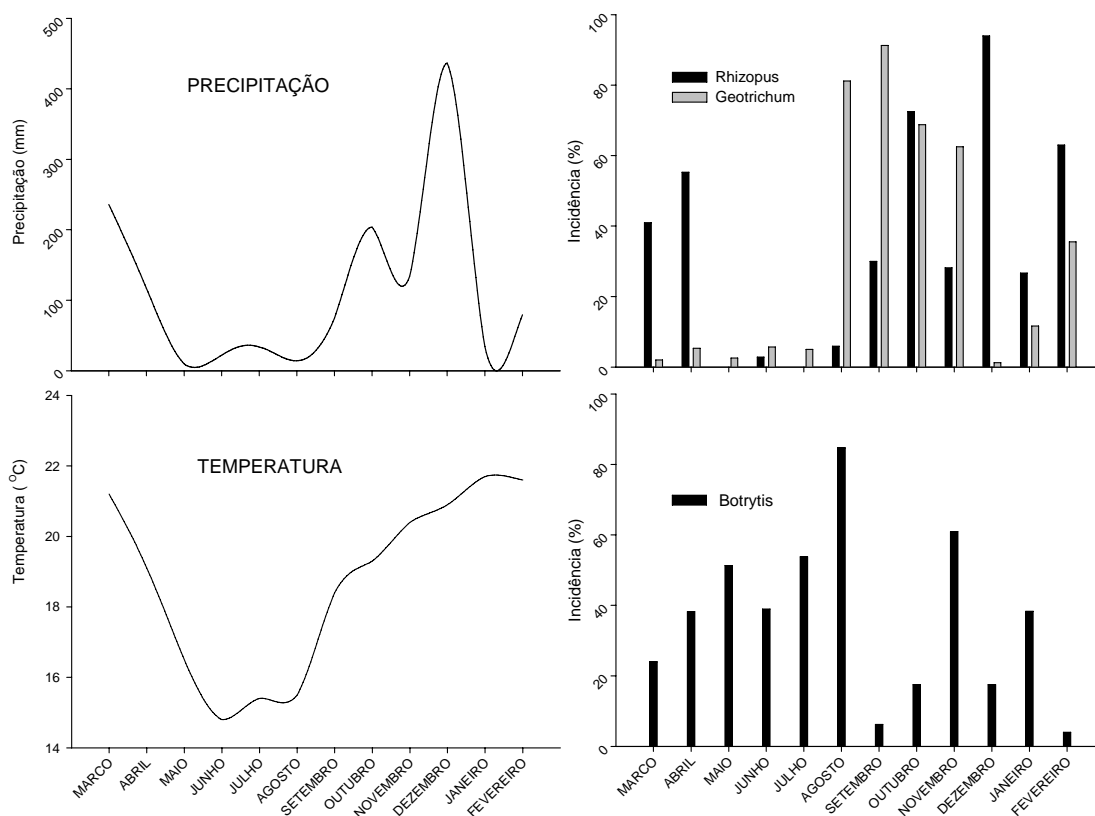
**Figura 1:** Incidência em porcentagem de fungos causando podridões em pós-colheita de morango na região serrana do Estado do Espírito Santo, entre os meses de Março de 2009 a Fevereiro de 2010

Os fungos *R. stolonifer* e *G. candidum* se desenvolvem rapidamente após o armazenamento dos frutos, e tendem a aparecer logo nos primeiros dias de armazenamento com máximo de ocorrência no terceiro dia. (Figura 2). Os fungos *Colletotrichum spp.* e *B. cinerea* desenvolvem mais lentamente, aparecendo maior número de frutos com estes patógenos em torno do sétimo e quarto dia de armazenamento respectivamente. Já o fungo *P. concavum* foi observado com freqüências semelhantes, do terceiro ao décimo segundo dia, ao longo de todo o período de armazenamento.



**Figura 2:** Frequência de aparecimento dos principais fitopatógenos em pós-colheita de morango, durante quatorze dias de armazenamento.

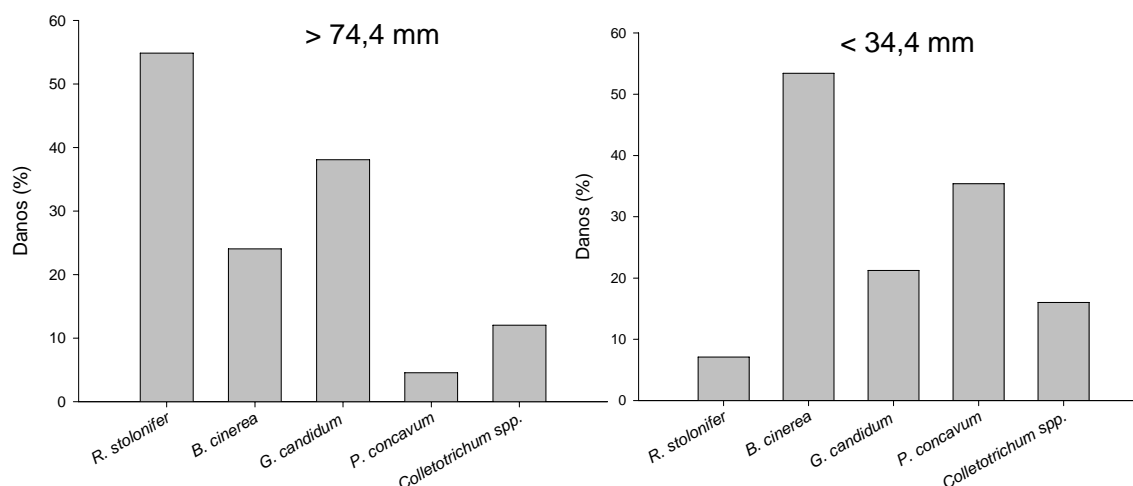
Durante o período de Março de 2009 a Fevereiro de 2010 a região apresentou dois períodos climáticos bem definidos, um com chuvas, geralmente associadas a temperaturas maiores e outro período com baixa precipitação geralmente associado a baixas temperaturas (Figura 3). Entre os meses de Maio a Agosto e no mês de Janeiro os valores de precipitação foram menores que 34,4 mm e temperatura média de 16,8 °C. Neste período a incidência dos fungos *R. stolonifer*, *G. candidum* foram menores enquanto que a de *B. cinerea* foi maior alcançando valor de incidência de 84,7% no mês de Agosto. Nos demais meses do ano a precipitação foi acima de 74,4 mm e a temperatura média de 20,1 °C. A incidência de *R. stolonifer*, *G. candidum* foram maiores nestes período alcançaram valores de incidência de 94% e 91% .



**Figura 3:** Variação da incidência de *R. stolonifer*, *G. candidum* e *B. cinerea* e das médias mensais de temperatura e precipitação de Março de 2009 a Fevereiro de 2010.

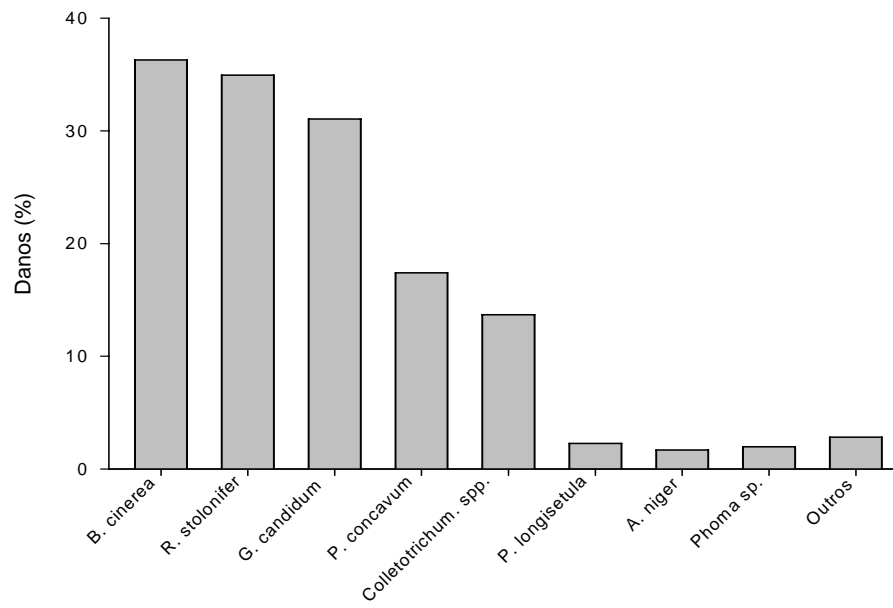
### 3.3- Danos causados por cada fitopatógeno.

Os danos causados pelos principais fungos em épocas de maior e menor precipitação foram variáveis (Figura 4). Em épocas de maior ocorrência de chuvas (> 74,4 mm) e temperaturas médias maiores (20,1 °C), *R. stolonifer* foi o principal fungo com danos chegando a 54,8% seguido por *G. candidum* (38%), *B. cinerea* (24%) e *P. concavum* (4,5%). Em épocas de baixa precipitação (< 34,4 mm) e temperaturas médias menores (16,8 °C), *B. cinerea* é o principal fungo sendo responsável por 53,5% dos danos em pós-colheita, seguida por *P. concavum* (35,4%), *G. candidum* (21,2%) e *R. stolonifer* (7%). Os danos causados por *Colletotrichum* spp. foram semelhantes nas duas épocas com valores de 12 e 16%.



**Figura 4:** Valores dos danos causados pelos principais fungos em pós-colheita em duas épocas de cultivo, com precipitação acima de 74,4 mm e abaixo de 34,4 mm.

Em termos gerais, frutos de morangos armazenados a 25 °C tiveram os seguintes danos causados pelos patógenos em pós-colheita, durante o ano: *B. cinerea* (36,3%), *R. stolonifer* (34,9%), *G. candidum* (31,1%), *P. concavum* (17,4%), *Colletotrichum* spp. (13,7%), *P. longisetula* (2,3%), *A. niger* (1,7%), *Phoma* sp. (2%) e *Mucor* sp., *S. sclerotiorum*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Aspergillus* sp. (2,8%). (Figura 5)



**Figura 5.** Danos médios causadas pelos diferentes patógenos em pós-colheita ao longo de um ano de avaliação.

\*Média de 12 meses de avaliação

#### 4- DISCUSSÃO

Foram identificados 13 diferentes gêneros de fungos causando podridão em frutos de morango, no período de Março de 2009 a Fevereiro de 2010, na região serrana do Estado do Espírito Santo.

