

JOSÉ MAURO DE SOUSA BALBINO

EFEITOS DE HIDROTERMIA, REFRIGERAÇÃO E ETHEPHON  
NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO MAMÃO (*Carica  
papaya* L.)

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Curso de Fisiologia  
Vegetal, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
FEVEREIRO - 1997

JOSÉ MAURO DE SOUSA BALBINO

EFEITOS DE HIDROTERMIA, REFRIGERAÇÃO E ETHEPHON NA QUALIDADE  
PÓS-COLHEITA DO MAMÃO (*Carica papaya* L.).

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Curso de Fisiologia  
Vegetal, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*

APROVADA: 2 de setembro de 1996

---

Prof. Paulo Roberto Mosquim  
(Conselheiro)

---

Prof. Fernando Luiz Finger  
(Conselheiro)

---

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão

---

Dr. Sérgio Agostinho Cenci

---

Prof. Rolf Puschmann(Orientador)

A meus pais.

A meus irmãos.

A meus sobrinhos e cunhados.

A Tânia e a Juliana.

## AGRADECIMENTO

Ao Mestre Jesus Cristo, pela luz, esperança, saúde e perseverança.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização de mais este curso.

À Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), pela liberação para a realização do curso e pela cessão de instalações da Estação Experimental de Linhares para a realização de parte deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À EUROBRAZ, pela concessão de equipamentos e frutos para a realização do trabalho, bem como à Gaia Importação e exportação, pela concessão de frutos para a realização de alguns experimentos.

Aos Professores Rolf Puschmann, Paulo Roberto Mosquim e Fernando Luiz Finger, pela disponibilidade, orientação e pelos ensinamentos durante o curso, indispensáveis à realização e ao aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Professor Luiz Carlos Chamhum Salomão, pela cessão das instalações do setor de Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia e pelas sugestões e colaborações apresentadas.

Ao Dr. Sérgio Agostinho Cenci, da EMBRAPA\CTAA, pelas críticas e sugestões.

Aos Pesquisadores da EMCAPA Adelaide de Fátima Santana da Costa, Aureliano Nogueira da Costa, Hécio Costa, José Aires Ventura, José Ricardo Liberato e Luciano Furtado de Mendonça, pelas sugestões, pelo apoio e pela ajuda durante a realização dos experimentos.

Aos amigos de curso, especialmente a Ebenezer, Eliomar, Carla, Carlos, Fagoni, Gilmar, Luciano, Marcos Antônio, Nátia, Paulo Henrique, Ricardo e Ronaldo, pelo apoio, pela colaboração e amizade durante as disciplinas e a realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos Vítor e Wellington, pela acolhida, principalmente no início do curso.

Aos meus pais, irmãos e a minha esposa Tânia, sempre presentes e disponíveis.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

JOSÉ MAURO DE SOUSA BALBINO, filho de José Balbino Santos e Maria Aparecida de Sousa Santos, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 13 de setembro de 1958.

Em dezembro de 1980, graduou-se em Agronomia e em dezembro de 1985, recebeu o título de Mestre em Fitotecnia, ambos pela Universidade Federal de Viçosa.

Em maio de 1985, foi contratado como pesquisador da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, na área de Olericultura.

Em março de 1991, iniciou o curso de Doutorado em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Viçosa.

## CONTEÚDO

|   | Página |
|---|--------|
| EXTRATO.....  | ix     |
| ABSTRACT.....   | xi     |
| INTRODUÇÃO.....   | 1      |
| CAPÍTULO 1 - Tratamento pós-colheita de hidrotérmia, cera e fungicida, para a qualidade do mamão                              |        |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 4      |
| 1.1. Alterações no metabolismo dos frutos: características físicas e químicas.....  | 7      |
| 1.1.1. Alteração na firmeza da polpa.....   | 7      |
| 1.1.2. Amido e açúcares.....  | 9      |
| 1.1.3. Produção de etileno e respiração.....  | 11     |
| 1.1.4. Clorofila e carotenóides.....  | 12     |
| 1.2. Deteriorações de Pós-colheita e efeito do tratamento hidrotérmico e químico sobre a atividade de patógenos no mamão..... | 12     |
| 1.3. Efeitos da aplicação de cera sobre a qualidade dos frutos.....   | 13     |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 16     |
| 2.1. Características edafoclimáticas da região.....   | 16     |
| 2.2. Amostragem.....  | 16     |
| 2.3. Tratamento hidrotérmico, com fungicida e com cera sobre a qualidade do mamão.....  | 17     |
| 2.4 Tratamento hidrotérmico sobre o crescimento e morte do micélio de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....             | 19     |
| 2.5 Avaliação de características físicas e de deterioração Pós-colheita..   | 20     |
| 2.5.1. Escaldadura na casca dos frutos.....   | 20     |
| 2.5.2. Índice de cor da casca.....  | 21     |
| 2.5.3. Peso da matéria fresca dos frutos.....   | 21     |
| 2.5.4. Quantificação da firmeza.....  | 21     |



|   |    |
|---|----|
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 74 |
| 3.1. Características físicas.....   | 74 |
| 3.1.1. Índice de cor da casca e período para o completo amarelecimento da casca dos frutos sob condições ambientes..... | 74 |
| 3.1.2. Peso da matéria fresca dos frutos.....   | 78 |
| 3.1.3. Firmeza da polpa.....  | 81 |
| 3.2. Características químicas.....  | 83 |
| 3.2.1. Clorofila na casca.....  | 83 |
| 3.2.2. Carotenóides na casca.....   | 83 |
| 3.2.3. Carotenóides na polpa.....   | 85 |
| 3.2.4. pH e acidez titulável.....   | 87 |
| 3.2.5. Carboidratos na polpa.....   | 90 |
| RESUMO E CONCLUSÕES.....  | 96 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 98 |

## EXTRATO

BALBINO, José Mauro de Sousa, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 1997. *Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethephon na qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.)*. Professor Orientador: Rolf Puschmann. Professores Conselheiros: Fernando Luiz Finger e Paulo Roberto Mosquim.

A aplicação isoladamente da hidrotermia em frutos de mamão da cultivar 72/12, colhidos com o índice 1 de cor da casca (com uma tênue mancha amarela na casca), ampliou o período para o completo amadurecimento dos frutos para temperatura na faixa de 47 a 49°C e resultou em menor firmeza da sua polpa durante o armazenamento em câmara fria, para tratamentos na faixa de 48°C a 49,5°C. A aplicação de cera contribuiu para atrasar o amadurecimento e a perda de firmeza da polpa do mamão. Embora a aplicação isoladamente da hidrotermia não tenha controlado completamente as podridões superficiais do mamão, tratamentos de 46°C a 49°C por 20 minutos atrasaram a sua manifestação em aproximadamente cinco dias. Associado à aplicação de cera e fungicida o tratamento foi mais efetivo. O tratamento hidrotérmico “in vitro” sobre o micélio de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz mostrou que apenas binômios de temperatura x tempo acima

de 49°C por cinco minutos promoveram a morte do fungo. Para binômios com temperatura menores, a taxa de crescimento do micélio foi recuperada dois dias após os tratamentos. A caracterização do amadurecimento de frutos do mamão, tratados a 49°C por 20 minutos, mostrou que a redução na firmeza da polpa ocorreu simultaneamente com a evolução do índice de cor da casca, associado inicialmente à diminuição de clorofila e, posteriormente, ao aumento de carotenóides. Nessa condição o ethephon reduziu o período para o completo amarelecimento do mamão de dez para oito dias, com base na mudança do índice de cor da casca, com antecipação do aumento de carotenóides. O ethephon também proporcionou redução da firmeza da polpa e acelerou a perda de peso da matéria fresca dos frutos nos primeiros dias após a sua aplicação e a redução de açúcares redutores. Os teores de açúcar total, amido, pH e acidez titulável permaneceram estáveis com a aplicação de ethephon. Durante o armazenamento do mamão por 9, 18 ou 27 dias a 10°C, em que a firmeza permaneceu estável, ocorreu aumento do índice de cor da casca associado à redução no teor de clorofila. Após a frigoconservação, o índice de cor da casca foi acelerado com aumento no teor de carotenóides e redução da firmeza da polpa. O tempo de permanência na câmara fria contribuiu para o avanço subsequente do amadurecimento, que foi acelerado pelo ethephon.

## ABSTRACT

BALBINO, José Mauro de Sousa, D. S. Universidade Federal de Viçosa, february, 1997. *Effects of hot water, cold storage and ethephon on papaya (**Carica papaya** L.) post-harvest quality*. Adviser: Rolf Puschmann. Committee members: Fernando Luiz Finger and Paulo Roberto Mosquim.

Hot water treatment alone of papayas cv. 72/12, harvested with skin color index 1 (a slightly yellow spot on skin) has widened the period of full ripening of the fruit within the temperature range of 47° to 49° C and resulted in greater softness during cold storage for treatments within the range of 48° to 49.5° C. Waxing retarded ripening and loss of pulp firmness. Although hot water alone did not completely control surface decay, the 46° to 49°C treatments for a period of 20 minutes delayed its manifestation for approximately five days. When combined with waxing and fungicide, the treatment was more effective. Hot water “in vitro” on the mycelium of **Colletotrichum gloeosporioides** Penz has shown that time temperature above 49° C for a period of five minutes caused death of fungus. For lower temperature-time, fungus development rate was recovered two days after treatments. The characterization of ripening of papayas treated at 49° C for 20 minutes showed that greater softness of pulp occurred simultaneously with skin color rate, which was initially associated to a decrease in chlorophyll and later to

increase in carotenoid development. Under this condition, ethephon shortened the period of full skin yellowing from ten to eight days, as indicated by skin color index, with an increase in carotenoid development. It also caused greater pulp softness and accelerated fresh matter weight loss during the first days after use and reduction of reducing sugars. Contents of total sugar, starch, pH and titrable acidity remained stable with ethephon. During papaya storage for 9, 18, or 27 days at 10° C, when pulp firmness remained stable, there was an increase in skin color index associated to a decrease in chlorophyll content. After cold storage, skin color index was accelerated by an increase in carotenoid development and greater softness. Time of permanence in the cold chamber contributed to subsequent increasing in ripening, which was accelerated by ethephon.

## INTRODUÇÃO

O mamoeiro é cultivado comercialmente em várias regiões do mundo, sendo o Brasil seu principal produtor, com 29,0% da produção mundial, seguido de Índia, Tailândia, Nigéria, Indonésia, México e Zaire (FAO, 1995). No Brasil a área plantada com o mamoeiro, em 1992, foi de aproximadamente 21,0 mil hectares, com produção aproximada de 855 mil toneladas. Os estados da Bahia, do Espírito Santo e Pará participaram com 90,9% da produção. Nesse mesmo período, o Estado do Espírito Santo contribuiu com uma área de 4702 ha, perfazendo uma produção de 355 mil toneladas de frutos, o que correspondeu a um aumento de 5,1% na produção em relação ao ano anterior (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1994).

Nos últimos anos, a área plantada e a comercialização de mamão no Brasil expandiu significativamente com a introdução da cultivar Sunrise Solo, que obteve grande aceitação tanto no mercado interno quanto no externo. Embora as exportações brasileiras de mamão tenham crescido, passando de 4,1 mil toneladas em 1989 para 6,6 mil em 1991, esse comércio ainda se encontra bastante limitado.

Em termos de mercado externo, os principais importadores de mamão na Europa, em 1989, foram: Alemanha Ocidental (24%), Inglaterra (23%), França e Suíça (13% cada), Holanda (9%), Portugal e Itália (6% cada). Todavia, a partir de

1992, a França passou a liderar a importação de mamão. No período de 1989 a 1991, a França importou aproximadamente 900 toneladas/ano de frutos, sendo supridos continuamente pelo Brasil, que chegou a participar com 69% da demanda em 1990. Ainda em termos potenciais, merecem destaque os mercados japonês e canadense, os quais apresentam perspectivas favoráveis para a importação de mamão oriundos do Brasil (TECNEM, s. d.).

Dos fatores que têm limitado a exportação do mamão, destacam-se o elevado custo do frete aéreo, cerca de cinco vezes maior que o da carga transportada por via marítima, e as restrições impostas por alguns países para a importação de frutos brasileiros, em razão da ocorrência da mosca-das-frutas (SILVA, 1988).

Com a expansão da área de cultivo, em consequência principalmente das atuais exportações e da perspectiva de novos mercados, tem aumentado a demanda por novas tecnologias, havendo um interesse destacado para a fase de pós-colheita, onde se concentra uma grande carência de estudos com o mamão do grupo Solo.

No Estado do Espírito Santo, um dos maiores produtores de mamão do Brasil e principal exportador, os primeiros resultados de pesquisa com o mamoeiro são oriundos da década de oitenta, tendo-se intensificado a busca por geração de novas tecnologias no início dos anos noventa. Todavia, esses trabalhos têm sido feitos principalmente em termos de tratamentos culturais e seleção de plantas.

Com o rápido aumento da importância comercial do mamão nos últimos anos, cresceu também a necessidade de se conhecer e de se desenvolver estudos sobre as alterações que ocorrem no fruto durante o seu amadurecimento, em função do manejo da cultura, do tipo de colheita, dos tratamentos pós-colheita, do armazenamento e do transporte sob refrigeração.

O mamão é um fruto que se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias, estando sujeito a perdas pós-colheita por patógenos ou por fatores abióticos. Estes fatores podem se manifestar nos frutos, isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e, ou qualitativas nas diferentes fases da comercialização. No entanto, estas perdas podem ser minimizadas com a adoção de práticas pós-

colheita, como o tratamento hidrotérmico, o pré-resfriamento, o uso de defensivos e a aplicação de ceras na superfície dos frutos, associados ao armazenamento refrigerado. Tais práticas se tornam mais importantes, quanto mais exigente é o mercado consumidor pela qualidade do produto.

No Brasil, embora a maioria das informações sobre perdas pós-colheita, sejam oriundas de estimativas grosseiras, sabe-se que esses índices são elevados. Isso se deve a uma série de fatores que englobam, além das distâncias existentes entre as regiões produtoras e os mercados distribuidores, a falta de infra-estrutura e planejamento dentro da cadeia de comercialização, aos custos adicionais da implantação de uma infra-estrutura de pós-colheita adequada e a pouca exigência do consumidor em relação a qualidade dos produtos.

Para o mercado externo, o qual apresenta alta demanda por produtos com um padrão de qualidade definido, várias práticas pós-colheita são empregadas, principalmente se é utilizado o transporte por via marítima. Esse conjunto de práticas pós-colheita visa manter a qualidade do fruto, tanto pela redução da sua atividade metabólica como pela inibição do desenvolvimento de patógenos. Nesse caso, os exportadores adotam uma seqüência de práticas que englobam a termoterapia e o pré-resfriamento, seguidos da imersão dos frutos em calda fungicida e em cera e do armazenamento em câmara fria com temperatura média de 10°C e 85% de umidade relativa.