Os fungos *B. cinerea*, *R. stolonifer* e *Colletotrichum* spp. foram os mais relatados causando maior incidência em podridões em frutos de morango no Brasil (Costa *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2005, Tanaka *et al.*, 2005; Zambolim & Costa, 2006; Henz *et al.*, 2008). Estes fungos além de possuírem ampla gama de hospedeiros, são os mais agressivos levando a perdas relevantes em pós-colheita de frutos de morango. No Brasil, *Colletotrichum* spp. geralmente estão associados a antracnose em fruteiras tropicais, *R. stolonifer* a podridão mole de órgãos carnosos em pós-colheita e *B. cinerea* ao mofo cinzento em diversas culturas (Kimati *et al.*, 2005; Oliveira *et al.* 2006). Os fungos *B. cinerea* e *Colletotrichum* spp. além de infectarem frutos no campo e em pós-colheita, podem também infectar folhas, pedúnculo, pecíolo e flores de morangueiro, enquanto que *R. stolonifer* constitui-se problema apenas em pós-colheita (Mass, 1998).

O fungo *G. candidum* é relatado causando podridão em frutos de morango no México (Fraire-Cordero *et al.*, 2003), entretanto, no Brasil este fungo foi encontrado associado a podridões em frutos de morango em pós-colheita, no entanto não foi feito nenhum relato oficial e nem depósito de material em herbário para posterior comparação. Portanto, este é o primeiro relato, com comprovação da patogenicidade desse fungo, no Brasil, infectando morango em pós-colheita.

No Brasil este fungo é conhecido por causar podridão em hortaliças como tomate, cenoura, rosáceas de caroço e citrus (Kimati *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2006). Este fungo é habitante do solo e pode ser encontrado nos mais diversos habitats (Domsch *et al.*, 2007).

Os fungos *P. longisetula* e *S. sclerotiorum* são espécies conhecidas em causar podridões de frutos de morango no Brasil. *P. longisetula* pode infectar também frutos verdes e folhas causando manchas foliares (Maas *et al.*, 1998). *Sclerotinia sclerotiorum* é uma espécie polífaga que ataca centenas de espécies cultivadas. Este fungo foi relatado no Brasil pela primeira vez em plantios comerciais de morangueiro no Estado do Espírito Santo (Zambolim & Costa, 2006). Nos últimos anos esses fungos vêm ganhando importância na cultura do morangueiro .

*Pilidium concavum* não é conhecido causando podridão em frutos de morango no Brasil. Este fungo é sinamorfo de *Hainesia lythi* (Desm.) Höhn (Palm, 1991; Rossman *et al.*, 2004), que foi descrito anteriormente em frutos de morango na Polônia (Golebniak & Jarosz, 2004) e já conhecido nos Estados Unidos (Maas, 1998). No Brasil, *H. lythi*, somente é relatada causando mancha foliar em eucalipto (Kimati *et al.*, 2005). Este é o primeiro relato de *P. concavum* causando podridão em frutos de morango no Brasil.

O gênero *Aspergillus* é conhecido causando podridão em pós-colheita de morango (Fraire-Cordero *et al.*, 2003; Maas *et al.*, 1998). No Brasil existem relatos de *Aspergillus* spp. em várias culturas; entretanto *A. niger* comumente é associado a perdas em algodão, cebola, amendoim e alho (Kimati *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2006), mas até o momento espécies de *Aspergillus* não foram relatados causando podridão em frutos de morango. Este é o primeiro relato de *A. niger* e *Aspergillus* sp. causando podridão em frutos de morango no Brasil.

*Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. e *Mucor* sp. são descritos como causadores de podridões em frutos de morango (Fraire-Cordero *et al.*, 2003; Maas *et al.*, 1998). No entanto estes fungos não são relatados em frutos de morango no Brasil, apesar de serem citados como patógenos em diversas culturas no país (Kimati *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2006). Este é o primeiro relato de *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. e *Mucor* sp. causando podridão em frutos de morango no Brasil.

O fungo *C. candelabrum* ainda não tinha sido identificado anteriormente causando podridão em frutos de morango. No Brasil, esta espécie já foi identificada causando morte de estaca e manchas foliares em eucalipto; o gênero *Cylindrocladium* é associado a morte de raízes em morangueiro (Kimati *et al.*, 2005). Assim como *C. candelabrum* espécies de *Phoma* ainda não foram relatadas causando podridões em frutos de morango no Brasil. Portanto este é o primeiro relato de *C. candelabrum* e *Phoma* sp. causando podridões em frutos de morango no Brasil.

Foram identificados quatorze diferentes fungos, associados à podridão em frutos de morango, em pós-colheita, sendo que, nove são novos relatos de patógenos em frutos de morango no Brasil. Este estudo nos mostra, a grande diversidade de fungos, envolvida em podridões em pós-colheita de frutos de morango, na região serrana do Estado do Espírito Santo.

A incidência da maioria dos fungos foi variável ao longo do ano. *Rhizopus stolonifer* e *G. candidum* ocorreram com maior incidência, em épocas com temperaturas mais altas e precipitação acima de 74,4 mm. Estes dois fungos ocorrem logo nos primeiros dias de armazenamento e devido a suas agressividades destroem rapidamente o fruto. Portanto, quando a incidência destes fungos é alta os demais tendem a ser baixa, pois desenvolvem rapidamente, suprimindo o crescimento de outros fungos. A maior incidência destes fungos nesta época é devido a maior sensibilidade dos frutos a danos mecânicos levando a ferimentos na superfície do fruto. Tais danos mecânicos servem de porta de entrada para a penetração de fungos. Além disso, os conídios de *G. candidum* germinam e se desenvolvem em temperaturas mais elevadas (Plaza *et al.*, 2003) e tende a causar maior número de infecções com aumento da umidade disponível na superfície dos frutos (Silveira *et al.*, 2001).

Quando a temperatura é baixa e a precipitação estiver abaixo de 34,0 mm, a incidência *R. stolonifer* e *G. candidum* tende a diminuir, devido a condições desfavoráveis a estes fungos. Por outro lado *B. cinerea* e *P. concavum* e outros fungos considerados de menor importância, em frutos, são favorecidos devido ao fato de se desenvolverem mais lentamente. Daí surge oportunidade do surgimento de uma maior diversidade de organismos que causam podridões em frutos de morango em pós-colheita.

Como *R. stolonifer* e *G. candidum* penetram basicamente por ferimentos, medidas de manejo para tornar os frutos mais resistentes e que evitem ferimentos, como menor manuseio, reduzirá significativamente perdas causadas por podridões em pós-colheita.

Maiores valores de incidência e danos causados por espécies de *Colletotrichum* em frutos, geralmente são registrados em períodos chuvosos. Estes fungos necessitam de água para dispersão, devido os conídios serem formados numa massa gelatinosa (Yang *et al.*, 2003), sendo favorecidos pela ocorrência de chuvas (Maas, 1998). A incidência de podridões causadas por *Colletotrichum* spp., em épocas chuvosas e épocas secas foram semelhantes, pois no estado do espírito Santo os plantios na época das chuvas (Outubro a Março) são realizados na sua quase totalidade, no sistema de túnel baixo, que impede que a água atinja diretamente folhas e frutos de morango, reduzindo significativamente a dispersão e conseqüente incidência deste fungo.

*Botrytis cinerea* foi o organismo que causou maiores danos, considerando todo ciclo da cultura, em pós-colheita seguido por *R. stolonifer* e *G. candidum*. Resultados semelhantes também foram relatados por outros pesquisadores (Fraire-Cordero *et al.*, 2003).

A semelhança de sintomatologia de podridões causadas por *Colletotrichum* spp. e *P. concavum* e, entre *R. stolonifer*, *Phoma* sp. e *A. niger* pode ter levado até o momento a estimativas errôneas de incidência e conseqüentemente de danos de *P. concavum*, *Phoma* sp. e *A. niger*. *Colletotrichum* spp. e *R. stolonifer* possivelmente estão sendo superestimados, enquanto que os danos causados por *P. concavum*, *Phoma* sp e *A. niger* até o momento não haviam sido constatados.

Portanto, tais fungos encontrados em menor incidência em frutos em pós-colheita (*P. concavum*, *Phoma* sp. e *A. niger*) não devem ser subestimados, pois podem ser importantes em outras áreas de cultivo em outras condições climáticas. Outro fungo que também tem grande potencial destrutivo a cultura e, conseqüentemente aos frutos de morango é *Sclerotinia sclerotiorum*. Esse fungo foi encontrado em diversas áreas de cultivo do morango no Estado do Espírito Santo.

A identificação dos organismos de menor incidência, em frutos do morango tem grande importância na tomada de decisão das estratégias de controle. Fungicidas recomendados para fungos que tem maior incidência, podem não ter ação contra outros organismos considerados secundários e, desta maneira pode-se não alcançar o controle das podridões.

Deve-se também ficar atento na patologia pós-colheita de morango quanto às épocas de cultivo. O cultivo de morango que era tipicamente de regiões de clima mais frio e em meses restritos do ano, devido ao uso de cultivares sensíveis ao fotoperíodo e a temperatura estão agora mudando. Com o avanço do melhoramento do morango, cultivares de dias neutros (insensíveis a fotoperíodo) já estão sendo plantados. Como tais cultivares suportam temperaturas mais elevadas, os plantios estão expandindo para áreas e épocas não tradicionais de cultivo. Isso possibilita plantios durante todo o ano, inclusive em épocas chuvosas e quentes, condições adequadas ao desenvolvimento de patógenos em pós-colheita.

Conclui-se por tanto que, a identificação de organismos em frutos de morango em pós-colheita, deve ser uma prática rotineira para que as estratégias de manejo das doenças que incidem na cultura no campo sejam eficientes.