Considerando a relevância desses aspectos, propôs-se a realização desta pesquisa, visando estudar algumas alterações no metabolismo do fruto de mamão, após submetido a diferentes etapas de tratamento pós-colheita, e, assim, manter um padrão que atenda às exigências dos diversos mercados quanto à qualidade.

## CAPÍTULO 1

### TRATAMENTO PÓS-COLHEITA DE HIDROTERMIA, CERA E FUNGICIDA, PARA A QUALIDADE DO MAMÃO

#### 1. INTRODUÇÃO

O mamão é um fruto que se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias, estando sujeito a perdas pós-colheita por patógenos ou por fatores abióticos. Estes fatores podem se manifestar nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e, ou, qualitativas nas diferentes fases da comercialização. No entanto, estas perdas podem ser minimizadas com a adoção de práticas pós-colheita, como o tratamento hidrotérmico, o pré-resfriamento, o uso de defensivos e a aplicação de ceras na superfície dos frutos, associados ao armazenamento refrigerado. Tais práticas se tornam mais importantes quanto mais exigente for o mercado consumidor em relação à qualidade do produto.

No Brasil, embora a maioria das informações sobre perdas pós-colheita sejam oriundas de estimativas grosseiras, sabe-se que esses índices são elevados.

Isso se deve a uma série de fatores que englobam, além das distâncias existentes entre as regiões produtoras e os mercados distribuidores, a falta de infra-estrutura e planejamento dentro da cadeia de comercialização, os custos adicionais da implantação de uma infra-estrutura de pós-colheita adequada e a pouca exigência do consumidor em relação à qualidade dos produtos.

Para o mercado externo, o qual apresenta alta demanda por produtos com um padrão de qualidade definido, várias práticas pós-colheita são empregadas, principalmente se é utilizado o transporte por via marítima. Esse conjunto de práticas pós-colheita visa manter a qualidade do fruto, tanto pela redução da sua atividade metabólica como pela inibição do desenvolvimento de patógenos. Nesse caso, os exportadores adotam uma seqüência de práticas que englobam a termoterapia e o pré-resfriamento, seguidos da imersão dos frutos em calda fungicida e em cera e do armazenamento em câmara fria com temperatura média de 10°C e 85% de umidade relativa.

Desde 1939, vários tratamentos térmicos têm sido usados para desinfestação dos frutos de mamão contra mosca-das-frutas e para controle de doenças pós-colheita (NISHIJIMA, 1995). O emprego do tratamento térmico, além do objetivo de reduzir a ação de patógenos sobre o fruto e promover a desinfestação da mosca-das-frutas, propicia como vantagens adicionais a melhoria do padrão de qualidade dos frutos e evita o desenvolvimento de raças resistentes de fungos e bactérias, algo que pode ocorrer com o uso de defensivos agrícolas, além de promover a lavagem dos frutos, removendo da superfície o látex e outros resíduos (AKAMINE e ARISUMI, 1953; AKAMINE, 1967). No entanto, há necessidade de caracterização de seus efeitos sobre a conservação pós-colheita, especialmente por longos períodos, correspondentes ao transporte marítimo.

Um dos maiores problemas do uso do tratamento térmico em mamão se deve ao emprego de temperaturas próximas àquelas prejudiciais aos frutos, sendo, portanto, necessário um rigoroso controle do binômio tempo-temperatura (BARKAI-GOLAN e PHILLIPS, 1991; SILVA, 1988). O sintoma mais evidente de injúria por altas temperaturas é o aparecimento de escaldaduras, quando não são respeitadas as recomendações. Além dos danos ao fruto, a falta de proteção

residual do tratamento térmico, que permite a recontaminação por patógenos, é outra grande limitação do uso dessa técnica (Edney e Burchiell, 1967, citados por BARKAI-GOLAN e PHILLIPS, 1991).

A partir da década de 60, o tratamento térmico padrão para mamão passou a consistir na sua imersão em água quente ( $48 \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos), para o controle de fungos, seguida da fumigação com Dibrometo de Etileno (EDB), para o controle das moscas-das-frutas (COUEY et al., 1984). O banho em água quente não era essencial, mas era usado para melhorar o controle de doenças. A partir de setembro de 1984, a Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA -USA) proibiu o uso do EDB e os exportadores havaianos de mamão foram forçados a utilizar métodos alternativos para este tratamento (NISHIJIMA, 1988).

Uma técnica pesquisada foi o duplo tratamento térmico dos frutos em água, com temperatura de  $42^{\circ}\text{C}$  por 30 ou 40 minutos, seguida de imersão na água a  $49^{\circ}\text{C}$ , por 20 minutos, visando a desinfestação dos frutos contra a mosca-das-frutas (COUEY e HAYES, 1986). Essa técnica tem sido empregada pela maioria dos exportadores havaianos, que mudaram para o tratamento com imersão dupla em água quente visando satisfazer a exigência quanto à erradicação das moscas-das-frutas (NISHIJIMA, 1988).

No Brasil, o tratamento térmico consiste tradicionalmente na imersão dos frutos em água, com temperatura de 47 a  $49^{\circ}\text{C}$ , por 20 minutos, seguida de sua imersão imediata em água à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , pelo mesmo período. Todavia, essa tecnologia é restrita a pequeno número de produtores (RUGIERO e DURIGAN, 1986) e aos exportadores. Combinados a esse tratamento, alguns resultados satisfatórios têm sido observados com a adição de fungicidas à água de resfriamento (COUEY, 1984).

## 1.1. Alterações no metabolismo dos frutos: características físicas e químicas

Segundo Akamine (1960), citado por COUEY et al. (1984), a utilização comercial do tratamento térmico por imersão pode provocar injúrias no fruto pelo calor, usualmente na forma de escaldadura, além de inibir o desenvolvimento da cor e aumentar a susceptibilidade à podridão por **Stemphylium**. Todavia, esses efeitos deletérios sobre os frutos são relatados por NISHIJIMA (1995) como pouco expressivos, o qual considera esse tratamento térmico como sendo simples e ótimo para o controle de doenças do mamão. De modo geral, o tratamento térmico, além de alterar alguns componentes no amadurecimento, como a cor do fruto (COUEY, 1984) e a susceptibilidade a patógenos (COUEY, 1984; BARKAI-GOLAN e PHILLIPS, 1991 ), pode também afetar a produção de etileno e a atividade de enzimas (CHAN JR., 1991; SUZUKI et al., 1991). Temperaturas acima de 32,2°C causam atraso no início do aparecimento da coloração amarela e no amadurecimento do fruto, estimulam a liberação de látex, alteram a consistência da polpa e tornam a superfície do fruto mais bronzeada (Akamine, 1977, citado por AN e PAULL, 1990). COUEY (1984) considera que a descoloração e o aumento da susceptibilidade a microrganismos sejam conseqüências de danos provocados pelo tratamento térmico.

### 1.1.1. Alteração na firmeza da polpa

O amaciamento do mamão durante o amadurecimento tem sido atribuído à ação de pectinases presentes na parede celular, com ênfase especial à atividade da poligalacturonase (PG) (CHAN JR. et al., 1981). A atividade da poligalacturonase em mamão aumenta com o seu amadurecimento, sendo maior na porção interna, decrescendo daí até o epicarpo (CHAN JR. 1986; LAZAN et al. 1989; PAULL e CHEN 1990). No entanto, com o emprego do tratamento térmico contra a mosca-

das-frutas, observou-se uma redução no amaciamento da polpa dos frutos (COUEY e HAYES, 1986), e esse distúrbio apresentava-se mais freqüentemente no interior do mesocarpo (CHAN JR., 1986; PAULL e CHEN, 1990).

Frutos de mamão com mais de 25% da superfície da casca amarelada são mais sensíveis ao tratamento com calor, provocando maior redução na atividade da poligalacturonase (CHAN JR. et al., 1981) do que em frutos cujo estágio de amadurecimento esteja menos avançado (iniciando o amarelecimento) (PAULL e CHEN, 1990). Tratamentos térmicos de 46°C por 65 e 90 minutos proporcionaram uma redução no amolecimento do mamão, ocasionando o desenvolvimento de uma porção interna de tecido endurecido, de 1,0 a 1,5 cm de espessura próxima a sua cavidade (CHAN JR. et al., 1981). Sintoma similar foi também descrito por PAULL e CHEN (1990), ao submeterem os frutos a tratamentos de 42°C por 30 minutos seguido por 49°C por 40 minutos ou mais. A manifestação da injúria descrita por CHAN JR. et al. (1981) aumentou em extensão com o aumento do tempo de exposição ao calor. Tais aspectos foram correlacionados com um decréscimo na atividade da PG após o tratamento térmico. Todavia, seis dias após o armazenamento em câmara fria, esses frutos mostravam sinais de amolecimento da polpa. O amolecimento coincidia com a recuperação parcial na atividade da PG, indicando que a provável queda na atividade desta enzima pelo calor promova alterações durante o amadurecimento dos frutos. Frutos não-tratados ou tratados a 46°C por 40 minutos amadureceram normalmente, tendo amolecimento normal do tecido ao redor da cavidade central do fruto.

O teor de ácidos orgânicos é baixo em frutos de mamão, predominando os ácidos málico e cítrico em quantidades iguais, seguido do  $\alpha$ -cetoglutárico em quantidade bem menor, os quais, juntamente com o ácido ascórbico, contribuem com 85% do total de ácidos nesse fruto (CHAN JR. et al., 1971). Durante o amadurecimento do mamão, ocorre um ligeiro aumento na acidez da polpa, e esse acréscimo se deve provavelmente à formação do ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina pela pectinametilesterase e pela poligalacturonase (DRAETTA et al., 1975). Nesse sentido, LAZAN et al. (1989)

acrescentam que a acidez titulável aumenta com o amadurecimento dos frutos até atingir aproximadamente 75% da superfície da casca amarela; a partir daí os níveis então decrescem, exceto no interior do mesocarpo, onde a acidez titulável aumenta até o fruto atingir completo amarelecimento.

### 1.1.2. Amido e açúcares

Alguns frutos jovens contêm alto teor de amido; entre eles, manga, banana, pêra, maçã, etc. Alguns apresentam decréscimo acentuado do amido com o início da maturidade fisiológica, como a banana, cujos teores caem de aproximadamente 25% do peso da matéria fresca do fruto verde para menos do que 1% no completamente maduro (TERRA et al., 1983). Há frutos que apresentam acréscimo gradual nos teores de amido com o seu desenvolvimento, como por exemplo a manga, havendo uma relação constante entre amido/matéria seca. Nesse fruto, essa relação pode ser utilizada como um indicador de sua qualidade (CHITARRA e CHITARRA, 1990). O mamão apresenta uma característica diferente, uma vez que teores de amido menores do que 1% são verificados durante o seu desenvolvimento (PAL et al., 1980; SELVARAJ et al., 1982) e o fruto não acumula amido para ser hidrolisado durante o climatério, como acontece com a banana (VIEGAS, 1992).

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o teor de açúcares. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental no seu sabor, sendo também indicador do estágio de amadurecimento dos mesmos. Essa composição pode variar entre e dentro da mesma cultivar ou dependendo das condições climáticas, da fertilidade do solo, da época do ano, do estágio de maturidade e porção do fruto (ARRIOLA et al., 1980). No mamão, a concentração de açúcar total aumenta ligeiramente durante o desenvolvimento dos frutos e bruscamente com o início do amadurecimento (CHAN JR. et al., 1979; SELVARAJ et al., 1982). O teor de sacarose, que é baixo (em torno de 15% do açúcar total)

antes do início do amadurecimento, aumenta rapidamente após 110 dias da antese, atingindo aproximadamente 80% do teor de açúcar total, em contraste com o teor de glicose, que tende a declinar de 65% para perto de 20% neste mesmo período. A partir daí o processo se altera, com queda na concentração de sacarose e aumento nos teores de glicose e frutose (CHAN JR. et al., 1979), indicando que a sacarose é hidrolisada para açúcares simples (CHAN JR. e KWOK, 1975; 1976).

As mudanças drásticas na composição de açúcares, em mamão do grupo Solo, coincidiram com o início da mudança na cor da semente, de branca para preta, e foi seguida também por mudanças na cor da polpa, de branca para amarela, a partir da periferia da cavidade do fruto. Durante a fase de alta conversão da sacarose para açúcares simples houve também queda na concentração de açúcar total, tendo esse evento ocorrido durante o período de senescência do fruto (CHAN JR. et al., 1979). Trabalhando com diversas cultivares de mamão, SELVARAJ et al. (1982) observaram variações nos teores percentuais de sacarose nos frutos e consideraram essas variações como sendo devidas à alta atividade da invertase presente nos frutos.

Em frutos de mamão uma invertase foi isolada e caracterizada como invertase ácida. Essa enzima foi, provavelmente a responsável por uma série de resultados conflitantes obtidos no passado, nas análises de teores de açúcares em mamão (CHAN JR. e KWOK, 1976). Valores baixos encontrados para sacarose, relatados na literatura, podem ser explicados pela atividade da invertase nesses frutos. Se essa invertase não for inativada antes ou imediatamente após a retirada da amostra, com conseqüente ruptura dos tecidos, níveis baixos de açúcares não-redutores serão detectados. Cita-se que 50% da sacarose seja perdida em poucos minutos após a retirada da amostra (CHAN JR. e KWOK, 1975).

A invertase é também uma enzima cuja atividade é propensa a ser afetada pelo choque térmico. Comparando a sua atividade em frutos de mamão não-tratados e naqueles danificados por tratamento por vapor quente úmido (47,2°C por 7 horas), observou-se que a enzima mostrava-se num nível de atividade quase fixo durante os quinze dias de armazenamento em câmara fria, em frutos não submetidos ao tratamento térmico. Por outro lado, em frutos de mamão injuriados

pelo vapor quente observou-se que, a partir do quinto dia de armazenamento a atividade da invertase foi maior do que nos frutos não-tratados (SUZUKI et al., 1991).

### 1.1.3. Produção de etileno e respiração

O conteúdo de ACC (ácido 1-carboxílico 1-amino ciclopropano) aumenta durante o amadurecimento do mamão. Em frutos termicamente injuriados por tratamento de 42°C por 30 minutos seguido por 49°C por 70 minutos, a concentração de ACC no mesocarpo apresentou-se mais alta e dois dias mais cedo do que num tratamento mais suave (49°C por 20 minutos). Esse aumento na produção de ACC refletiu-se na maior concentração de etileno três dias após (PAULL e CHEN, 1990).