## 5- CONCLUSÃO

- Foram identificados 14 diferentes fungos causando podridão em frutos de morango em pós-colheita na região serrana do Estado do Espírito Santo.
- *Pilidium concavum*, *Phoma* sp., *Aspergillus niger*, *Geotrichum candidum*, *Aspergillus* sp., *Cylindrocladium candelabrum*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Mucor* sp. são novos fungos identificados no Brasil em frutos de morango na pós-colheita.
- Os fungos *R. stolonifer*, *G. candidum* e *B. cinerea* foram os de maior incidência e importância em frutos de morango em pós-colheita.
- A incidência e conseqüentemente os danos dos organismos são variáveis ao longo da estação de cultivo, seguindo a variação de temperatura e da precipitação.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G.N. Plant Pathology, 5<sup>a</sup> Edition. Elsevier Academic Press. 922p. 2005.
- BENATO, E.A. Controle de doenças de pós-colheita em frutas tropicais. Summa Phytopathologica. Piracicaba 25: 90-93. 1999.
- CARMICHAEL, J.L. *Geotrichum candidum*. Mycologia 49: 820-830. 1957.
- CARMICHAEL, J.W., KENDRICK, W.B., CONNERS, L.L & SIGLER, L. Genera of Hyfomycetes. The University of Alberta Press. Canada. 386p. 1980.
- COSTA, H., ZAMBOLIM, L & VENTURA, J.A. Manejo integrado das doenças do morangueiro. pp.131-164 In: ZAMBOLIM, L (Ed). Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais. Viçosa: 2003.
- COSTA, H., ZAMBOLIM, L & VENTURA, J.A. Doenças de hortaliças que se constituem em desafio para o controle. pp. 319-348. In: ZAMBOLIM, L., LOPES, C. A., PIKANÇO, M.C & COSTA, H (Eds.). Manejo integrado das doenças e pragas: Hortaliças. Viçosa: 2007.
- DIAS, M.S.C., CANUTO, R.S., SANTOS., L.O. & MARTINS, R.N. Doenças do Morango. pp.40-43. In:EPAMIG. Doenças pós-colheita. Belo Horizonte: Informe Agropecuário 26. 2005.
- DOMSCH, K. H., GAMS, W & ANDERSON, T. Compendium of soil fungi, 2<sup>a</sup> Edition. 672p. 2007
- FRAIRE-CORDERO, M.L., YÁÑEZ-MORALES, M.J & ÁNGEL, D.N. Hongos patógenos em fruto defresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) em postcosecha. Rvista Mexicana de Fitopatologia. 33:285-291. 2003
- GOLEBNIAK, B & JAROSZ, A. First report of tan-brown rot (*Hainesia lythri*) on strawberry fruits in Poland. Phytopatologia Polonica 31: 57-60. 2004.

- GUBA, E.F. Monograph of *Monochaetia* e *Pestalotia*. Harvard University Press. Cambridge. 342p. 1961
- GULLINO, M.L. Lotta biológica a funghi agenti di marciumi della frutta in post-raccolta. *Informatore Fitopatologico*. Bologna 4: 5-13. 1994.
- HARVEY, J.M. Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. *Annual Review Phytopathology* 16: 321-41. 1978
- HENS, G.P., REIS, A., SILVA, K.C.C & PEREIRA, S.F. Incidência de Doenças de Pós-Colheita em Frutos de Morango Produzidos no Distrito Federal. Brasília: Embrapa Hortaliças. *Boletim Técnico* 13. 2008.
- KADER, A.A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. Pp.145-151. In: LUBY, J.J & DALE, A (Eds). *The strawberries into the 21<sup>st</sup> century*. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 1991.
- KIMATI, H., AMORIM, L., REZENDE, J. A.M., BERGAMIN FILHO, A & CAMARGO, L.E.A. (Eds.). *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4<sup>a</sup> Edição. São Paulo: Agronômica Ceres. 2005.
- MAAS, J.L. *Compendium of strawberry diseases*. 2<sup>a</sup> Edição. Beltsville: APS Press/USDA, 98p, 1998.
- OLIVEIRA, S.M.A., TERAPO, D., DANTAS, S.A.F & TAVARES, S.C.C.H (Eds). *Patologia pós-colheita: Frutas, Olerícolas e ornamentais Tropicais*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 855p. 2006.
- PALM, M.E. Taxonomy and Morphology of the Synanamorphs *Pilidium concavum* and *Hainesia lythri* (Coelomycetes). *Mycologia* 83: 787-796. 1991.
- PLAZA, P., USALL, J., TEIXIDÓ, N & VIÑAS, I. Effect of water activity and temperature on germination and growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum* and *Geotrichum candidum*. *Journal of Applied Microbiology* 94: 549–554. 2003.
- ROSSMAN, A.Y., AIME, M. C., FARR, D.F., ASTLEBURY, L.A., PETERSON, K.R & LEAHY, R. The coelomycetous genera *Chaetomella* and *Pilidium* represent

a newly discovered lineage of inoperculate discomycetes. *Mycological Progress* 3: 275–290. 2004.

Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aqüicultura e Pesca/Pano estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba. Acesso em 17 de Março de 2011. Disponível em : <http://www.seag.es.gov.br/pedeag/index.html>

SILVEIRA, N.S.S., MICHEREFF, S.J., MARIANO, R.L.R., TAVARES, L.A. & MAIA, L.C. Influência da temperatura, período de molhamento e concentração do inóculo de fungos na incidência de podridões pós-colheita em frutos de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira* 26:33-38.2001.

SUTTON, B.C. The Coelomycetes – Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata. 696. 1980.

TANAKA, M.A.S., BETTI, J.A & KIMATI, H. Doenças do morangueiro. pp.489-499 In: KIMATI, H., AMORIM, L., REZENDE, J. A.M., BERGAMIN FILHO, A & CAMARGO, L.E.A. (Eds.). *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4ª Edição. São Paulo: Agronômica Ceres. 2005.

YANG, X., WILSON, L.L., MADDEN, L.V & ELLIS, M.A. Rain Splash Dispersal of *Colletotrichum acutatum* from Infected Strawberry fruits. *Phytopathology* 80:590-595. 1990.

ZAMBOLIM, L & COSTA. Manejo integrado de doenças do morangueiro. pp.55-80. CARVALHO, S.P (coord). *Boletim do Morango: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico*. Belo Horizonte: FAENG. 2006.

ZAMBOLIM, L., COSTA, H., VENTURA, J.A & VALE, F.X.R. Controle de doenças em pós-colheita de frutas Tropicais. pp 443-512. In: ZAMBOLIM, L (Ed). *Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais*. Viçosa: 2002.

## CAPÍTULO II

### NUTRIENTES E QUITOSANA APLICADOS EM PRÉ E PÓS-COLHEITA SOBRE PODRIDÕES EM PÓS-COLHEITA DE MORANGO

#### 1- INTRODUÇÃO

A crescente preocupação, com a produção de alimentos livres de resíduos químicos, aliada à necessidade de controle de doenças, em frutos de morango em pós-colheita tem levado a busca de métodos alternativos para controle destas doenças. *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* e espécies de *Colletotrichum* são considerados os principais fungos causadores de podridão em pós-colheita de frutos de morango. Tais patógenos vêm demandando dezenas de aplicações de fungicidas, ao longo do ciclo da cultura, para que se possa atingir o controle eficiente das podridões (Maas, 1998; Zambolim & Costa, 2006)

O uso de compostos naturais como, a quitosana e nutrientes como o cloreto de cálcio e o silicato de potássio vêm despertando a atenção, por reduzir a incidência de doenças em várias culturas, constituindo alternativas ao uso de fungicidas (Epstein, 1999; Bautista-Baños *et al.*, 2006).

A quitosana é um polissacarídeo natural, que dentre outras características possui atividade fungitóxica sobre fungos, atividade elicitora ativando mecanismos de defesa na planta e a capacidade de formar biofilmes; por estas razões vêm despontando como uma alternativa no manejo de doenças em pós-colheita de fruteiras (Bautista-Baños *et al.*, 2006; Romanazzi, 2010). O efeito fungitóxico direto da quitosana foi observado sobre os fungos *R. stolonifer* e *B. cinerea* que são comumente associados, à podridão de frutos de morango, em pós-colheita (El Ghaouth *et al.*, 1992a; El Ghaouth *et al.*, 1992b). Frutos de morango que receberam aplicação de quitosana mantiveram a firmeza da polpa e reduziram a incidência de podridão em pós-colheita comparados aos que não

receberam aplicação de quitosana (El Ghaouth *et al.*, 1991; Zhang & Quantick, 1998; Bhaskara Reddy *et al.*, 2000; Hernández-Muñoz *et al.*, 2006; Mazaro *et al.*, 2008).

O cálcio é um macronutriente utilizado em grandes quantidades pelas plantas, principalmente via solo. Este elemento mantém a integridade da parede celular, levando a maior resistência ao ataque de patógenos em frutos de morango, em pós-colheita (Lara *et al.*, 2004). O cálcio também mantém a integridade da membrana reduzindo a perda de água e senescência de frutos (Huang *et al.*, 2005). Vários relatos mostraram efeito positivo da aplicação do cloreto de cálcio na redução da incidência de podridões em frutos de morango pós-colheita (Cheour *et al.*, 1990; Lara *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2007).

O silício é um nutriente não essencial, mas benéfico às plantas, que esta envolvido na redução de inúmeras doenças em várias espécies de plantas notadamente as gramíneas (Epstein, 1999). Na cultura do morango a aplicação de silício na forma de silicato de potássio se mostrou efetivo no controle do míldio pulverulento causado por *Sphaerotheca aphanis* (Wallr.) Braun var. *aphanis*, e a mancha de pestalotia causado por *Pestalotia longisetula* (Kanto *et al.*, 2004; Kanto *et al.*, 2006; Carré-Missio *et al.*, 2010).

Apesar dos vários relatos na literatura da utilização de quitosana e cloreto de cálcio (El Ghaouth *et al.*, 1991; Cheour *et al.*, 1990; Zhang & Quantick, 1998; Bhaskara Reddy *et al.*, 2000; Lara *et al.*, 2004; Hernández-Muñoz *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2007; Mazaro *et al.*, 2008) e alguns com silicatos (Kanto *et al.*, 2004; Kanto *et al.*, 2006; Carré-Missio *et al.*, 2010) são escassos trabalhos que combinam a aplicação destes produtos em plantios comerciais de morango em pré e pós-colheita visando à redução de podridões.

Diante destes fatos, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito de aplicações de quitosana, cloreto de cálcio e silicato de potássio, em campo e, quitosana em pós-colheita, sobre podridões em frutos de morango, em lavouras comerciais do Estado do Espírito Santo.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1- Aspectos gerais

Foram conduzidos dois experimentos em lavouras de produção comercial de morango na região de Santa Maria de Jetibá, estado do Espírito Santo no período de Março a Julho de 2010.

No experimento I foi utilizada a cultivar ‘Camarosa’ e no experimento II a cultivar ‘Oso Grande’, que foram cultivadas sob as mesmas condições de clima, solo e manejo. O sistema de plantio utilizado foi em canteiro de 25 cm de altura cobertos com mulching plástico preto, com duas linhas de plantas espaçadas de 35 cm nas entre linhas e 25 cm entre plantas. Após 45 dias de cultivo, no início da frutificação, os canteiros foram cobertos com plástico leitoso a 70 cm de altura (túnel baixo).