O efeito do calor foi também observado sobre a inativação da enzima formadora do etileno (EFE), a qual converte o ácido 1-carboxílico 1-amino ciclopropano (ACC) em etileno. Em mamões colhidos com diferentes estádios de maturidade foi constatado que, no mesocarpo e endocarpo de frutos com 25 e 50% da casca amarelada, a EFE foi mais sensível do que em frutos em início de amadurecimento (CHAN JR., 1991). Verificou-se que, após a atividade da EFE ter sido rapidamente reduzida a 10% do valor inicial, sob a ação de um tratamento térmico injuriante, e a 40%, sob a ação de um tratamento térmico não-injuriante, ela retornou ao seu estado original três e dois dias após a aplicação dos respectivos tratamentos. Portanto, parece ser improvável que o rompimento da síntese de etileno seja causa da falha no amaciamento dos frutos (PAULL e CHEN, 1990).

O tratamento térmico afeta também a atividade respiratória, e um tratamento térmico injuriante aumenta a taxa respiratória, comparado ao tratamento não-injuriante (PAULL e CHEN, 1990).

### 1.1.4. Clorofila e carotenóides

A mudança da cor da casca do mamão de verde para amarelo ou laranja, dependendo da cultivar, se deve à destruição da clorofila da casca e ao desenvolvimento de carotenóides. Em frutos de mamão da cultivar Kapoho Solo, os teores de carotenóides na casca passaram de 24,1 µg/g para 51,1 µg/g e os teores de clorofila, de 37,3 µg/g para 2,3 µg/g de matéria fresca do fruto no estágio imaturo para o completamente maduro, respectivamente, indicando a síntese de carotenóides no mamão durante a maturação (BIRTH et al., 1984).

A exposição de mamão a 42°C por 30 minutos, seguido por 49°C por 70 minutos, permitiu o desenvolvimento normal da cor amarela na casca; entretanto, os frutos aquecidos por 70 minutos a 49°C desenvolveram mais lentamente a cor da polpa. Esse desenvolvimento foi sempre menor do que para outros tratamentos utilizados para comparação, indicando que a síntese de carotenóides da polpa fora alterada pela exposição dos frutos de mamão a altas temperaturas (PAULL e CHEN, 1990).

## 1.2. Deteriorações de pós-colheita e efeito do tratamento hidrotérmico e químico sobre a atividade de patógenos no mamão

O mamão é um fruto que pode apresentar uma série de infecções fúngicas e bacterianas que se manifestam após a sua colheita, devido à sua pouca consistência e por ser desprovido de uma casca com maior resistência que impeça a penetração desses patógenos (BLEINROTH e SIGRIST, 1989). Das infecções de pós-colheita que ocorrem nos frutos, destacam-se a podridão do pedúnculo e a antracnose. Ambas são de ocorrência mais freqüente no período chuvoso, notadamente nos meses de novembro a fevereiro, ocasionando perdas de até 50% e, em alguns casos, a perda total do valor da produção comercial (MARIN et al., 1994).

Considera-se que no mamão ocorram podridões superficiais e podridões pedunculares e internas do fruto. Dois são os tipos de podridões superficiais,

estando incluído no primeiro grupo fungos que infectam os frutos ainda verdes, presos à planta mãe, os quais não aparentam qualquer sintoma. Essas podridões são a antracnose ou mancha-chocolate, causada por **Colletotrichum gloeosporioides**, sendo a principal podridão de pós-colheita, seguida da corinosporiose e da infecção por **Phytophthora**. No segundo grupo de podridões incluem-se os fungos que infectam os frutos através de ferimentos que ocorrem antes, durante e após a colheita. Encontram-se nesse caso os gêneros **Mycosphaerella**, **Phomopsis**, **Phytophthora**, **Alternaria**, **Fusarium** e **Rhizopus** (BLEINROTH e SIGRIST, 1989; LIBERATO et al., 1993).

### 1.3. Efeitos da aplicação de cera sobre a qualidade dos frutos

A denominação cera tem sido dada a produtos aplicados como coberturas na superfície de frutos e hortaliças, com a finalidade de melhorar a sua aparência. Muito embora haja na literatura extensiva relação de propriedades associadas ao uso da cera, são poucos os parâmetros avaliados na sua escolha (HAGENMAIER e SHAW, 1992).

Durante o armazenamento de frutos de maçã submetidos à aplicação de cera, obteve-se redução na perda de peso e alteração na atmosfera interna e na taxa de respiração, uma vez que a cera atua como uma barreira física à troca de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>; alterando as taxas de deterioração, o sabor do fruto etc. (DALAL et al., 1971).

O emprego da cera tem sido também estudado com relação a seu efeito na redução de injúrias, especialmente injúria pelo frio. Em vários desses casos, frutos encerados apresentaram menos injúria do que amostras não-enceradas (HAGENMAIER e SHAW, 1992).

Talvez a característica mais estudada com uso da cera em frutos seja a perda de peso durante o armazenamento, sendo às vezes utilizada como critério para se definir uma boa cera (HAGENMAIER e SHAW, 1992). Todavia, os benefícios verificados com o uso da cera têm levado a considerar-se o seu uso

como uma alternativa quando não é possível o armazenamento refrigerado, visando melhorar a aparência de frutos e hortaliças (DALAL et al., 1971).

PAULL e CHEN (1989) verificaram que no mamão o uso da cera como cobertura superficial reduziu a perda de peso na faixa de 14 a 40%. No entanto, MOSCA (1992) encontrou que o revestimento com cera reduziu a perda de peso em 30 a 50%, enquanto MEDINA e SILVA (1994) relataram que o revestimento com cera reduziu entre 50 e 70% a perda de peso. Como consequência, o seu uso retardou o enrugamento e propiciou uma melhora na aparência do mamão, além de modificar a atmosfera interna dos frutos (MOSCA, 1992) e ser efetivo em retardar a sua maturação (PAULL e CHEN, 1989; MOSCA, 1992; MEDINA e SILVA, 1994).

O efeito da aplicação da cera tem sido correlacionado aos níveis internos de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e de etileno (HARDENBURG, 1971), uma vez que a sua aplicação atuaria na redução da permeabilidade a esses gases. Associada ao processo respiratório do tecido vegetal, a cera se encarregaria de modificar a atmosfera interna do fruto, aumentando o nível de CO<sub>2</sub> e etileno na cavidade do mamão (PAULL e CHEN, 1989) e diminuindo o de O<sub>2</sub> (ZAGORY e KADER, 1988).

PAULL e CHEN (1989) relatam que a perda de peso é devida à perda de água e ocorre principalmente através da casca, em que os principais responsáveis são a grande área superficial e o rompimento da cutícula, especialmente após os frutos atingirem o estágio de 50% maduro.

Segundo PAULL e CHEN (1989), quando a perda de peso do mamão é superior a 8%, os frutos tornam-se “borrachentos” e sem sabor. Assim, a barreira contra a perda de água, produzida pela aplicação da cera, é de grande importância para manter a qualidade do mamão. Outro benefício da aplicação de cera é a retenção da firmeza. Frutos encerados são usualmente mais firmes do que os do controle (HAGENMAIER e SHAW, 1992).

O uso inadequado da cera pode também trazer algumas desvantagens. A principal é a possibilidade do desenvolvimento de odores anormais (PAULL e CHEN, 1989). Mudanças adversas no aroma e sabor têm sido atribuídas à redução das trocas gasosas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, resultando em respiração anaeróbia e elevado

conteúdo de etanol e acetaldeído (CHEN e PAULL, 1986). PAULL e CHEN (1989) verificaram que o nível crítico para a ocorrência de dano se dá quando o conteúdo de CO<sub>2</sub> na cavidade do fruto atinge a faixa de 7 a 8%.

Com base nesses relatos, verifica-se que é importante quantificar a contribuição de cada tecnologia empregada, visando fornecer subsídios para a sua melhoria, uma vez que, mesmo com essas adoções, perdas são freqüentes para alguns exportadores, havendo casos de prejuízo total de cargas transportadas por via marítima.

Assim, este trabalho teve por objetivo verificar a contribuição das seguintes práticas pós-colheita:

- do tratamento hidrotérmico e da aplicação de cera sobre características físicas do mamão;
- do tratamento hidrotérmico sobre o crescimento e morte do micélio de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz; e
- do tratamento fungicida sobre a ocorrência de perdas pós-colheita por patógeno de frutos de mamão.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Características edafoclimáticas da região

A lavoura de onde foram obtidos os frutos encontrava-se localizada no município de Linhares, região norte do Estado do Espírito Santo, onde a temperatura média das máximas é de 30 a 32°C, a temperatura média das mínimas entre 15 e 18°C (FEITOSA, 1986) e a precipitação média de 1.183 mm por ano (CASTRO e SCÁRDUA, 1985).

A lavoura encontrava-se implantada num terreno de topografia plana, cujo solo é do tipo LV D11, Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, coeso a moderado, de classificação textural argilosa, fase floresta subperenefólia (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978).

### 2.2. Amostragem

Utilizaram-se nos experimentos frutos de mamão com aproximadamente 400 g, oriundos de plantas hermafroditas de lavoura comercial com aproximadamente 30 meses de idade, dispostas em fileiras duplas espaçadas de 3,6 x 2,0 x 1,8 m. Os frutos foram colhidos observando-se o grau de desenvolvimento da cor amarela na casca.

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas e transportados para o laboratório, onde se procedeu à uma nova seleção, quanto a formato, estágio de maturação, defeitos físicos e distúrbios fisiológicos e classificação por tamanho.

Baseado na escala visual de cores apresentada por SILVA (1995), foi adaptada uma nova escala contendo sete faixas de intensidade de cores da casca do mamão (Figura 1), denominadas de índice de cor da casca, variando de 1 a 7, de acordo com a descrição que se segue:

- 1- frutos com até 10% da área superficial da casca amarela.
- 2- frutos com 10 a 25% da área superficial da casca amarela.
- 3- frutos com 25 a 40% da área superficial da casca amarela.
- 4- frutos com 40 a 55% da área superficial da casca amarela.
- 5- frutos com 55 a 70% da área superficial da casca amarela.
- 6- frutos com 70 a 85% da área superficial da casca amarela.
- 7- frutos com 85 a 100% da área superficial da casca amarela.

Para os experimentos, foram utilizados frutos em início de amarelecimento da casca (índice 1).

### 2.3. Tratamento hidrotérmico, com fungicida e com cera sobre a qualidade do mamão

Este estudo consistiu de três experimentos. Primeiramente foi realizado um experimento utilizando-se frutos oriundos de um sistema de tratamento pós-colheita comercial, com a finalidade de se verificar o efeito da tecnologia de tratamento hidrotérmico, pré-resfriamento, aplicação de fungicida e uso de cera sobre o controle de doenças em frutos armazenados em câmara fria e, ou, condições de ambiente. Nesse experimento, após a seleção e classificação, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas tipo “goyana” e submetidos aos tratamentos: a) hidrotérmico - que consistiu de um banho de imersão à temperatura de  $49 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , por 15 minutos, seguido por um pré-resfriamento em água à

temperatura média de  $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos; b) cera e fungicida - após o tratamento descrito em a os frutos foram imersos em uma solução de cera. Foi empregada a cera de carnaúba da marca Star-fresh na proporção de 3:1 (água : cera), na qual foi adicionada uma mistura de fungicidas à base de tiabendazole, iprodione e tiofanato metílico; c) somente cera de acordo com a descrição apresentada em b e d) não-tratados.

Figura 1. Índice de cor da casca do mamão.

Após a aplicação dos tratamentos, parte dos frutos foi armazenada por 17 dias em câmara fria, sendo em seguida mantidos em condições ambientes de laboratório, sob as mesmas condições da outra porção não-armazenada, até completo amarelecimento (índice 7).

Os frutos armazenados em câmara fria foram acondicionados em caixas plásticas, as quais foram distribuídas aleatoriamente dentro da câmara fria, regulada para a temperatura de 10°C e  $88 \pm 2\%$  de umidade relativa.

No segundo experimento, foram feitas avaliação das temperaturas de 43, 45, 47, 48, 49 e 49,5°C por 20 minutos, e no terceiro experimento foram estudadas as combinações dos tratamentos de 46, 47,5 e 49°C por 20 minutos, com a aplicação de cera de carnaúba na proporção de 3:1 (água e cera) e tiabendazole na concentração de 6 g/litro. Os tratamentos utilizados como controles consistiram da imersão dos frutos em água à temperatura ambiente por 20 minutos. Após os tratamentos hidrotérmicos os frutos foram pré-resfriados em água à temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  por 20 minutos.

Após a aplicação dos tratamentos descritos anteriormente, os frutos foram armazenados em câmara fria por 17 dias e em seguida mantidos em condições ambientes, cuja temperatura média era de  $24,8 \pm 0,8^\circ\text{C}$  e a umidade relativa de  $65,2 \pm 3,7\%$ , até completo amarelecimento.

#### 2.4 Tratamento hidrotérmico sobre o crescimento e morte do micélio de *Colletotrichum gloeosporioides*

Este experimento consistiu da avaliação da eficiência de diferentes binômios de tempo x temperatura sobre o crescimento e a morte do micélio de *Colletotrichum gloeosporioides*. Foram estudadas as combinações das temperaturas de 41, 43, 45, 47, 49, 51 e 53°C com os tempos de 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de imersão do micélio em água destilada e esterilizada.

O preparo das culturas do fungo consistiu da sua repicagem para um meio contendo BDA (batata, dextrose e ágar) e incubado a 25°C por quatro dias. Após

esse período de incubação, foram feitos discos de micélio com 5 mm de diâmetro, com furador de rolha. Simultaneamente, prepararam-se tubos de ensaio, em que foi adicionado 1,0 ml de água destilada e esterilizada, e os quais em seguida foram colocados em banho térmico, para estabilizar a temperatura. Posteriormente transferiu-se assepticamente os discos de micélio para os tubos de ensaio no banho térmico. Após a exposição a cada binômio de tempo x temperatura os discos de micélio foram repicados para a placa com BDA e incubados por 48 horas a 25°C.

Os resultados foram expressos pela medida do diâmetro de crescimento do micélio na placa.

## 2.5 Avaliação de características físicas e de deterioração pós-colheita

### 2.5.1. Escaldadura na casca dos frutos

A escaldadura na casca dos frutos de mamão foi determinada pelo número de frutos apresentando o sintoma característico, durante a fase de amadurecimento, nas condições ambientes de laboratório.

Foi também avaliada a intensidade de escaldadura na casca, com base nos seguintes índices:

- 0 - ausência de escaldadura;
- 1 - baixa intensidade - ocorrência em 25% do fruto, entre a região mediana e apical;
- 2 - média intensidade - ocorrência generalizada em 50% do fruto; e
- 3 - alta intensidade - ocorrência generalizada em mais de 50% do fruto.

### 2.5.2. Índice de cor da casca

A evolução do amadurecimento dos frutos com base no índice de cor da casca foi efetuada adotando-se a escala descrita na Figura 1.