O solo utilizado para o plantio possuía as seguintes características: pH - 4,8; P - 4mg/dcm<sup>3</sup>; K- 69 mg/dcm<sup>3</sup>; Ca-1,0 cmol/dcm<sup>3</sup>; Mg-0,5 cmol/dcm<sup>3</sup>; Al – 0,7 cmol/dcm<sup>3</sup>; H+Al – 8,3 cmol/dcm<sup>3</sup>. Antes do plantio foram adicionados ao solo 235 kg/ ha de N, 425 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 435 de K<sub>2</sub>O e 5 toneladas/ha de calcário.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados no esquema de fatorial 9 x 2, com três repetições. Cada tratamento se iniciou no campo, com aplicações em pré-colheita na fase de formação do fruto (quatro semanas) e terminou com aplicação em pós-colheita. (Tabela 1).

**Tabela 1** - Produtos, doses e frequência de aplicação nos experimentos I e II.

<b>Pré-colheita</b>	<b>Dose/ha ou concentração</b>	<b>Aplicação/semana</b>	<b>Pós-colheita</b>
Cloreto de Cálcio	2 Kg de Ca	1 aplicação por semana	Com Quitosana
Cloreto de Cálcio	2 Kg de Ca	1 aplicação por semana	Sem Quitosana
Cloreto de Cálcio	2 Kg de Ca	2 aplicações por semana	Com Quitosana
Cloreto de Cálcio	2 Kg de Ca	2 aplicações por semana	Sem Quitosana
Quitosana <sup>2</sup>	1%	1 aplicação por semana	Com Quitosana
Quitosana <sup>2</sup>	1%	1 aplicação por semana	Sem Quitosana
Quitosana	1%	2 aplicações por semana	Com Quitosana
Quitosana	1%	2 aplicações por semana	Sem Quitosana
Cloreto de Cálcio + Quitosana	2 Kg de Ca / 1%	1 aplicação por semana (Junto no tanque)	Com Quitosana
Cloreto de Cálcio + Quitosana	2 Kg de Ca / 1%	1 aplicação por semana (Junto no tanque)	Sem Quitosana
Cloreto de Cálcio + Quitosana	2 Kg de Ca / 1%	1 aplicação por semana (Aplicado separado)	Com Quitosana
Cloreto de Cálcio + Quitosana	2 Kg de Ca / 1%	1 aplicação por semana (Aplicado separado)	Sem Quitosana
Silicato de potássio	500mg/L	1 aplicação por semana	Com Quitosana
Silicato de potássio	500mg/L	1 aplicação por semana	Sem Quitosana
Silicato de potássio + Quitosana	500mg/L/1%	1 aplicação por semana (Junto no tanque)	Com Quitosana
Silício + Quitosana	500mg/L/1%	1 aplicação por semana (Junto no tanque)	Sem Quitosana
Sem Aplicação	-	-	Com Quitosana
Sem Aplicação	-	-	Sem Quitosana

Cada parcela no campo foi constituída de um canteiro de 7,0 m e possuía um total de 56 plantas. Cada unidade experimental para avaliação pós-colheita foi constituída de 24 frutos oriundos das parcelas.

Os tratos culturais foram realizados normalmente de acordo com a necessidade da cultura e foram idênticos para as duas áreas.

Quando necessário foram utilizados para o controle de doenças os fungicidas Azoxistrobina (estrobilurina) + Difenconazol (triazol) produto comercial Amistar Top e Fluazinam (fenilpiridinilamina) produto comercial Frowncide 500 SC.

O controle da praga “ácaro rajado do morangueiro” (*Tetranychus urticae* Koch) foi realizado com uso de ácaro predador.

Após o plantio a adubação foi realizada com nutrientes aplicados via gotejo a base de sulfato de potássio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio, de acordo com o Sistema de Recomendação de Calagem e Adubação do INCAPER para a cultura do

morangueiro. Semanalmente foram feitas aplicações foliares do produto Vitta-CaB (Cálcio 8%, Boro 2%) a partir do florescimento na dose de 1,6 L/ha.

## **2.2- Preparo dos diferentes produtos**

A quitosana utilizada neste trabalho foi adquirida da Polymar Ciência e Nutrição S/A, na forma de pó e grau de desacetilação de 85%. O produto foi dissolvido em ácido acético a 1% e ajustada para a concentração de 1%.

Como fonte de cálcio foi utilizado o cloreto de cálcio (25% de cálcio), na forma de pó, que foi dissolvido em água de forma a se ajustar a dose de 2 kg/ha de cálcio.

Como fonte de silício foi utilizado Silicato de Potássio da PQ Silicas Brazil LTDA contendo 12,28% de silício.

## **2.3- Aplicação dos tratamentos, colheita e armazenamento**

As aplicações dos produtos iniciaram-se a partir dos 60 dias de plantio, quando as plantas se encontravam em pleno estágio de produção e se estenderam até os 90 dias após o plantio, totalizando quatro semanas de aplicação. Nas parcelas que receberam duas aplicações semanais dos produtos o intervalo de aplicação foi de 3 e 4 dias. Para realização das pulverizações foi utilizado um pulverizador costal bico jato leque calibrado para a aplicação de 1000 L/ha de calda.

Na quinta semana após o início da aplicação dos produtos foram realizadas duas colheitas. Em cada colheita, todos os frutos de cada parcela que possuíam maturação acima de 70% foram colhidos, colocados em caixas de papelão devidamente identificadas e levados ao laboratório de Fitopatologia do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e Extensão Rural – INCAPER, em Domingos Martins, ES.

Os frutos originados de cada parcela no campo foram selecionados quanto ao padrão de maturação, ausência de defeitos aparente e de podridões e dividido em dois grupos de 24 frutos cada. Metade dos frutos (24) oriundos de cada parcela foi mergulhado por 1 minuto em solução de quitosana e em seguida colocados sob a superfície seca onde receberam ventilação forçada por ventilador por 1 h a temperatura ambiente, para proceder a secagem. Logo após os frutos foram distribuídos em bandejas, com crivos isolados, a fim de evitar o contato entre os frutos. Em seguida as bandejas com crivos contendo os frutos foram cobertas com saco plástico transparente, para manter a umidade no seu interior. A outra metade dos frutos foi colocada diretamente em bandejas com crivos, cobertas com saco plástico e levados ao armazenamento.

Os frutos provenientes da primeira semana de colheita foram mantidos a 25 °C, em incubadoras do tipo BOD, onde permaneceram até o sexto dia de armazenamento. Os frutos obtidos da segunda semana de colheita foram preparados conforme descrito anteriormente e armazenados a 2 °C, em câmaras de armazenamento da empresa *PETERFRUT AGRÍCOLA S/A*, até os 22 dias após o armazenamento.

#### **2.4- Avaliação da incidência de podridões**

Os frutos de cada unidade experimental foram avaliados quanto à incidência de podridões totais e quanto à incidência de cada patógeno, empregando-se microscópio estereoscópico.

Em frutos armazenados a 25 °C foram realizadas avaliações diárias, do primeiro ao sexto dia de armazenamento e, em frutos armazenados a 2 °C foram avaliados aos 4°, 7°, 12°, 16°, 19° 22° dias de armazenamento, respectivamente.

Com os dados de incidência foi calculada a área abaixo da curva de progresso de podridões pelo método de integração trapezoidal (Campbell & Madden, 1990). Obteve-se as variáveis Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão Total (AACPPT), Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão causadas por *Botrytis cinerea* (AACPPB) e Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão causadas por *Rhizopus stolonifer* (AACPPR).

#### **2.5- Avaliação da produção de plantas**

Os frutos obtidos das duas colheitas, de cada experimento foram pesados separadamente, obtendo-se o peso de frutos produzidos por cada parcela no campo. Em seguida obteve-se o valor de produção semanal, obtido pela soma das duas colheitas. O peso médio de produção semanal de cada parcela foi dividido pelo número total de plantas da parcela, obtendo-se a produção semanal por planta.

#### **2.6- Teor de cálcio em folhas**

Foi realizada amostragem de folhas, nas parcelas que receberam aplicação de cloreto de cálcio e, nas parcelas sem aplicação, cinco semanas após o início da aplicação dos produtos. Coletou-se uma amostra simples em cada parcela e as folhas das três repetições correspondentes foram misturadas, obtendo-se uma amostra composta. As amostras foram devidamente identificadas e, levadas ao laboratório, onde foram lavadas

em água corrente a fim de retirar o excesso de produto na superfície. Posteriormente as amostras foram analisadas quanto ao teor de cálcio.

### **2.7- Análises Estatísticas**

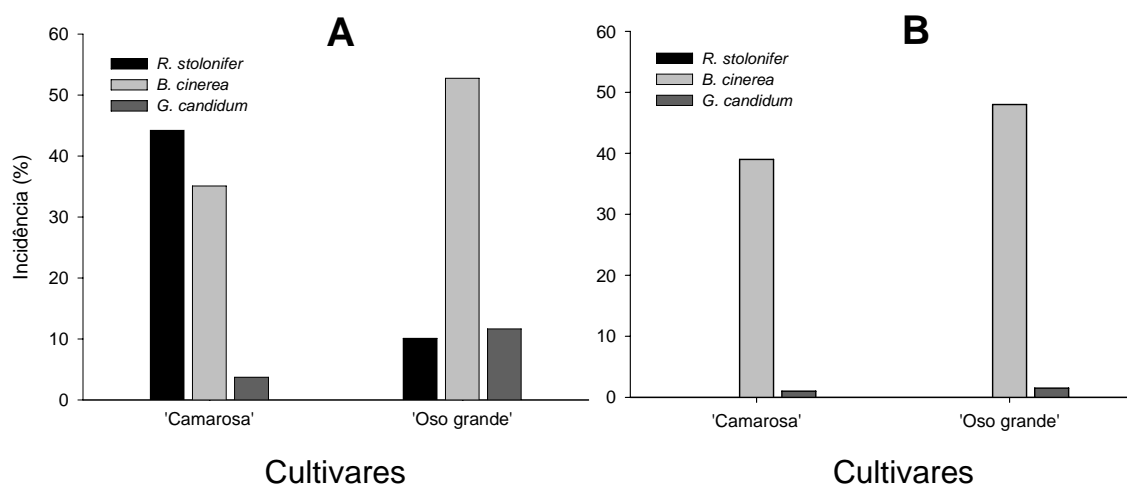
A variável produção semanal por planta foi analisada considerando-se um experimento em blocos casualizados, sendo submetido à análise de variância pelo teste F.

As variáveis AACPPT, AACPPB, AACPPR do experimento I e II foram submetidas à análise de variância pelo teste F e, ao teste de separação de médias Tukey a 5% de probabilidade, utilizando Software Statistic Analises System (SAS) para análises estatísticas.

### 3- RESULTADOS

#### 3.1- Incidência de podridões

Os fungos *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* e *Geotrichum candidum* foram os que apresentaram maior incidência e frequência, causando podridões em frutos de morango nos experimentos I e II. Em frutos da cultivar ‘Camarosa’, armazenados por 6 dias a 25 °C, a incidência média foi de 44,0% para *R. stolonifer* seguida por *B. cinerea* 35,0% e *G. candidum* 3,7%; para a cultivar ‘Oso Grande’ foi observada maior incidência de *B. cinerea* (53,7%) nos frutos, seguida por *G. candidum* (11,6%) e *R. stolonifer* (10%) (Figura 1). Em frutos armazenados por 22 dias, a 2 °C a maioria das podridões foram causados por *B. cinerea*, com incidência média de 39,5% e 48% nas cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso Grande’, aos 22 dias de armazenamento, respectivamente.

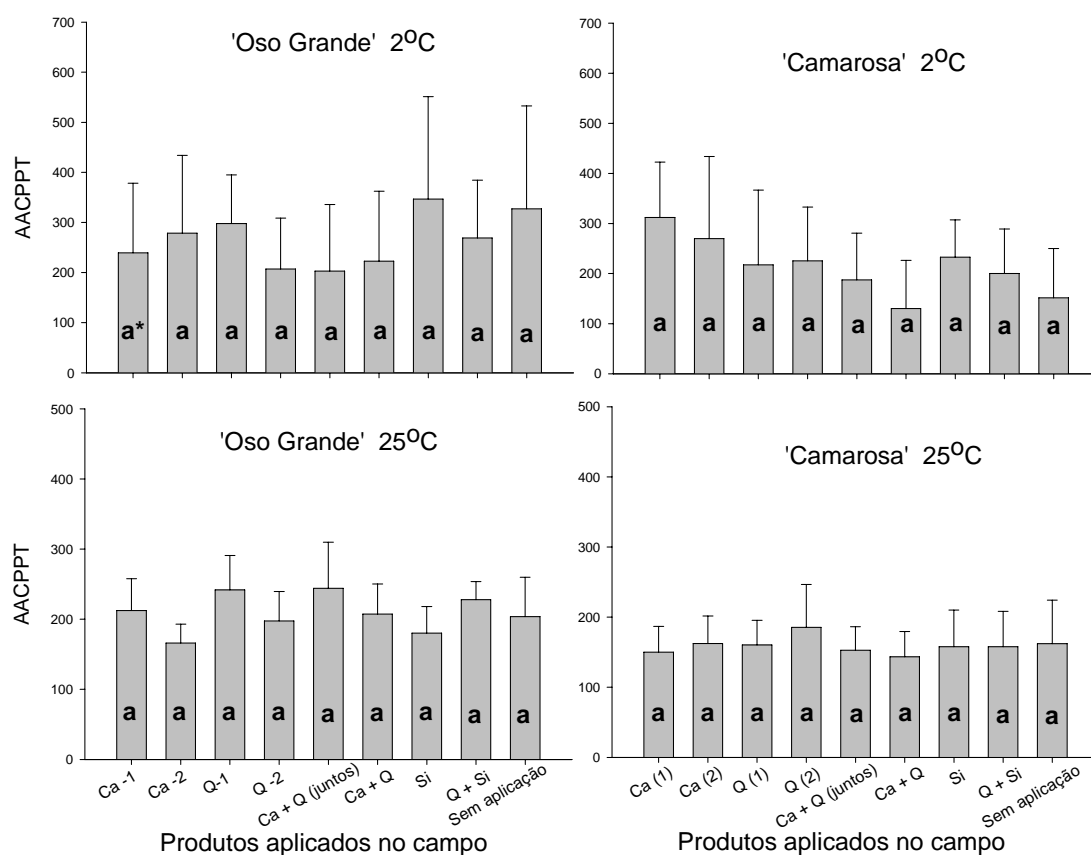


**Figura 1** - Incidência média de *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* e *Geotrichum candidum* em frutos de morango, nas cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso grande’ armazenados por 6 dias, a 25 °C (A) e incidência de *Botrytis cinerea* nas cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso grande’ aos 22 dias a 2 °C (B).

Não houve interação entre os produtos aplicados no campo e em pós-colheita, nos experimento I e II ( $P > 0,05$ ); portanto, o efeito das aplicações de cloreto de cálcio, quitosana e silicato de potássio no campo foram analisados separadamente, da aplicação de quitosana em pós-colheita.

Não foi observada redução da AACPPT, AACPPB, AACPPR ( $P > 0,05$ ) em frutos das cultivar ‘Oso grande’ e ‘Camarosa’, submetidos a diferentes aplicações de

cloreto de cálcio, quitosana e silicato de potássio no campo e armazenados a 2 °C e 25 °C (Figura 2).



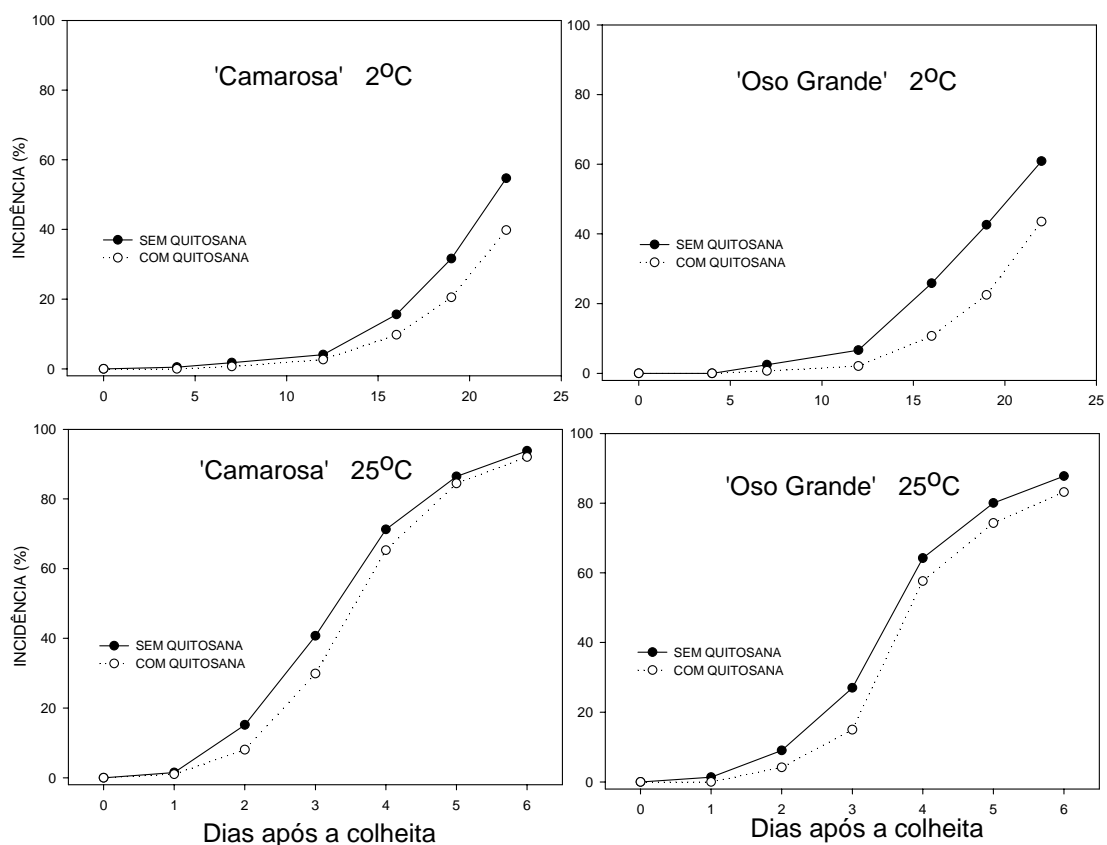
**Figura 2:** Valores médios de Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão Total, AACPPPT de frutos das cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Camarosa’ que receberam aplicação de cloreto de cálcio na dose de 2kg de Ca aplicado uma vez por semana (Ca-1), cloreto de cálcio na dose de 2kg de Ca aplicado duas vez por semana (Ca-2), quitosana (1%) aplicado uma vez por semana (Q-1), quitosana (1%) aplicado duas vez por semana (Q-2), cloreto de cálcio + quitosana aplicados uma vez por semana juntos no tanque (Ca + Q juntos), cloreto de cálcio + quitosana aplicados uma vez por semana separados (Ca + Q), silicato de potássio (Si), silicato de potássio + quitosana juntos no tanque (Q + Si), sem aplicação e armazenados aos 2 °C e 25 °C.

\*Barras seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

O progresso de podridões em pós-colheita, nas cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso Grande’, armazenadas a 2 °C, foi mais lento do que quando os frutos foram armazenados a temperatura de 25 °C (Figura 3).