Os índices foram definidos de 1 a 7; para o índice 1 foram tomados frutos com uma tênue mancha amarela na casca e, para o índice 7, foram considerados os frutos com pleno amarelecimento externo.

Ao atingir o índice 7 foi determinado o tempo (dias) para o completo amarelecimento dos frutos amostrados no início do experimento.

### 2.5.3. Peso da matéria fresca dos frutos

A redução de peso da matéria fresca foi determinada por gravimetria a cada dois dias até o completo amarelecimento da casca do mamão, com base na pesagem dos frutos amostrados no início do experimento.

### 2.5.4. Quantificação da firmeza

A firmeza foi determinada pela profundidade de penetração na polpa do mamão com o uso de um penetrômetro, da marca Bender, em quatro pontos equidistantes, na região equatorial dos frutos, após a remoção da casca. Os resultados foram expressos em mm de penetração/g de peso sobre o fruto.

#### 2.5.5. Teor de sólidos solúveis totais

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix), foram retiradas para a leitura direta alíquotas do suco de cada fruto, com uma prensa de mão. As leituras foram efetuadas em refratômetro de Abbé.

#### 2.5.6. Incidência de antracnose e podridão peduncular e período para manifestação dos sintomas

A incidência de antracnose e podridão peduncular foi determinada pela contagem do número de frutos de mamão naturalmente infectados, sendo avaliada com o início da manifestação dos sintomas. Foi também verificado o número de dias entre a aplicação dos tratamentos e o início do aparecimento dos sintomas.

### 2.6. Delineamento experimental

Para os experimentos de tratamento hidrotérmico sobre os frutos de mamão, o delineamento adotado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo utilizado quatro frutos por parcela.

Já para o tratamento hidrotérmico “in vitro”, sobre o *Colletotrichum gloeosporioides*, adotou-se o mesmo delineamento, entretanto com cinco repetições, utilizando-se por placa um disco de meio de cultura contendo o micélio.

Após a análise de variância os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CAPÍTULO 2

### AMADURECIMENTO PÓS-COLHEITA DO MAMÃO EM CONDIÇÕES AMBIENTE APÓS A APLICAÇÃO DE ETHEPHON

#### 1. INTRODUÇÃO

Várias mudanças físicas e químicas que ocorrem nos frutos durante o amadurecimento podem afetar a sua qualidade e conservação. Essas mudanças proporcionam basicamente alterações na cor, na firmeza, no aroma e no sabor. Todavia, o mecanismo do amadurecimento não pode ser generalizado, haja vista que alguns frutos não apresentam mudança na coloração durante o amadurecimento, enquanto em outros diferentes rotas estão envolvidas na produção de pigmentos. O mecanismo do amolecimento varia em diferentes frutos, assim como a acumulação e o metabolismo de compostos armazenados e a produção de compostos contribuintes do sabor e do aroma (GRIERSON, 1987). É importante que se conheça essas alterações para produtos específicos, visando seu manuseio e aplicações de tecnologias adequadas, para que se possa explorar ao máximo as suas características nutricionais e comerciais.

De modo geral, os frutos são classificados em climatéricos e não-climatéricos, dependendo do seu comportamento respiratório durante o amadurecimento. Frutos climatéricos são aqueles que sofrem incremento na respiração, acompanhado por mudanças na composição química e textura, ao passo que frutos não-climatéricos não mostram qualquer mudança na respiração que possa ser associada com mudanças na composição dos frutos. Outro aspecto é que os frutos climatéricos apresentam grande aumento na produção de etileno. O incremento na respiração e produção de etileno pode ser induzido prematuramente em frutos climatéricos pelo tratamento com uma concentração adequada de etileno ou outro hidrocarboneto insaturado (MCGLASSON, 1985).

Vários processos estão envolvidos no amadurecimento, os quais podem ocorrer simultaneamente ou seqüencialmente, podendo estar associados ou serem independentes (WATADA, 1986). Durante o amadurecimento do mamão, várias alterações são verificadas, dentre as quais na firmeza da polpa, associada a atividade das pectinases, transformando os constituintes de parede em compostos solúveis (PAULL e CHEN, 1983; CHAN JR., 1986; LAZAN et al., 1989; AN e PAULL, 1990); nos teores de açúcares, associada à atividade da invertase (CHAN JR. e KWOK, 1975); no conteúdo de etileno; na respiração (AKAMINE, 1966; ABOU AZIZ et al., 1975; NAZEEB e BROUGHTON, 1978); nos teores de clorofilas e carotenóides (ABOU AZIZ et al., 1975; BIRTH et al., 1984), na composição e no teor de ácidos orgânicos (CHAN JR. et al., 1974; DRAETTA et al., 1975); na perda de peso (ABOU AZIZ et al. 1975; DRAETTA et al., 1975); na destruição do látex (DRAETTA et al., 1975).

Frutos fisiologicamente maduros de diversas espécies e cultivares têm sido submetidos a tratamentos com etileno ou seus análogos, tanto em nível experimental como comercial, visando acelerar o seu amadurecimento e, ou melhorar o seu padrão de qualidade. Em ambos os casos, tem-se verificado que esse tratamento tem permitido considerável redução no período entre a colheita e o completo amadurecimento dos frutos além de propiciar como resultado frutos com coloração mais uniforme (AN e PAULL, 1990; BROWN, 1987'; FUCHS et al., 1975). Por isso, tem-se tornado comum a prática de amadurecimento de frutos

com etileno, como, por exemplo, manga (FUCHS et al., 1975; MEDLICOTT et al., 1987 e 1990), banana (THOMPSON e SEYMOUR, 1982), abacate, tomate, maçã e melão, para o desverdecimento em citros (exceto lima), para a indução de amolecimento em pêsego e pêra destinados ao processamento, ou para aceleração do amadurecimento e aumento do conteúdo de açúcar em frutos de uva (WATADA, 1986).

A aplicação suplementar de etileno pode afetar vários processos ligados ao amadurecimento, ou apenas alguns associados com a qualidade dos produtos. A mudança de cor nos frutos é um dos atributos associados com sua exposição ao etileno, através da perda da cor verde da casca, devido à destruição da clorofila e, ou, à síntese de carotenóides ou antocianina (WATADA, 1986). Outro efeito do etileno nos frutos é a antecipação no decréscimo da firmeza da polpa (AN e PAULL, 1990; WATADA, 1986; MEDLICOTT et al., 1987).

No mamão recém-colhido, a aplicação de etileno estimulou e uniformizou o seu amadurecimento, avaliado pelas alterações na cor da casca e na taxa de amolecimento da polpa dos frutos. Na polpa o efeito da aplicação foi significativo na sua porção externa, como fora verificado pela alteração da cor e do seu amolecimento. O tecido da região próxima à cavidade do fruto já teria desenvolvido sua coloração e o amolecimento característico do mamão maduro, quando os frutos receberam o tratamento com etileno (AN e PAULL, 1990). O mamão tende a amadurecer de dentro para fora, de acordo com a evolução da síntese de carotenóides na polpa (PAULL e CHEN, 1983), com o amolecimento da polpa associado à atividade da poligalacturonase a diferentes profundidades (LAZAN et al., 1989) e com o vazamento de íons pelas células do pericarpo (CHAN JR., 1991).

Como há escassez de informações acerca da aplicação do etileno em frutos de mamão, principalmente relativo às alterações bioquímicas e sobre o seu metabolismo associado ao amadurecimento, propôs-se neste trabalho estudar algumas alterações físicas e químicas consideradas importantes para esclarecer aspectos associados a conservação e qualidade do mamão e avaliar a influência da aplicação do ethephon sobre essas alterações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material

A colheita, seleção e classificação dos frutos de mamão foram realizadas, de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 1.

Após a seleção e classificação dos frutos recém-colhidos, foram utilizados para o experimento aqueles que se encontravam com o índice 1 de cor da casca (Figura 1).

Em seguida esses frutos foram submetidos ao tratamento hidrotérmico de  $48,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos, pré-resfriados a  $17 \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos e mergulhados em uma solução fungicida à base de Tiabendazole na concentração de 6 g/l por cinco minutos.

Após esses tratamentos um lote de frutos foi mergulhado em uma solução de ethephon (ácido 2 cloroetil fosfônico) a 1 g/l por noventa minutos. Em seguida os frutos foram acondicionados em caixas plásticas e mantidos em condições ambiente de laboratório, com temperatura média de  $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $71 \pm 3,8\%$  de umidade relativa, até o completo amarelecimento da casca.

Os frutos controles e aqueles tratados com ethephon foram avaliados um dia após o tratamento e, a partir daí, a cada dois dias, realizando-se as seguintes avaliações físicas e químicas: tempo para completo amarelecimento da casca; evolução do índice de cor da casca, peso da matéria fresca, firmeza da polpa; teor de clorofila na casca; teor de carotenóides na casca e na polpa; sólidos solúveis totais, teor de açúcares e amido na polpa; pH; e acidez titulável.

Os experimentos foram efetuados em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco frutos, com peso médio de aproximadamente 400 g.

Após a análise de variância foi empregado o teste de Tukey para a comparação das médias.

## 2.2. Avaliações físicas e químicas

À exceção da firmeza da polpa, as demais análises físicas foram efetuadas de acordo com a descrição realizada no capítulo 1.

### 2.2.1. Quantificação da firmeza

A firmeza da polpa foi avaliada removendo-se a casca na região equatorial, em quatro pontos equidistantes nos frutos, utilizando-se um penetrômetro tipo EFFEGI. Os resultados foram apresentados em  $\text{Kg/cm}^2$ .

### 2.2.2. Clorofila na casca e carotenóides na casca e na polpa

Para a determinação do teor de clorofila na casca, foi utilizado o método proposto por LICHTENTHALER (1987). A amostra foi constituída por 1,0 g de casca, retirado da região mediana dos frutos. Em seguida foram adicionados à amostra uma pitada de carbonato de cálcio e 7 ml de acetona 80%, a qual foi macerada em almofariz e o extrato filtrado diretamente para balão volumétrico de 25 ml envolto em papel-alumínio. O resíduo no papel-filtro foi lavado por duas vezes. Após a filtração, o volume do extrato foi completado com acetona 80% para 25 ml e a absorvância das clorofilas determinada em espectrofotômetro a 647 e 663 nm.

Os carotenóides na casca foram quantificados no mesmo extrato utilizado para a determinação da clorofila.

Para os carotenóides da polpa foram utilizados de 2 a 3 g da polpa do fruto, sendo homogeneizados com acetona a 80% e filtrados em papel-filtro para balão de 25 ml.

As leituras das absorvâncias para quantificação dos carotenóides na casca e na polpa foram feitas em espectrofotômetro a 647, 663 e 470 nm.

### 2.2.3. Acidez titulável

A acidez foi determinada por titulação do suco da polpa do mamão, com NaOH a 0,01 N, até pH 8. Para essa análise, 20 g de polpa foram retirados da região mediana dos frutos e a amostra foi homogeneizada em 50 ml de água destilada. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, sendo obtidos pela seguinte expressão matemática:

$$\% \text{ em ácido cítrico} = \frac{\text{Volume de NaOH (ml)} \times \text{N do NaOH} \times 64 \times 0,1}{\text{massa da amostra (g)}}$$

em que N = normalidade da base;

64 = equivalente grama do ácido cítrico; e

0,1 = fator de correção.



#### 2.2.4. Extração e determinação de açúcares

Para a extração e determinação dos açúcares totais, aproximadamente 1 g de polpa foi retirado da região mediana do mamão e introduzido imediatamente em um frasco de vidro contendo etanol 80%, a quente. Esse material, após esfriado, foi armazenado em freezer até o momento da extração. No momento da extração, o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 25 ml e o material vegetal para um almofariz, sendo submetido a desintegração durante aproximadamente dois minutos para, em seguida, ser submetido a centrifugação a 2.000 g, por 10 minutos. O sobrenadante foi introduzido no balão de 25 ml e o precipitado ressuspenso para mais duas centrifugações. A cada vez, foram adicionados 5 ml de etanol 80%, a quente. Os sobrenadantes oriundos de cada centrifugação foram combinados e o volume completado para 25 ml.

Após essa etapa, o material foi novamente armazenado em freezer, até que se procedesse às extrações das amostras dos demais tratamentos.

A clarificação do extrato foi efetuada em funil de separação, usando-se 10 ml do extrato etanólico e 10 ml de clorofórmio. A fase contendo o clorofórmio foi lavada por três vezes com 2 ml de água, sendo o extrato aquoso combinado com o etanólico, para em seguida ser evaporado através de um evaporador rotativo, a 45°C. Após a evaporação a vácuo até *secura* foram adicionados 10 ml de água ao balão, agitando-o, para em seguida, guardar o extrato em freezer, para leitura. Os açúcares totais foram quantificados através da reação com antrona; os açúcares redutores, com o reativo de Nelson (PLUMMER, 1971; HODGE e HOFREITER, 1962); e os açúcares não-redutores, por diferença.

#### 2.2.5. Extração e determinação de amido

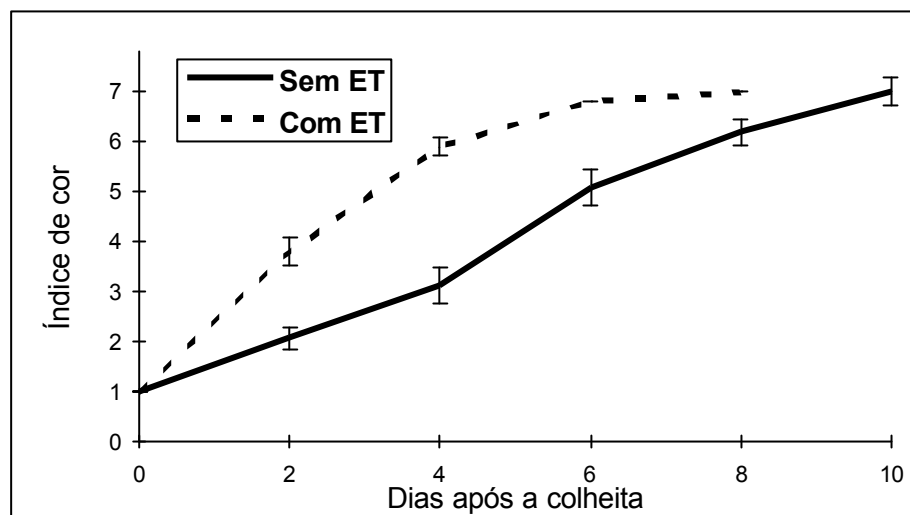
Para a extração do amido, adicionou-se ao tubo de centrífuga contendo o resíduo da extração dos açúcares uma proporção de 2,5 ml de água mais 3,25 ml de ácido perclórico a 52%. Os tubos contendo essa mistura foram agitados ocasionalmente com um vortex e centrifugados a 2.000 *g* por 10 minutos. Após remoção do sobrenadante, o processo foi repetido por três vezes, permitindo-se tempos de reação, anteriores a essas centrifugações, de 20, 30 e 20 minutos, respectivamente. Os sobrenadantes assim obtidos foram combinados, completando-se o volume com água destilada. Para a quantificação do amido foi empregada a reação com antrona (PLUMMER, 1971; HODGE e HOFREITER, 1962). Para o cálculo do conteúdo de amido multiplicou-se a quantidade de glicose, obtida a partir da equação de regressão padrão, por 0,9.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Características físicas

##### 3.1.1. Índice de cor da casca

A progressão do amadurecimento, com base na mudança visual da cor da casca (Figura 1), mostrou que os frutos recém-colhidos sofreram mudanças contínuas até o sexto dia após a colheita, atingindo o índice de cor 5, seguido de um período de quatro dias mais lentamente, até atingir o índice de cor 7 (Figura 8). Com a aplicação do ethephon, a evolução da mudança na cor da casca foi inicialmente acelerada. Numa segunda fase, as alterações na mudança da cor da casca apresentaram uma velocidade menor, de forma que a redução de dois dias no período para o seu completo amarelecimento, proporcionada pela aplicação de ethephon, se deu pela diferenciação na cor que ocorreu imediatamente após o tratamento (Figura 8).