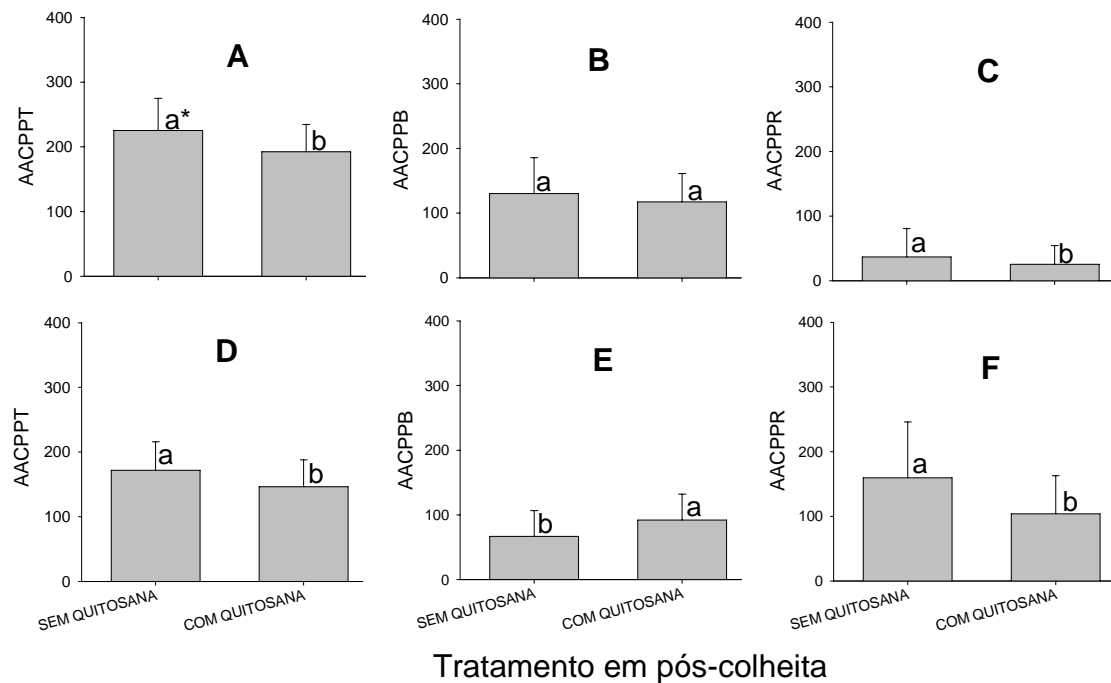
Frutos da cultivar ‘Camarosa’ não tratados com quitosana, em pós-colheita foram observados com podridão, à partir do quarto dia de armazenamento, atingindo 54,7% de incidência aos 22 dias; para frutos tratados somente foi observado o aparecimento de frutos com podridão aos sete dias de armazenamento, atingindo 39% de incidência, aos 22 dias de armazenamento. Frutos da cultivar ‘Camarosa’ armazenados a 25 °C, desenvolveram podridão, a partir do primeiro dia de armazenamento, mesmo quando foram tratados com quitosana, em pós-colheita; entretanto, a incidência de podridão em frutos tratados em pós-colheita, foi menor ao longo de todo os dias de armazenamento, alcançando 93% e 92% aos seis dias de armazenamento, para frutos não tratados e tratados com quitosana, respectivamente.

Podridões em frutos da cultivar ‘Oso grande’ armazenados a 2 °C foram observadas, a partir do sétimo dia de armazenamento, tanto em frutos tratados e não tratados com quitosana. A incidência de podridão atingiu 43,5% (com quitosana) e, 60,8% (sem quitosana), aos 22 dias de armazenamento, obtendo-se redução de 17,3% na incidência. Quando os frutos foram armazenados a 25 °C, apresentaram podridões à partir do primeiro dia, quando não receberam aplicação de quitosana, enquanto que em frutos tratados, as podridões surgiram a partir do segundo dia, atingindo 87,7% e 83% aos seis de armazenamento.



**Figura 3** - Curva cumulativa de incidência de podridões em frutos das cultivares ‘Camarosa e ‘Oso Grande’, que receberam ou não a aplicação de quitosana, em pós-colheita, quando armazenados aos 2 °C e 25 °C.

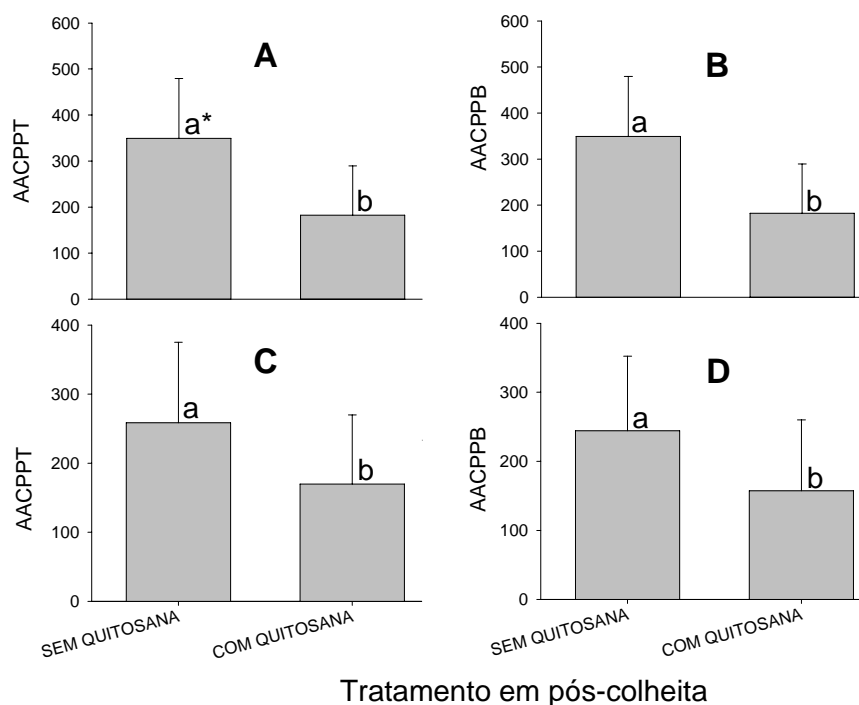
Frutos da cultivar ‘Oso Grande’ submetidos a aplicação de quitosana, em pós-colheita e, armazenados a 25 °C tiveram 17,0% a menos de AACPPPT e 44% a menos de AACPPR (  $P < 0,05$  ), semelhante ao observado na cultivar ‘Camarosa’ com redução da AACPPPT e AACPPR de 17,3 % e 53%, respectivamente (Figura 4). No entanto, não se observou redução da AACPPB, em frutos destas cultivares tratados com quitosana e armazenados a 25 °C.



**Figura 4** - Valores de Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão Total, AACPPT (A), AACPPB (B), AACPPR (C) na cultivar ‘Oso grande’ e AACPPT (D), AACPPB (E), AACPPR (F) na cultivar ‘Camarosa’ que receberam ou não aplicação de quitosana, em pós-colheita e armazenados a 25 °C.

\*Barras seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

Quando os frutos de morango foram armazenados a 2 °C, após aplicação de quitosana, em pós-colheita, houve redução na AACPPT de 91% na cultivar ‘Oso Grande’ e 52% na ‘Camarosa’, quando comparado a frutos que não receberam aplicação de quitosana em pós-colheita; resultado semelhante foi observado para a AACPPB que foi reduzido de 91% e 55% , nas cultivares ‘Oso grande’ e ‘Camarosa’, respectivamente (Figura 5).



**Figura 5** - Valores de Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão Total, AACPPT (A) e Área Abaixo da Curva de Progresso de Podridão *B. cinerea*, AACPPB (B) em frutos da cultivar ‘Oso Grande’ e AACPPT (C) e AACPPB (D) em frutos da cultivar ‘Camarosa, que receberam ou não a aplicação de quitosana, em pós-colheita armazenados a 2 °C.

\*Barras seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

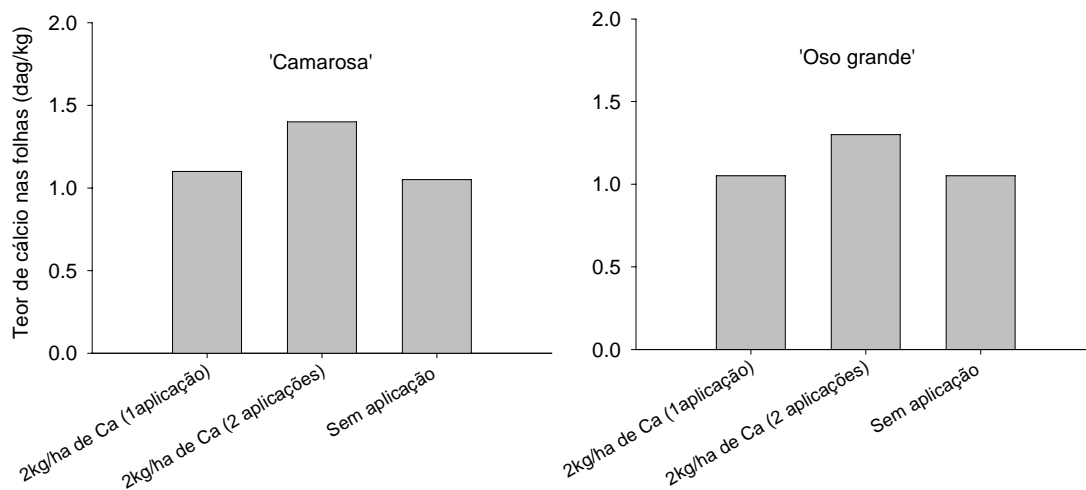
### 3.3- Produtividade

Plantas das cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso Grande’ não tiveram a produção alterada quando receberam aplicação de cloreto de cálcio, quitosana e silicato de potássio em pré-colheita ( $P > 0,05$ ).

### 3.4- Teores de cálcio em folhas

O teor de cálcio nas folhas manteve-se semelhante, em plantas que receberam a aplicação de cálcio na dose de 2,0 kg/ha de Ca, semanalmente (Figura 6) quando comparado a plantas que não receberam aplicação. Em plantas que receberam duas

aplicações semanais, na dose de 2,0 kg/ha cálcio, observou-se incremento do teor de cálcio de 1,05 dag/kg para 1,40 dag/kg na cultivar ‘Camarosa’ e de 1,30 na ‘Oso Grande’.



**Figura 6** - Teor de cálcio em folhas de morangueiro (dag/kg), que receberam a aplicação complementar de 2,0 kg/ha de cálcio uma vez por semana, 2,0 kg/ha cálcio duas vezes por semana, e plantas que não receberam aplicação complementar, nas cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso grande’.

#### 4- DISCUSSÃO

O progresso das podridões em frutos de morango, armazenados a temperatura de 2 °C foi mais lento, em relação a 25 °C, devido ter ocorrido provavelmente redução do metabolismo dos fungos, reduzindo assim o seu desenvolvimento e, conseqüente apodrecimento dos frutos.

A temperatura de 2 °C poucos fungos tem a capacidade de se desenvolver; no entanto, *B. cinerea* mesmo à 2 °C causou podridão em frutos de morango, enquanto que *R. stolonifer* não foi capaz de causar podridão. Entretanto o crescimento e o desenvolvimento dos fungos podem ser iniciados, caso os frutos sejam armazenados em temperaturas favoráveis aos fungos (Lopes *et al.*, 2010).

O armazenamento a temperatura de 25 °C favorável ao desenvolvimento de *R. stolonifer*, maiores valores de incidência foram observados para a cultivar ‘Camarosa’ quando comparada a ‘Oso grande’. A cultivar ‘Camarosa’ possui menor firmeza em relação a ‘Oso Grande’ (Fumis *et al.*, 2003), por isso pode apresentar maior dano físico, levando ao aumento da incidência de podridões causadas por este fungo, que penetra indiretamente os frutos por meio de ferimentos na superfície. Na cultivar ‘Oso Grande’ a menor incidência de ferimentos, reduz as chances da ocorrência de podridões causadas por *R. stolonifer*, aumentando dessa maneira a quantidade de frutos com podridão causada por *B. cinerea*.