As barras indicam o erro da média.

Figura 8. Índice de cor da casca do mamão (*Carica papaya* L.) durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação de ethephon (ET).

AN e PAULL (1990), tratando o mamão com 100 µl de etileno/litro, verificaram que ocorreu antecipação do amadurecimento determinado pela cor da casca, o qual foi mais rápido e uniforme do que em frutos controle. Com a aplicação de etileno houve uma relação linear da progressão da cor da casca após a colheita, até que os frutos apresentassem em torno de 90% da superfície da casca amarelada. Daí até completar o amarelecimento a velocidade dessa progressão era reduzida. Por outro lado, em frutos não-tratados a progressão da cor da casca era sempre linear até alcançar a coloração plena, sendo a velocidade de mudanças de estágio menos acentuada em relação a frutos tratados com etileno.

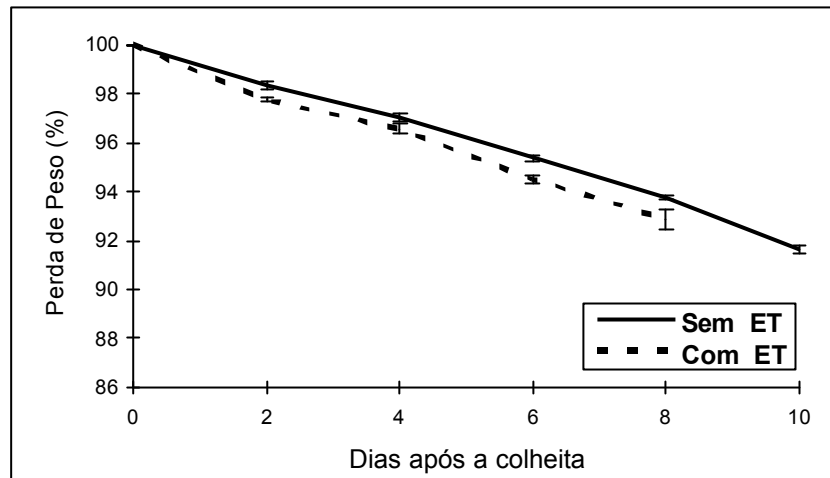
Os resultados parecem indicar que a antecipação da evolução da cor da casca em frutos tratados com ethephon seja devida à sua ação em promover a auto-catálise da síntese de etileno, ou a liberação maciça de etileno diretamente, essencial aos processos de amadurecimento de frutos climatéricos (OETIKER e YANG, 1995). Neste caso, destacam-se a degradação de clorofila e a síntese de carotenóides, levando

às cores características do fruto de mamão, que podem ser indicadores da progressão de seu amadurecimento pós-colheita. Em termos práticos essa caracterização possibilitaria usar a cor externa do fruto como um referencial para outras transformações pós-colheita que estarão ocorrendo com ou sem a aplicação do ethephon.

### 3.1.2. Peso da matéria fresca dos frutos

Assim como o desenvolvimento da cor da casca, a perda de peso acumulada do mamão foi ligeiramente mais acelerada nos primeiros dias para frutos que foram tratados com ethephon. Após essa fase inicial, seguiu-se então um curso paralelo da perda de peso entre os frutos tratados e não-tratados com ethephon até o pleno amarelecimento da casca (Figura 9).

O etileno, ao acelerar o processo de senescência do mamão, parece alterar o arranjo anatômico do pericarpo, provavelmente mais na porção do epicarpo, antecipando a perda de água nos primeiros dias após a sua aplicação. Esses resultados parecem indicar que a antecipação do fenômeno da perda de água possa ser uma consequência do processo de senescência do fruto. PAULL e CHEN (1989) constataram que há um progresso contínuo de desorganização da cutícula ao longo do amadurecimento do mamão, e esse processo facilitaria a difusão de vapor de água através da casca.



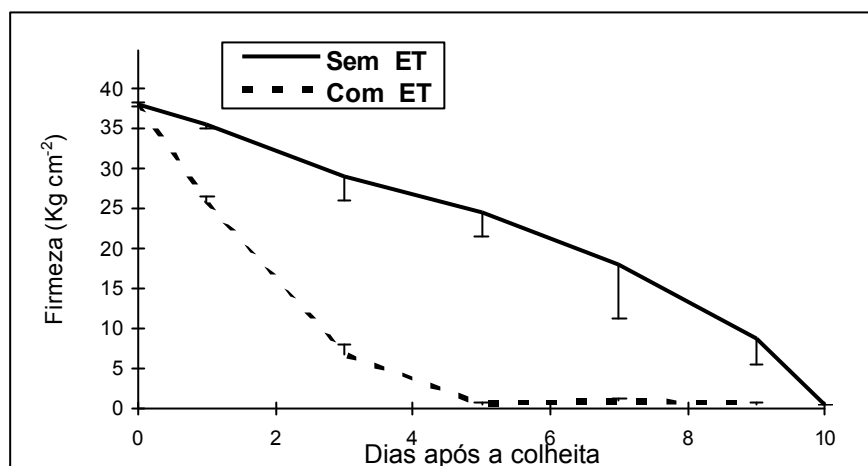
As barras indicam o erro da média.

Figura 9. Perda de peso relativo da matéria fresca (%) do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

### 3.1.3. Firmeza da polpa

A firmeza da polpa dos frutos de mamão recém-colhidos sofreu redução contínua até o quinto dia após a colheita (Figura 10), correspondendo ao índice de cor casca 4 (Figura 8). Daí em diante, com a progressão do amarelecimento da casca, a queda da firmeza da polpa se acentuou até o fruto alcançar índice de cor 7. Por outro lado, frutos de mamão tratados com ethephon apresentaram queda mais acelerada na firmeza da polpa até o terceiro dia após a colheita, atingindo o menor valor no quinto dia, permanecendo constante até o completo amarelecimento (Figura 10).

No mamão tratado com ethephon, a firmeza da polpa foi a característica mais afetada entre aquelas avaliadas, havendo uma queda brusca logo no primeiro dia após o tratamento, sendo o valor semelhante àquele de frutos não-tratados cinco dias após a colheita. Além disso, enquanto para os frutos não-tratados foram



As barras indicam o erro da média.

Figura 10. Firmeza da polpa do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

necessários seis dias para redução de 50% da firmeza da polpa, a aplicação de ethephon promoveu o mesmo efeito em apenas dois dias.

Quando os frutos tratados com ethephon atingiram, no quinto dia após a sua aplicação, o menor valor para a firmeza da polpa (Figura 10), não havia ainda ocorrido o completo amarelecimento da casca (Figura 8), como foi verificado com o seu amadurecimento normal (frutos controle). Este fato parece indicar que a redução na firmeza da polpa seja uma característica biológica mais sensível ao etileno do que a síntese de carotenóides e degradação de clorofila na casca e, também, que os eventos ocorram separadamente.

Vários autores consideram que o mamão tende a amadurecer de dentro para fora, de acordo com o que se observa em termos do desenvolvimento dos carotenóides na polpa (PAULL e CHEN, 1983), do aumento do vazamento de íons pelas células do pericarpo (CHAN JR., 1991) ou da alteração no amolecimento associado à atividade da poligalacturonase a diferentes profundidades da polpa (LAZAN et al., 1989). Resultados similares são descritos para outros frutos

climatéricos, tais como a manga, que amadurece do centro para a periferia da polpa (FUCHS et al., 1975).

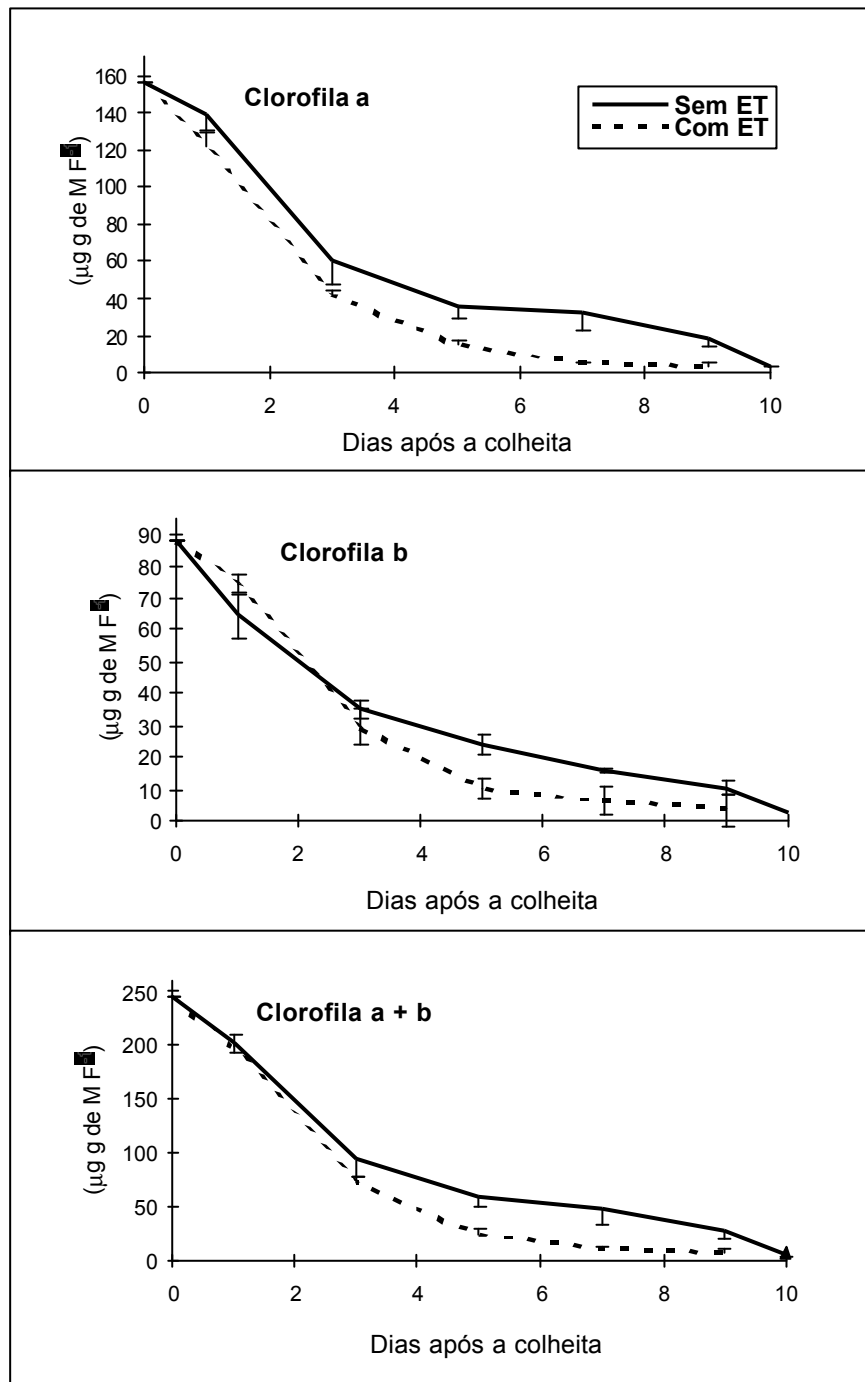
AN e PAULL (1990) observaram, através das alterações na cor da polpa do mamão, que o efeito do etileno foi de acelerar a taxa de amadurecimento do tecido do mesocarpo próximo à casca. O etileno não teve efeito sobre a taxa de amadurecimento do mesocarpo próximo à cavidade do fruto. O tecido próximo à cavidade já teria desenvolvido uma cor desejável e iniciado o amolecimento quando os frutos foram tratados com etileno.

ABELES et al. (1992), revisando características do amadurecimento da banana, relatam que se pode separá-las quanto a mudanças que ocorrem na casca e aquelas que ocorrem na polpa. Aparentemente, amolecimento e amarelecimento estão sob o controle de diferentes fatores.

## 3.2. Características químicas

### 3.2.1. Clorofila na casca

Os teores de clorofilas “a”, “b” e total sofreram reduções durante todo o período de amadurecimento, sendo o processo mais acentuado nos três primeiros dias, tanto para o controle como para os frutos tratados com ethephon (Figura 11). A partir daí houve uma redução na taxa de degradação da clorofila até o completo amarelecimento da casca e uma diferença entre os tratamentos. Nos frutos tratados com ethephon, houve uma pequena antecipação na degradação da clorofila em relação aos frutos não-tratados (Figura 11).



As barras indicam o erro da média.

Figura 11. Teor de clorofila a, b e total ( $\mu\text{g/g}$  da matéria fresca) na casca do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

Comparando-se os resultados dos teores de clorofila (Figura 11) com os índices de cor da casca durante os três primeiros dias após a colheita (Figura 8), verificou-se que a aplicação do ethephon não contribuiu para a diferença visual significativa na evolução da cor da casca em termos de degradação de clorofila, uma vez que os resultados dos teores de clorofila total foram similares para ambos os tratamentos. Esses resultados indicam que, na fase inicial de amadurecimento, o metabolismo envolvendo a redução no teor de clorofila deve ser naturalmente acelerado.

### 3.2.2. Carotenóides na casca

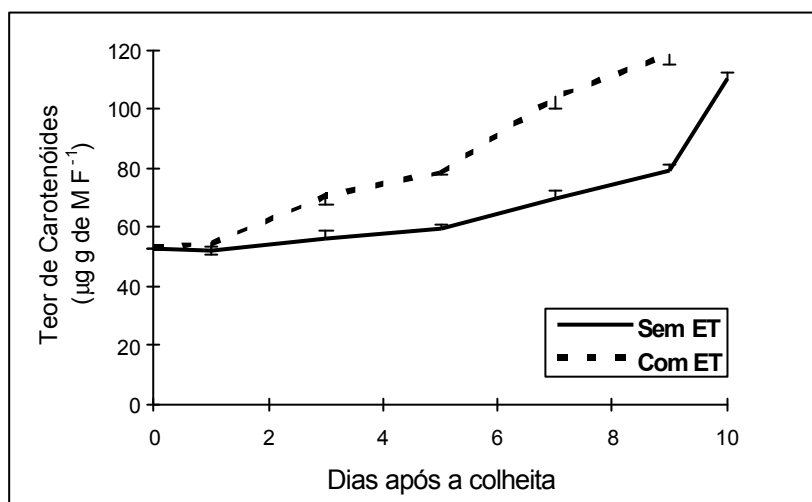
Os frutos de mamão com o índice de cor da casca 1 e não-tratados com ethephon apresentaram concentração de carotenóides equivalendo a 50% da concentração encontrada na casca dos frutos com o índice 7, considerados completamente maduros (Figura 12). Os resultados mostraram que, inicialmente, o aumento no teor de carotenóides é lento até o quinto dia após a colheita, intensificando-se daí por diante, até o completo amarelecimento da casca do mamão.

Os teores de carotenóides e de clorofila encontrados na casca do mamão sugerem que, inicialmente, a evolução da coloração amarela da casca desses frutos, tenha como principal contribuição a degradação de clorofila e, na fase final de amadurecimento, a intensificação da síntese de carotenóides, mostrando a importância dos carotenóides para a cor final do mamão.

Embora com valores inferiores aos obtidos nesse caso com a cultivar Improved Sunrise Solo line 72/12, BIRTH et al. (1984) encontraram que os teores de carotenóides na casca de frutos de mamão da cultivar Kapoho Solo eram, no início do amadurecimento, de 24,1 µg/g de matéria fresca, e quando completamente maduro, de

51,1  $\mu\text{g/g}$ , indicando a presença de carotenóides em frutos imaturos e ratificando um percentual de aumento semelhante ao obtido com o 72/12.

O aumento da concentração de carotenóides na casca foi antecipado pela aplicação de ethephon (Figura 12), enquanto o aumento da degradação de clorofila foi mais tardio com a sua aplicação (Figura 11). Portanto, isso sugere que o efeito do ethephon sobre a cor da cor da casca (Figura 8) resultaria de um efeito inicial maior sobre a síntese de carotenóides, seguido do efeito sobre a degradação de clorofila.



As barras indicam o erro da média.

Figura 12. Teor de carotenóides ( $\mu\text{g/g}$  da matéria fresca) na casca do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon.

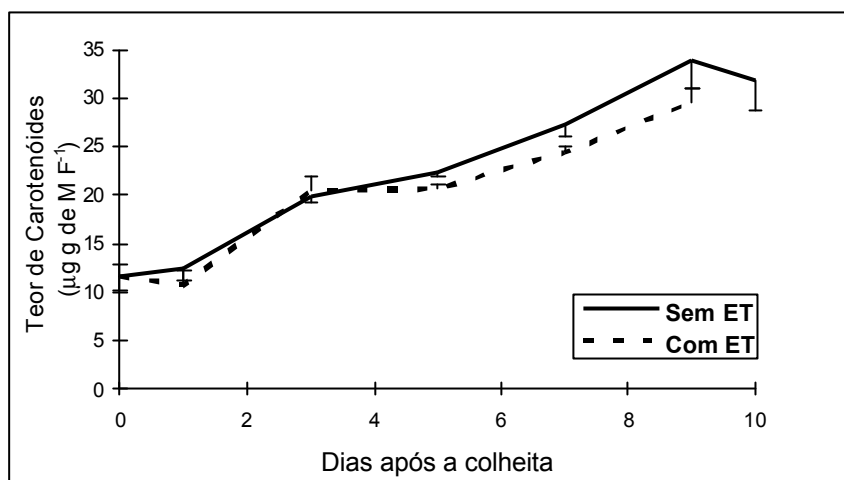
### 3.2.3. Carotenóides na polpa

O aumento no teor de carotenóides na polpa do mamão se deu de forma gradativa com o avanço do amadurecimento (Figura 13), diferentemente do processo na casca, que se intensificou a partir do quinto dia após a colheita (Figura 12).

Enquanto na casca a aplicação do ethephon antecipou o aparecimento da cor amarela (Figura 8), devido ao maior teor de carotenóides (Figura 12), na polpa não houve resposta à sua aplicação (Figura 13); sugerindo que parecem ser independentes os processos de síntese de carotenóides na casca e na polpa do mamão, tanto na presença quanto na ausência do ethephon.

Considerando que o fruto de mamão amadurece de dentro para fora (AN e PAULL, 1990; CHAN, JR., 1991; LAZAN et al., 1989; PAULL e CHEN, 1983), provavelmente no estágio de colheita utilizado (índice de cor da casca 1) o teor de etileno na polpa seja suficiente para desenvolver a síntese de carotenóides, e, por isso, não tenha sido evidenciado o efeito da aplicação do ethephon na pigmentação da polpa.

Avaliando a coloração da polpa de frutos de mamão previamente armazenados ou não em câmara fria, AN e PAULL (1990) verificaram que não houve incremento significativo na evolução da cor da polpa com a aplicação de etileno até o terceiro dia após o tratamento. Todavia, verificaram que o etileno aplicado no início do amadurecimento foi efetivo em aumentar a intensidade da cor da polpa, quando os frutos se encontravam completamente maduros. Por outro lado, BROWN (1987) relata não ter encontrado qualquer diferença significativa na coloração da polpa do mamão com a aplicação de etileno.



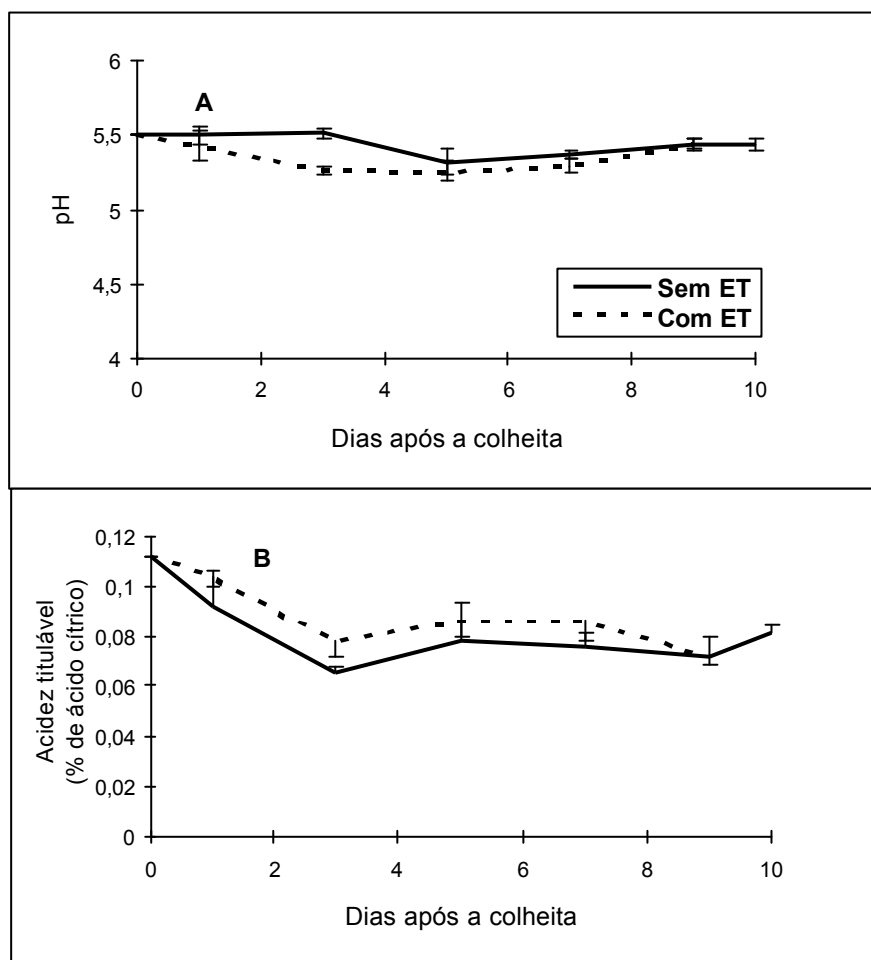
As barras indicam o erro da média.

Figura 13. Teor e carotenóides ( $\mu\text{g/g}$  da matéria fresca) na polpa do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

#### 3.2.4. pH e acidez titulável

Durante o amadurecimento do mamão não se verificou alteração no pH da polpa (Figura 14 A), confirmando resultados obtidos por AKAMINE e GOO (1971), que não encontraram diferença significativa para o pH (aproximadamente 5,6) da polpa do mamão em diferentes estádios de amadurecimento. No entanto, nos primeiros dias após a aplicação do ethephon houve uma tendência de redução no valor do pH (Figura 14 A).

Frutos de mamão submetidos ou não a aplicação do ethephon apresentaram uma mesma tendência quanto à acidez titulável (Figura 14 B), embora o ethephon tenha induzido valores ligeiramente superiores durante a maior parte do amadurecimento. Verificou-se, inicialmente, um decréscimo no teor da acidez, que em seguida permaneceu estável até os frutos atingirem o completo amarelecimento (Figura 14).



As barras indicam o erro da média.

Figura 14. pH (A) e acidez titulável (B) da polpa do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon(ET).

LAZAN et al. (1989) constataram que a acidez titulável tende a aumentar com o amadurecimento dos frutos, até atingir aproximadamente 75% da superfície da casca amarela. A partir daí os níveis decresceram.

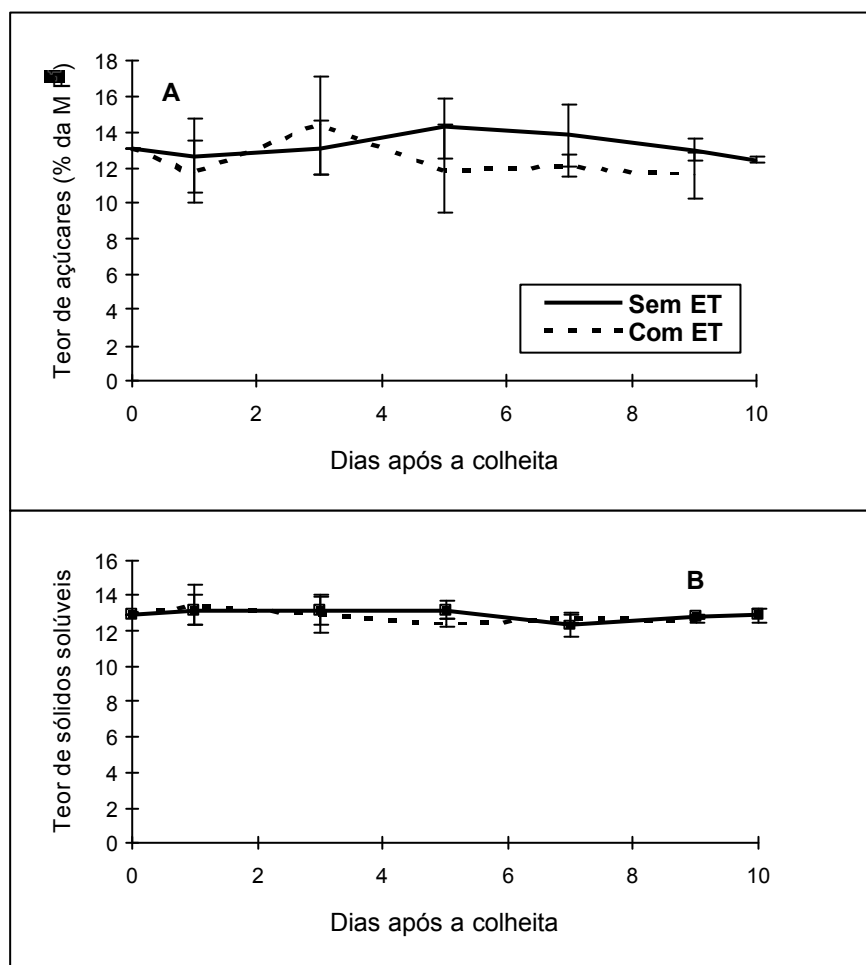
Segundo CHAN JR. et al. (1971), os teores de ácidos orgânicos no mamão são baixos, predominando os ácidos cítrico e málico, em quantidades iguais, seguidos do alfa-cetoglutárico em quantidade bem menor, os quais, juntamente com o ácido ascórbico, contribuem com 85% do total de ácidos no fruto. Todavia, o conteúdo do ácido málico tende a decrescer à medida que o mamão amadurece.

ARRIOLA e ROLZ (1975) verificaram que a acidez titulável aumentava em frutos de mamão armazenados em condições ambiente durante a maturação, decrescendo quando os frutos se encontravam na fase de senescência, enquanto MOSCA (1992) verificou que a acidez mostrava ligeiro decréscimo com o início do amadurecimento, seguido de um suave aumento e posterior decréscimo. Esses resultados encontrados por MOSCA (1992) se assemelham mais aos obtidos nesta pesquisa.

DRAETTA et al. (1975) relatam a ocorrência de ligeiro aumento na acidez da polpa do mamão durante o seu amadurecimento e atribuem esse acréscimo à provável formação do ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina pela pectinametilesterase e pela poligalacturonase.

### 3.2.5. Carboidratos na polpa

A concentração de açúcares totais praticamente não se alterou durante o amadurecimento dos frutos, todavia a aplicação do ethephon propiciou uma ligeira queda no seu teor (Figura 15 A), provavelmente como resultado do consumo dos açúcares redutores com a antecipação do surto respiratório climatérico. Essa ligeira queda foi também observada no teor de sólidos solúveis totais que, a partir daí,



As barras indicam o erro da média.