O cálcio é um macronutriente essencial as plantas, e é encontrado em grande parte da lamela média de células vegetais. Este elemento também é encontrado na membrana plasmática de células vegetais mantendo a integridade de membrana o que reduz a perda de água conforme observado em células de frutos de lichia (Huang *et al.*, 2005). Este nutriente é aplicado rotineiramente na cultura do morango, tanto via foliar como via solo. Aplicações de cálcio na forma de cloreto de cálcio, na dose de 2,0 kg/ha de Ca, uma vez e duas vezes por semana, não reduziram a quantidade de frutos de morango com podridão, em pós-colheita, apesar de ter sido observado, incremento do teor de cálcio de 28,5% nas folhas de plantas de morango, que receberam duas aplicações de cloreto de cálcio por semana. O teor de cálcio encontrado em folhas de morango que receberam aplicações de cálcio, na dose de 2,0 kg/ha de Ca, uma vez e duas vezes por semana e plantas que não receberam aplicação complementar de cálcio

ficou entre 1,0 a 2,5 dag/kg, considerada normal, para a cultura segundo o sistema de recomendação de adubação e calagem do Estado do Espírito Santo, para o morango, do INCAPER. Isto sugere que, aplicações rotineiras de fontes de cálcio, sob as formas de calcário, nitrato de cálcio e Vitta-CaB supriram a necessidade deste elemento, não se observando, portanto, resposta das cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso Grande’ às aplicações foliares de cálcio.

Resultados positivos com aplicação de quitosana em pré-colheita reduzindo podridões em pós-colheita foram observados na cultivar ‘Aromas’ na dose de 1% (Mazaro *et al.*, 2008) e, na cultivar ‘Sescape’ na dose de 2, 4 e 6,0 % (Bhaskara Reddy *et al.*, 2000). No entanto, neste trabalho a quitosana assim como o silicato de potássio quando foram aplicados por via foliar, por quatro semanas, não reduziram a incidência de podridões em pós-colheita de frutos das cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso grande’, quando armazenados a 2 °C e 25 °C, respectivamente.

As cultivares ‘Camarosa’ e ‘Oso grande’ possuem maior porte e grau de enfolhamento quando comparados a cultivares ‘Aromas’ e ‘Sescape’ que possuem plantas mais compactas (Duarte Filho *et al.*, 2006). Dessa maneira, quando os produtos são atomizados, dificilmente atingem a superfície dos frutos, que geralmente estão localizados nas partes inferiores da planta, reduzindo dessa maneira, o efeito destes produtos, aplicados em plantas no campo. A aplicação de doses de quitosana acima de 1%, como foi efetuada nesse trabalho é dificultada, devido a alta viscosidade da solução dificultando a atomização do produto.

A aplicação de quitosana em pós-colheita, reduziu a incidência de podridão causada por *R. stolonifer*, a temperatura de 25 °C, devido a provável ação fungitóxica desse produto, sobre o fungo; além disso, a quitosana apresenta efeito indireto, pela formação de uma camada protetora sobre os frutos, em pós-colheita. A quitosana tem efeito direto sobre *R. stolonifer* e *B. cinerea* (El Ghaouth *et al.*, 1992a; El Ghaouth *et al.*, 1992b) e da maior firmeza aos frutos de morango, quando aplicado em pós-colheita (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008).

No caso de podridões causadas por *B. cinerea* à temperatura de 25 °C, a aplicação de quitosana em pós-colheita, não afetou o número de frutos com sintomas na cultivar ‘Oso Grande’ enquanto que, na cultivar ‘Camarosa’, a incidência de podridão causada por *B. cinerea* foi maior, em frutos tratados. Em altas temperaturas ocorre maior transpiração dos frutos (Kader, 1991), fazendo com que haja aumento na umidade

dentro das embalagens, favorecendo, portanto o desenvolvimento de *B. cinerea*; *R. stolonifer* não necessita de água livre, na superfície dos frutos, para que ocorra o máximo de podridão (Silveira *et al.*, 2001). Portanto nestas condições ocorre aumento da incidência de *B. cinerea*. Apesar dos maiores valores de incidência de podridão de *B. cinerea* observados em frutos da cultivar ‘Camarosa’, tratados e armazenados a 25 °C, houve redução na incidência de podridões totais, pois a incidência de podridão de *B. cinerea* na cultivar ‘Camarosa’ foi menor do que a de *R. stolonifer*.

Quando os frutos foram armazenados a 2 °C a redução das podridões foi evidente, para ambas cultivares, sendo que a maioria das podridões foi causada por *B. cinerea*. Nesta temperatura, o lento desenvolvimento das podridões, permitiu maior efeito da quitosana e melhor distinção do tratamento.

A capacidade de produtos aplicados por via foliar, de aumentar ou reduzir a produção, deve ser analisada, quando se busca alternativas para o manejo de doenças. Obteve-se acréscimo no número de folhas e massa seca de plantas de morango, quando a quitosana foi aplicada três vezes mensalmente (Abdel-Mawgoud *et al.*, 2010). Neste trabalho, não foi observada diferença na produção de frutos de morango, com e sem aplicação de quitosana. Como a quitosana foi aplicada durante quatro semanas, quando os frutos já haviam sido formados, provavelmente não afetou a produção de frutos de morango.

No entanto a aplicação de quitosana, cloreto de cálcio e silicato de potássio não reduziu a carga pendente dos frutos, sugerindo que estes produtos não possuem efeito fitotóxico, sobre plantas de morangueiro nas doses aplicadas.

O uso da quitosana em pós-colheita mostrou-se eficiente em reduzir a incidência de podridões totais, principalmente pela redução da incidência de *R. stolonifer* e *B. cinerea*; entretanto, o efeito foi mais evidente, quando os frutos foram armazenados em temperaturas menores pois ocorre um desenvolvimento mais lento das podridões.

Apesar do benefício do uso da quitosana aplicada em pós-colheita, na redução de podridões, sua aplicação em escala comercial deve ser tratada com cuidado levando em consideração, vários fatores envolvidos no tratamento em pós-colheita. Portanto, a decisão final, da utilização do tratamento em pós-colheita de frutos de morango, deverá ser do produtor que deve levar em consideração, a logística do processo, o custo envolvido e o benefício adquirido.

## 5- CONCLUSÃO

- As aplicações de cloreto de cálcio, quitosana e silicato de cálcio em campo não reduziram a incidência de patógenos em pós-colheita nas condições avaliadas.
- A aplicação de quitosana em frutos em pós-colheita reduziu a incidência de podridões em frutos de morango, principalmente quando armazenados a 2 °C.
- Houve redução da incidência em pós-colheita de *Rhizopus stolonifer* nas duas cultivares avaliadas a 25 °C.
- Houve redução da incidência em pós-colheita de *Botrytis cinerea* nas duas cultivares avaliadas, a 2 °C.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAWGOUD, A.M.R., TANTAWY, A.S., EL-NEMR, M.A., SASSINE, Y.N. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *European Journal of Scientific Research*: 39. 161-168. 2010.

BHASKARA REDDY, B.M.V., BELKACEMI, K., CORCUFF, F.C & ARUL, J. Effect of pre-harvest chitosan sprays on postharvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 20: 39–51. 2000.

BAUTISTA-BAÑOS, S., HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N., VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M.G., HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M., AIT BARKA, E., BOSQUEZ-MOLINA, E & WILSON, C.L. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*: 25. 108–118. 2006

CAMPBELL, C.L., MADDEN, L.V. *Introduction to plant disease epidemiology*. New York. John Wiley & Sons, 1990. 430p.

CARRÉ-MISSIO, V., RODRIGUES, F.A., SCHURT, D.A., REZENDE, D.C., RIBEIRO., N.C & ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de *Pestalotia* em morango. *Tropical Plant Pathology* 35:182-185. 2010.

CHEOUR, F., WILLEMOT, C., ARUL, J., DESJARDINS, Y., MAKHLOUF, J., CHAREST, P.M & GOSSELIN, A. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115: 789-792. 1990.

DUARTE FILHO, J. Cultivares de morangueiro. pp.15-22. In: CARVALHO, S.P (coord). *Boletim do Morango: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico*. Belo Horizonte: FAEMG. 2006

EL GHAOUTH, A., ARUL, J., GRENIER, J & ASSELIN, A. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology* 82: 398–402. 1992a.

EL GHAOUTH, A., ARUL, J., ASSELIN, A & BENHAMOU, N. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*. 96, 769–779. 1992b.

EL GHAOUTH, A., PONNAMPALAM, R & BOULET, M. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journou Food Scienc* 56: 1618–1621. 1991.

EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 641–64. 1999.

FUMIS, T. F., SAMPAIO, A.C., PALLAMIN, M.L & OLIVEIRA, O.M. Avaliação tecnológica de nove cultivares de morango na região de Bauru - SP. *Horticultura Brasileira (Suplemento)* 21: 321-321. 2003.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P., ALMENAR, E., OCIO, M.J & GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*: 39. 247–253. 2006.

HUANG, X., WANG, H., YUAN, W., LU, J., YIN, J., LUO, S & HUANG, H. A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. *Postharvest Biology and Technology*: 36. 177–189. 2005

KANTO, T., MIYOSHI, A., OGAWA, T., MAEKAWA, K & AINO, M. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. *Journal of General Plant Pathology* 70:207–211. 2004.