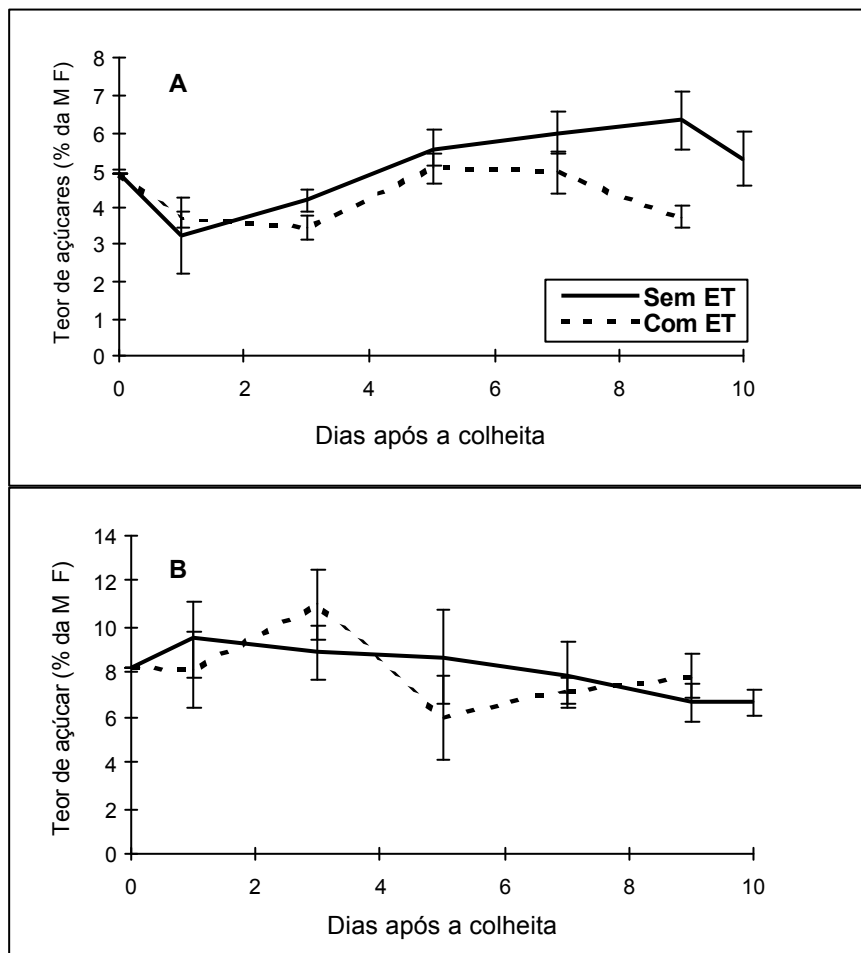
Figura 15. Teor de açúcar total (% da matéria fresca) (A) e de sólidos solúveis totais (°brix) (B) na polpa do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

praticamente não se alterou com o amadurecimento dos frutos (Figura 15 B).

Um importante atributo associado à qualidade de frutos é o teor de açúcares. No mamão, a concentração de açúcar total aumenta ligeiramente durante o seu desenvolvimento e bruscamente com o início do amadurecimento na planta (CHAN JR. et al., 1979; SELVARAJ et al. 1982). Todavia, esse aumento se dá apenas enquanto o fruto está ligado à planta, uma vez que o mamão apresenta baixo teor de amido para ser hidrolisado em açúcares solúveis durante o climatério (Figura 17). Provavelmente por isso, durante o amadurecimento pós-colheita, o teor de açúcar total tendeu a ficar estável, havendo ligeira queda no final desse período, semelhante ao fruto ligado à planta na fase de senescência.

Durante o amadurecimento do mamão observou-se, também, um ligeiro decréscimo no teor de açúcares não-redutores (Figura 16 B), correspondendo em acréscimo nos teores de açúcares redutores (Figura 16 A). Essas alternâncias são relatadas na literatura, que mostra que o teor de sacarose é baixo (em torno de 15% do açúcar total) até 110 dias após a antese. A partir daí aumenta rapidamente, atingindo aproximadamente 80% do teor de açúcar total. Em contraste, o teor de glicose tende a declinar de 65% do açúcar total para perto de 20% no mesmo período. Daí em diante o processo se inverte, com queda na concentração de sacarose e aumento nos teores de glicose e frutose (CHAN JR. et al., 1979), indicando que a sacarose é degradada para açúcares simples (CHAN, JR. e KWOK, 1975, 1976). A invertase exibe um aumento da atividade durante o amadurecimento do mamão (PAL e SELVARAJ, 1987).

A aplicação do ethephon alterou a relação dos açúcares do mamão apenas no final do amadurecimento, notadamente em termos de diminuição no teor de açúcares redutores (Figura 16 A). É possível que a aplicação de ethephon, ao induzir a antecipação do processo de senescência dos frutos, aumente o consumo de metabólitos, visando restabelecer a sua organização celular.

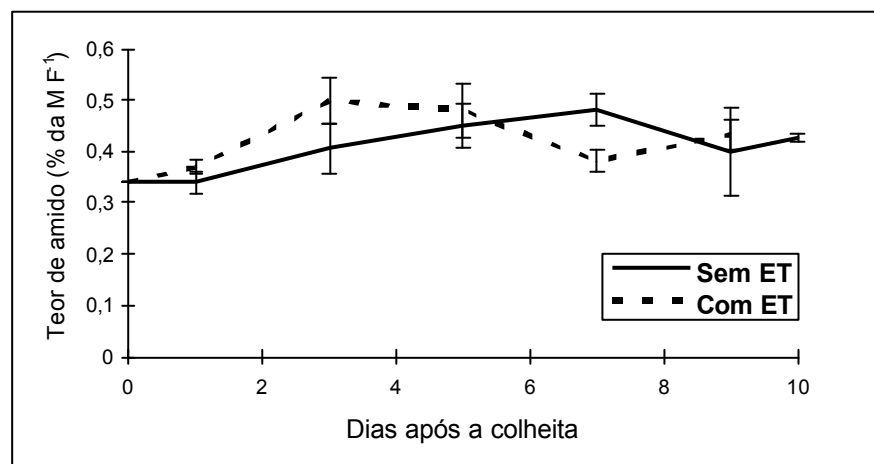


As barras indicam o erro da média.

Figura 16. Teor de açúcares redutores (A) e não-redutor (B) (% da matéria fresca) na polpa do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

Corroborando outros resultados (PAL et al., 1980; SELVARAJ et al., 1982), observou-se que o teor de amido foi baixo e constante (Figura 17) e, dessa forma, parece não contribuir com a quantidade final de açúcares. O fruto de mamão apresenta a característica de acumular baixos teores de amido (menos do que 1%) durante o seu amadurecimento, quando comparado a frutos como a banana (PAL et al., 1980; SELVARAJ et al., 1982) que pode apresentar normalmente acima de 20% de amido durante o seu desenvolvimento (SALOMÃO, 1995). Portanto, o mamão não apresenta quantidade significativa de amido para ser hidrolisado durante o climatério (VIEGAS, 1992), sendo assim um acumulador de açúcares durante o seu desenvolvimento na planta (SELVARAJ et al., 1982).

A aplicação do ethephon não alterou a concentração de amido na polpa do mamão, não contribuindo, portanto, para a qualidade do fruto em termos de açúcares solúveis oriundos da sua hidrólise.



As barras indicam o erro da média.

Figura 17. Teor de amido (% da matéria fresca) na polpa do mamão (*Carica papaya* L.), durante a fase de pós-colheita, após submetido ou não a aplicação do ethephon (ET).

## CAPÍTULO 3

### AMADURECIMENTO PÓS COLHEITA DO MAMÃO EM CÂMARA FRIA E EM CONDIÇÕES AMBIENTE, ASSOCIADO À APLICAÇÃO DE ETHEPHON.

#### 1. INTRODUÇÃO

Frutos de mamão colhidos no estágio pré-climatérico amadurecem em poucos dias sob condições ambiente, mantendo as suas características qualitativas normais. No entanto, vários fatores de pré e pós-colheita podem atuar reduzindo a sua vida pós-colheita. Dentre os fatores climáticos, a umidade relativa e a temperatura ambiente são fundamentais. Quanto à temperatura, o seu efeito é mais intenso quanto mais elevada ela for, sendo fundamental que se viabilizem medidas que possam reduzir a sua intensidade.

Frutos de origem tropical, como o mamão são de difícil manuseio nas etapas compreendidas entre a colheita e o mercado consumidor. A rapidez com que amadurecem e a grande distância em que eles são transportados até alcançarem o centro consumidor demandam manuseio especial. Para o mercado interno ou para exportação para países vizinhos, uma alternativa para prolongar a vida útil desse tipo de produto é o uso do transporte refrigerado. Para exportação para outros

continentes, as alternativas são o transporte por via aérea, o qual reduziria o período de trânsito, ou o uso de transporte refrigerado por via marítima. O transporte refrigerado por via marítima apresenta a vantagem de possibilitar uma redução nos custos de exportação e traz como limitação o fato de o mamão ser altamente perecível e susceptível à injúria pelo frio (MARRIOTT e PROCTOR, 1979).

Com base na curva respiratória, AKAMINE (1966) verificou que o amadurecimento do mamão ocorre satisfatoriamente à temperatura de 25°C, enquanto NAZEEB e BROUGHTON (1978) consideraram que a temperatura ótima para o amadurecimento desse fruto é de aproximadamente 20°C, não ocorrendo amadurecimento quando são armazenados entre 10°C e 15°C, pois nessa faixa de temperatura a atividade metabólica dos frutos é reduzida. A taxa respiratória indica a velocidade com que ocorre o metabolismo dos vegetais, e altas taxas respiratórias estão, geralmente, associadas a um período curto de armazenamento (MOSCA, 1992).

A temperatura mínima para o armazenamento do mamão é determinada pela sua susceptibilidade à injúria pelo frio - "chilling". A temperatura na faixa de 9 a 12°C é geralmente utilizada para o armazenamento do mamão. Sob temperaturas abaixo desses valores os frutos podem manifestar as injúrias provocadas pelo frio, que se caracterizam por escaldadura na casca, áreas endurecidas na polpa ao redor dos feixes vasculares, presença de tecido com textura aquosa na polpa (CHEN e PAULL, 1986), atraso e desuniformidade no amadurecimento e aumento na susceptibilidade a outros patógenos de pós-colheita. Danos mais severos incluem, entre outros, ausência de amadurecimento, com total falta de sabor e odores atípicos (COUEY, 1982).

Para temperaturas abaixo de 10°C, CHEN e PAULL (1986) verificaram que a ocorrência da injúria por frio em mamão foi dependente basicamente do estágio de amadurecimento e do período de armazenamento numa determinada temperatura. Frutos verdes, mas fisiologicamente maduros, foram mais sensíveis à injúria por frio manifestada após 10 dias de armazenamento a 2°C, enquanto em frutos com 60% da superfície amarela esses sintomas só se manifestaram após 17

dias de armazenamento. Da mesma forma, o pré-acondicionamento do mamão a 12,5°C, por quatro dias, antes do armazenamento a 2°C, reduziu a sensibilidade ao “chilling”, que foi associada com um amadurecimento parcial do fruto durante esse período. Embora a temperatura ideal esteja na faixa de 10 a 12°C para refrigeração, “chilling” brando pode ocorrer durante o armazenamento de frutos de mamão nessa temperatura (COUEY 1982).

Durante o armazenamento do mamão sob refrigeração, várias alterações metabólicas podem ser observadas, como mudança na taxa respiratória (ABOU AZIZ et al., 1975), na perda de peso, nos conteúdos de clorofila e carotenóides na casca (ABOU AZIZ et al., 1975; AN e PAULL, 1990), na firmeza da polpa (CHEN e PAULL, 1986; AN e PAULL, 1990), etc.

Colheita do mamão no estágio inicial de amadurecimento e transporte por via marítima, sob refrigeração à temperatura próxima a 10°C, são freqüentemente realizados pelos exportadores brasileiros.

Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar também pode afetar diretamente a qualidade dos produtos armazenados. Durante o processo de amadurecimento do mamão, a umidade do ar na câmara deve estar na faixa de 85 a 95%. Abaixo destes percentuais poderá haver perda de qualidade do fruto, cuja casca, além de se tornar enrugada, apresenta perda do brilho, e a polpa perde a sua consistência (BLEINROTH e SIGRIST, 1989; SILVA, 1992). Umidade relativa acima de 95% favorece o desenvolvimento de fungos que provocam o apodrecimento rápido dos frutos (BLEINROTH e SIGRIST, 1989).

Os frutos perdem água, diminuindo o seu volume, durante os períodos quentes e secos do dia, mas, se ainda estão presos à planta, recuperam o conteúdo de água durante a noite. Todavia, depois da colheita, o processo de transpiração continua, mas não há como recuperar a água. Desse modo, as condições inadequadas de transporte e armazenamento afetam seriamente o valor comercial do fruto. (SILVA et al., 1992; SCHEER, 1994).

O prolongamento do período de armazenamento a 10°C, para o mamão foi significativo no aumento da sua perda de peso, sendo essa perda gradual nos primeiros 12 dias de armazenamento, tendo aumento surpreendente entre o 12º e o

16º dia. Constatou-se ainda que a perda de peso foi maior em frutos armazenados a 15°C do que a 10°C (ABOU AZIZ et al., 1975). Verificaram também que a elevação da temperatura acelerou o desenvolvimento da cor amarela da casca dos frutos e o decréscimo no conteúdo de clorofila, com o prolongamento do período de armazenamento. Efeito inverso foi verificado para o conteúdo de carotenóides na casca, o qual aumentou durante o armazenamento, sendo a taxa maior para temperaturas mais elevadas.

Após o armazenamento do mamão a 10°C, AN e PAULL (1990) verificaram que o amolecimento dos frutos foi mais lento nos quatro primeiros dias após a retirada da câmara fria e exposição à temperatura de 25°C, em comparação com frutos não-armazenados avaliados pelo mesmo período após a colheita. Entretanto, o desenvolvimento da cor externa, o amolecimento do fruto e o desenvolvimento da cor da polpa foram mais rápido em frutos previamente armazenados em câmara fria a 10°C por 14 dias do que em frutos não-armazenados.

Em frutos de mamão previamente armazenados a 10°C e, posteriormente, tratados com etileno, observou-se que a taxa de amarelecimento da casca foi maior do que naqueles não-armazenados em câmara fria. Em analogia a estudos de outros pesquisadores, AN e PAULL (1990) apontaram as seguintes hipóteses: a) que o etileno produzido durante o armazenamento ( $< 0,1 \mu\text{l/litro}$ ) fora suficiente para poder acelerar a taxa de amadurecimento, b) que poderia ocorrer alterações na sensibilidade do tecido ao etileno via mudanças na sua afinidade de ligação ao receptor e c) que o aumento no número de receptores durante o período de refrigeração tornou os frutos mais sensíveis à aplicação do etileno exógeno após o armazenamento.

O tratamento do mamão com etileno acelerou e uniformizou o seu amadurecimento, alterando a sua coloração externa, o amolecimento e o desenvolvimento da cor da polpa, para frutos submetidos ou não a refrigeração. Em ambos os casos o etileno não teve efeito significativo na taxa de amadurecimento da polpa na região próxima à cavidade do fruto. O tecido nessa região já teria desenvolvido sua coloração e o amolecimento característico do mamão maduro, quando os frutos receberam o tratamento com etileno (AN e PAULL, 1990).