KANTO, T., MIYOSHI, A., OGAWA, T., MAEKAWA, K & AINO, M. Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. *Journal of General Plant Pathology* 72:137–142. 2006

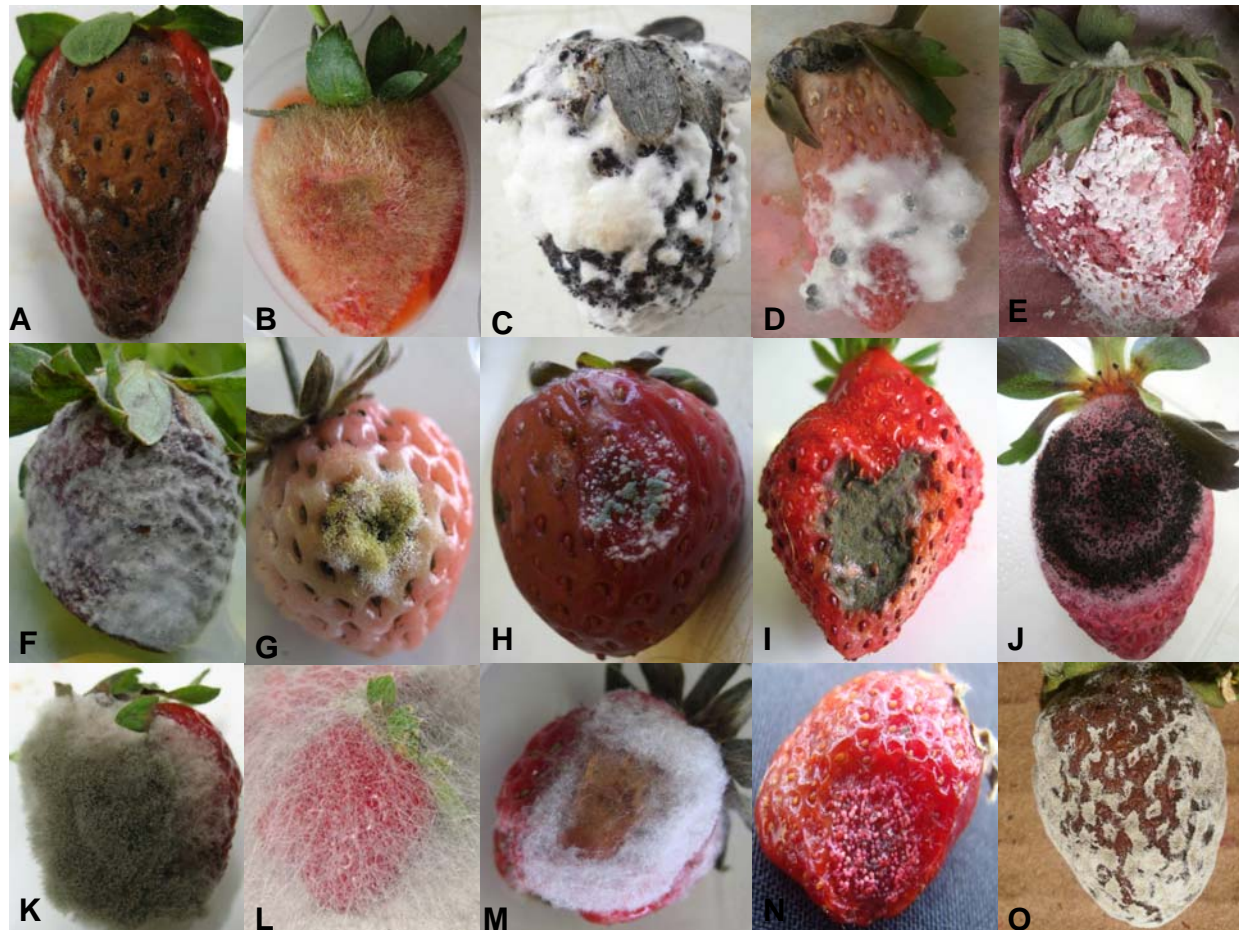
KADER, A.A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. pp.145-152 In:DALE, A & LUBY, J.J (Eds.). *The strawberry into 21<sup>st</sup> century*. Portland: Timber Press 29: 1991.

- LARA, I., GARCÍA, P & VENDRELL, M. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 34: 331–339. 2004.
- LOPES, U.P ; SOUZA NETO, P. N ; LOPES, U.N ; NOGUEIRA JUNIOR, A. F. ; ROSADO, A.W.C ; COSTA, H ; ZAMBOLIM, L ; COSTA, A. F . Desenvolvimento de patógenos em frutos de morangueiro submetidos a diferentes tempos de armazenamento a 2° C. In: 50° Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari. *Horticultura Brasileira* (Suplemento) 28: 1073-1076. 2010
- MAAS, J.L. Compendium of strawberry diseases. 2<sup>a</sup> Edição. Beltsville: APS Press/USDA, 98p, 1998.
- MAZARO, S.M., DESCHAMPS, C., MIO, L.L.M., BIASE, L.A., GOUVEA, L.A & SAUTTER, C.K. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-s-metil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30: 185-195. 2008.
- ROMANAZZI, G. Chitosan treatment for the control of postharvest decay of table grapes, strawberries and sweet cherries. *Fresh Produce* 4: 111-115. 2010.
- SINGH, R., SHARMA, R. R & TYAGI, S.K. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 112: 215-220. 2007.
- ZAMBOLIM, L & COSTA. Manejo integrado de doenças do morangueiro. pp.55-80. CARVALHO, S.P (coord). *Boletim do Morango: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico*. Belo Horizonte: FAENG. 2006.
- ZHANG, D. AND P. C. QUANTICK Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73: 763–767. 1998.

## CONCLUSÕES GERAIS

- Foram identificados quatorze diferentes fungos causando podridão em frutos de morango, em pós-colheita, na região serrana do Estado do Espírito Santo.
- *P. concavum*, *Phoma* sp., *A. niger*, *Aspergillus* sp., *C. candelabrum*, *G. candidum*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Mucor* sp. serão relatados como novos patógenos em frutos de morango em pós-colheita no Brasil.
- Os patógenos *R. stolonifer*, *G. candidum* e *B. cinerea* são os mais importantes fungos causadores de podridão em frutos de morango, em pós-colheita, na região serrana do Espírito Santo.
- A incidência e conseqüentemente os danos dos fungos causadores de podridão são variáveis, ao longo da estação de cultivo, seguindo a variação de temperatura e precipitação.
- As aplicações de cloreto de cálcio, quitosana e silício em campo, não reduziram a incidência de patógenos em pós-colheita.
- A aplicação de quitosana em frutos em pós-colheita reduziu a incidência de podridões em frutos de morango de até 17,3% quando armazenados a 2 °C e 4,7% quando armazenados a 25 °C.
- Houve redução de até 14% da incidência de *Rhizopus stolonifer* em frutos tratados com quitosana em pós-colheita e armazenados a 25 °C.
- Houve redução da incidência de *Botrytis cinerea* de 11,6% na cultivar ‘Camarosa’ e 16,4% na ‘Oso Grande’ quando avaliadas a 2 °C.

## APÊNDICE A



Podridões causadas por: *Colletotrichum* sp. (A), *Mucor* sp (B), *Pestalotia longisetula* (C), *Sclerotinia sclerotiorum* (D), *Geotrichum candidum* (E), *Phoma* sp. (F), *Aspergillus* sp. (G), *Penicillium* sp. (H), *Cladosporium* sp. (I), *Aspergillus niger* (J), *Botrytis cinerea* (K), *Rhizopus stolonifer* (L), *Cylindrocladium candelabrum* (M), *Pilidium concavum* (N) e *Botrytis cinerea* (O).

## ANEXO A

Plant Pathology (2010) 59, 1171

Doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02331.x

### First report of *Pilidium concavum* causing tan-brown rot in strawberry fruits in Brazil

U. P. Lopes<sup>a</sup>, L. Zambolim<sup>a\*</sup>, U. N. Lopes<sup>a</sup>, O. L. Pereira<sup>a</sup> and H. Costa<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000 Viçosa, MG; and <sup>b</sup>Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 29375-000, Venda Nova do Imigrante, ES, Brazil

Between March and July 2009, a survey of diseases was conducted on strawberry fruits (*Fragaria × ananassa* in Venda Nova do Imigrante, in the state of Espírito Santo, Brazil). Sunken, yellowish brown lesions with the presence of sporodochia were observed in approximately 70% of fruits stored at 20–25°C with high humidity. A sample was stored in the herbarium at the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil (VIC 31215). Fungal structures were taken directly from the fruit and examined microscopically for morphological characteristics. Sporodochia were 273–354 × 86–121 µm with long conidiophores, 13.7–47.5 µm in length. Conidia, 2.6–8.2 × 1.0–2.1 µm, were hyaline, filiform, aseptate, and allantoid to canoe-shaped, forming singly. The fungus fits the description of *Pilidium concavum* (synanamorph: *Hainesia lythri*) (Rossman *et al.*, 2004), which is commonly associated with leaf spotting and post-harvest diseases in strawberry (Opgenorth & White, 1991; Golebniak & Jarosz, 2004).

The fungus was isolated in pure culture on potato dextrose agar. Pathogenicity tests were conducted on fresh strawberry fruits that were either slightly wounded by a needle or not wounded. Strawberry fruits were submerged in a conidial suspension ( $2 \times 10^6$  conidia/mL) obtained from rinsing a 15-day-old colony with water. Controls were

submerged in sterile distilled water. The inoculated fruits were maintained in a moist chamber at 25°C. Lesions typical of those described above were detected 2 days after inoculation on 100% of the wounded and 40% of the non-wounded fruits. Sporodochia appeared on the fruits 3 days after inoculation. The control fruits remained healthy. The original fungus was re-isolated from inoculated fruits showing the symptoms.

In Brazil, this fungus is reported to cause leaf spot on eucalyptus (Krugner & Auer, 2005), but this is the first report of *P. concavum* causing tan-brown fruit rot of strawberry. It is important to document this finding in Brazil so as to promote research to screen chemical products and test cultivars for resistance to this disease. Currently, there are no registered chemical products to control this pathogen on strawberry in Brazil, where in tropical areas the climate is favourable for disease development.

#### Acknowledgements

The authors are grateful to CNPQ, FAPEMIG and Peterfrut Group for the financial support.

© 2010 The Authors  
Plant Pathology © 2010 BSPP

1171

#### References

- Golebniak B, Jarosz A, 2004. First report of tan-brown rot (*Hainesia lythri*) on strawberry fruits in Poland. *Phytopathologia Polonica* 31, 57–60.
- Krugner TL, Auer CG, 2005. Doenças dos eucaliptos. In: Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamini Filho A, Camargo LEA, eds. *Manual de Fitopatologia – Doenças de Plantas Cultivadas*. São Paulo, SP, Brazil: Agronômica Ceres, 319–32.
- Opgenorth D, White J, 1991. Hainesia leaf spot on strawberry. *California Plant Pest and Disease Report* 10, 27–9.
- Rossman AY, Aime MC, Farr DF, Castlebury LA, Peterson KR, Leahy R, 2004. The coelomycetous genera *Chaetomella* and *Pilidium* represent a newly discovered lineage of inoperculate discomycetes. *Mycological Progress* 3, 275–90.

\*E-mail: zambolim@ufv.br. Accepted 19 March 2010 at <http://www.bspp.org.uk/ndr> where figures relating to this paper can be viewed.