No entanto, é necessário conhecer os aspectos relacionados à qualidade do mamão após diferentes períodos de armazenamento em câmara fria, uma vez que o período de transporte por via marítima pode ser variável, em função da eficiência da infra-estrutura portuária. É importante que se conheça o potencial de conservação do mamão em ambiente refrigerado, sem que se perca o seu padrão de qualidade. Em função disso, desenvolveu-se esta pesquisa, visando estudar as alterações no metabolismo do fruto durante diferentes períodos de armazenamento, e após a sua retirada do ambiente refrigerado.

Embora durante as etapas de classificação pós-colheita haja uma preocupação por parte dos exportadores em uniformizar os frutos num mesmo estágio morfofisiológico, é comum a desuniformidade de amadurecimento, quando desembarcados na região de destino. Assim, procurou-se estudar também o efeito da aplicação de ethephon, visando oferecer uma alternativa para a uniformidade de amadurecimento do mamão, uma vez que a sua aplicação tem sido normalmente recomendada visando sincronizar o amadurecimento de lotes de frutos.

Este trabalho teve como objetivos:

- determinar os efeitos de diferentes períodos de armazenamento sobre algumas características físicas e químicas do amadurecimento do mamão, durante e após a refrigeração; e
- verificar os efeitos da aplicação do ethephon, após a refrigeração, sobre o avanço do amadurecimento e sobre a qualidade comercial dos frutos de mamão armazenados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A colheita, classificação e seleção dos frutos de mamão foram realizadas de acordo com o método descrito no capítulo 1. Após a seleção e classificação dos frutos recém-colhidos, foram utilizados para o experimento aqueles que se encontravam com o índice 1 de cor da casca. Em seguida os frutos foram submetidos ao tratamento hidrotérmico a  $48,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos, pré-resfriados a  $17 \pm 1^{\circ}\text{C}$  pelo mesmo período e mergulhados em uma solução aquosa contendo 6 g/l de tiabendazole por cinco minutos. Após os tratamentos, os frutos foram armazenados em câmara fria a  $10^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $82 \pm 3\%$  por 0, 9, 18 e 27 dias, sendo nesses períodos efetuadas avaliações, a cada três dias, das seguintes características físicas e químicas: evolução do índice de cor da casca, peso da matéria fresca da polpa, firmeza da polpa, teor de clorofila na casca, teor de carotenóides na casca e na polpa, teores de açúcares e amido, pH e acidez titulável, cuja descrição do método de avaliação de cada parâmetro encontra-se nos capítulos 1 e 2.

Após cada período de armazenamento (0, 9, 18 ou 27 dias), sob refrigeração, a metade dos frutos destinados a um período de armazenamento em câmara fria foi mergulhada em uma solução de ethephon a 1 g/l por noventa minutos. Retirados dessa solução, os frutos foram mantidos em condições

ambiente de laboratório com  $17 \pm 0,8$  °C de temperatura e  $72,4 \pm 3,1$  % de umidade relativa, até completo amarelecimento da casca. Um dia após a aplicação do tratamento com ethephon os frutos foram avaliados, e, a partir daí, a cada dois dias.

Os experimentos foram efetuados em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco frutos, com peso médio de aproximadamente 400 g.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, para comparação das médias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

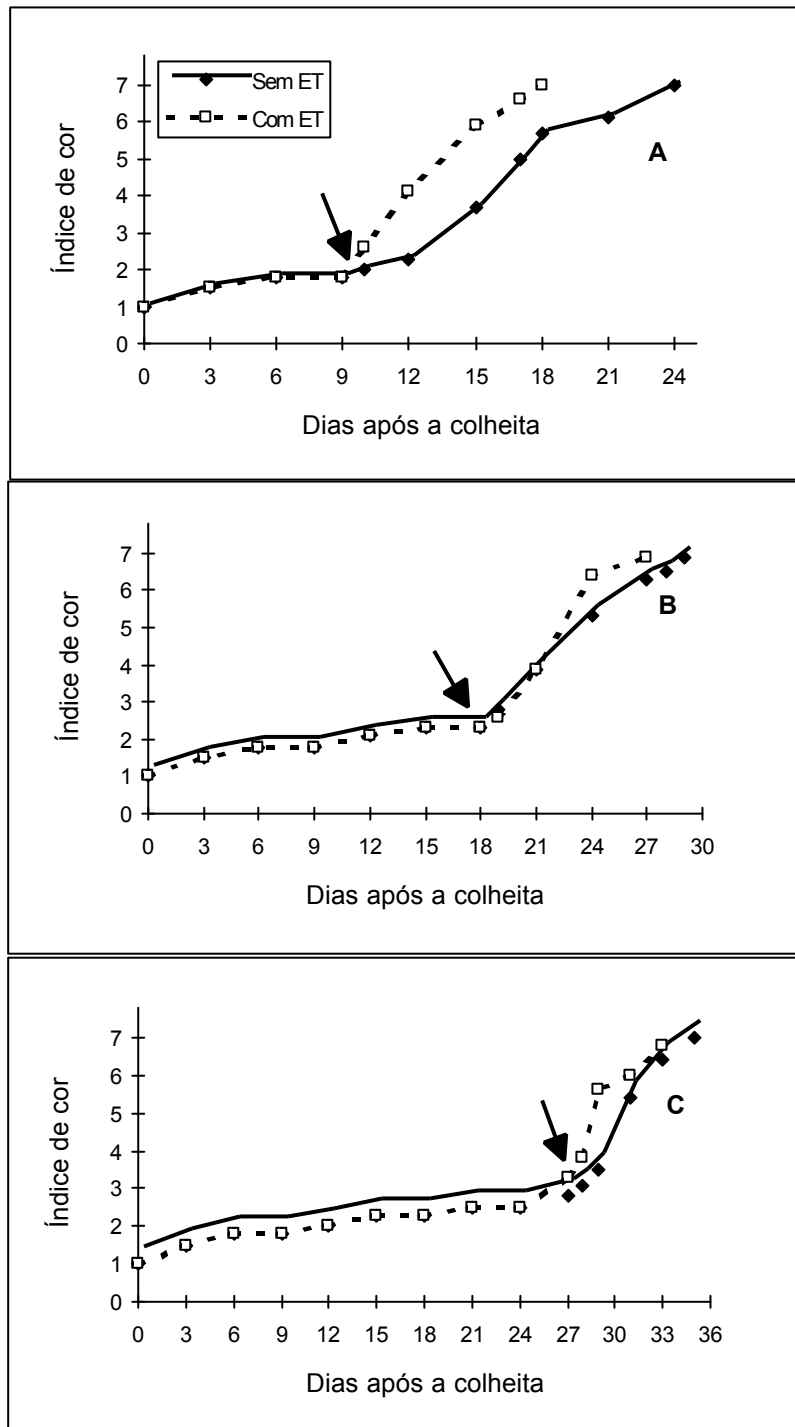
#### 3.1. Características físicas

##### 3.1.1. Índice de cor da casca e período para completo amarelecimento dos frutos sob condições ambiente

Durante o armazenamento do mamão em câmara fria por 9, 18 ou 27 dias, as alterações na coloração amarela da casca foram mais aceleradas nos três primeiros dias. Daí até a retirada dos frutos da câmara verificou-se apenas leve alteração nessa coloração (Figura 18).

Após a manutenção do mamão em câmara fria por 9, 18 e 27 dias, ele se encontrava com o índice de cor da casca 1,8; 2,3 e 2,8, respectivamente (Quadro 13), mostrando que, embora o incremento mais acentuado na cor da casca dos frutos tenha ocorrido com o armazenamento por 27 dias, ela foi mais acelerada durante os primeiros dias em câmara fria.

Com a retirada do mamão da câmara fria, houve antecipação do tempo para o completo amarelecimento dos frutos tratados com ethephon, em relação à testemunha (Figura 18), principalmente para aqueles armazenados por nove dias, e menor efeito nos frutos armazenados por 27 dias (Quadro 14).



As setas indicam o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 18. Índice de cor da casca do mamão (*Carica papaya* L.) submetido ou não a aplicação de ethephon (ET) após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.

Quadro 13. Índice de cor da casca do mamão (*Carica papaya* L.), após diferentes períodos de armazenamento em câmara fria

| Dias de Armazenamento em<br>Câmara Fria | Índice de Cor |
|---|---------------|
| 27                                      | 2,8 a         |
| 18                                      | 2,3 b         |
| 9                                       | 1,8 c         |
| 0                                       | 1,0 d         |

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados indicaram que o efeito do ethephon sobre a mudança da cor externa do mamão se dá logo nos primeiros dias após a sua aplicação, semelhante ao constatado no capítulo anterior em frutos não-armazenados em câmara fria (Figura 8). No entanto, embora tenha ocorrido diferença significativa no índice de cor da casca após os tratamentos de armazenamento (Quadro 13), não houve diferença significativa para o completo amarelecimento dos frutos após a aplicação de ethephon, se oriundos de 9, 18 ou 27 dias de armazenamento em câmara fria (Quadro 14).

AN e PAULL (1990) também constataram que o etileno induzia um efeito imediato, após a sua aplicação, no desenvolvimento da cor na superfície da casca do mamão previamente armazenado a 10°C, sendo esse incremento superior ao ocorrido com os frutos não-armazenados em câmara fria. Em analogia com outros estudos, consideraram que o etileno produzido durante o armazenamento (<0,1 µl/litro) seria suficiente para acelerar a taxa de amadurecimento ou que as alterações na sensibilidade do tecido ao etileno via mudanças na sua afinidade de ligação ao receptor teriam aumentado e, ou, ainda que o aumento poderia ter se dado no número de receptores durante o período de refrigeração. Com isso, o fruto tornar-se-ia mais sensível ao amadurecimento em condições de temperatura ambiente após o armazenamento refrigerado, bem como após a aplicação do etileno exógeno.

Quadro 14. Dias para o completo amarelecimento da casca de frutos de mamão (*Carica papaya* L.), após submetidos a diferentes períodos de armazenamento em câmara fria e posterior tratamento com ethephon

| Dias de Armazenamento<br>em Câmara Fria | Dias para o Completo Amarelecimento |              |
|---|-------------------------------------|--------------|
|   | Controle                            | Com Ethephon |
| 0                                       | 17,5 a A                            | 12,9 b A     |
| -9                                      | 13,5 a B                            | 7,8 b B      |
| 18                                      | 10,0 a C                            | 7,4 b B      |
| 27                                      | 8,0 a D                             | 6,2 b B      |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A ausência de diferença significativa, com a aplicação de ethephon, após os diferentes tratamentos de armazenamento, leva a crer que as alterações mencionadas anteriormente ocorram num intervalo de tempo inferior a nove dias.

A permanência dos frutos em câmara fria por 27 dias, com posterior aplicação de ethephon, propiciou resultados similares aos obtidos por BROWN (1987), quando foi verificado que o etileno era efetivo em acelerar o amadurecimento de frutos apenas para aqueles que se encontravam nos primeiros estádios de amadurecimento.

A refrigeração retardou o amadurecimento do mamão, medida pelo desenvolvimento da cor amarela da casca. No entanto, com o prolongamento do tempo de permanência dos frutos em câmara fria, a mudança na cor da casca foi aparecendo lentamente (Figura 18), reduzindo o período necessário para que os frutos completassem o seu amarelecimento em condições ambiente (Quadro 14).

Houve interação significativa entre o período de manutenção dos frutos em câmara fria e a aplicação ou não de ethephon após a refrigeração, para o tempo necessário ao completo amarelecimento do mamão. Com a aplicação do ethephon, o amarelecimento da casca do mamão foi antecipado, tendo-se constatado efeito reduzido com o prolongamento do período de armazenamento.

Com base nos resultados do Quadro 14, verificou-se que frutos de mamão armazenados por nove dias em câmara fria e sem a posterior aplicação exógena de

ethephon demoraram 13,5 dias para amadurecer, e, com a aplicação de ethephon, tiveram acelerado o tempo para atingir o completo amadurecimento em média 42,2%. Em relação aos frutos armazenados por 27 dias, que demoravam oito dias para amadurecer, com a aplicação do ethephon o processo foi acelerado em apenas 22,5% em condições ambiente. Por outro lado, em frutos não-armazenados em condições refrigeradas, a aplicação do ethephon acelerou em apenas 26,3% o tempo de amadurecimento. Comparado esse resultado com o efeito verificado no mamão armazenado por nove dias em câmara fria, pode-se inferir que inicialmente, com a refrigeração, haja aumento da sensibilidade do tecido do fruto ao etileno e, ou, do número de seus receptores de acordo com as observações de AN e PAULL (1990).

A ausência de diferença significativa para o completo amarelecimento dos frutos de mamão após 9, 18 e 27 dias de armazenamento em câmara fria seguido da aplicação de ethephon, pode indicar que a sua aplicação uniformizou o tempo para o amadurecimento dos frutos. Esse resultado é reforçado quando se verifica que, na ausência do ethephon exógeno, houve diferença significativa para o tempo necessário para o completo amarelecimento do mamão após os diferentes períodos de refrigeração.

### 3.1.2. Peso da matéria fresca dos frutos

A perda de peso do mamão durante o período de armazenamento em câmara fria apresentou-se baixa, quando comparada àquela verificada após a refrigeração até o completo amarelecimento dos frutos em condições ambiente. (Quadro 15 e Figura 19). Tanto na câmara fria como em condições ambientes a alteração no peso dos frutos de mamão foi proporcional ao seu período de permanência nessas condições. Assim, a maior perda de peso sob refrigeração foi verificada nos frutos mantidos por 27 dias na câmara, enquanto que sob condições ambiente pelos frutos previamente armazenados por 9 e 18 dias. Não houve

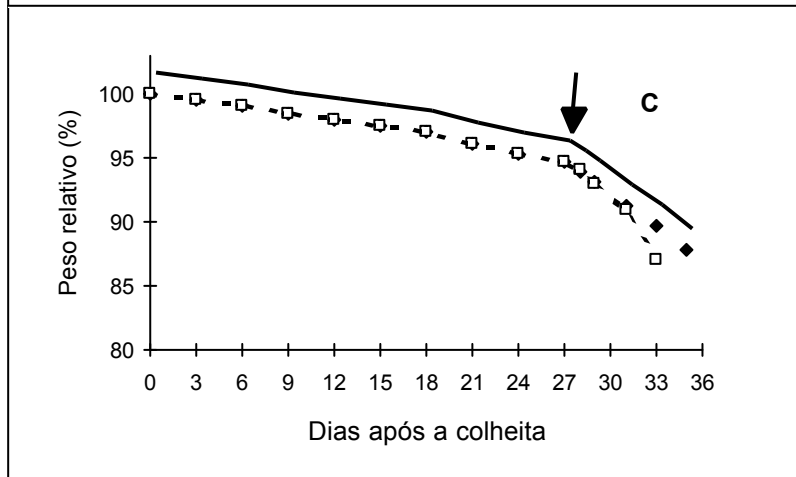
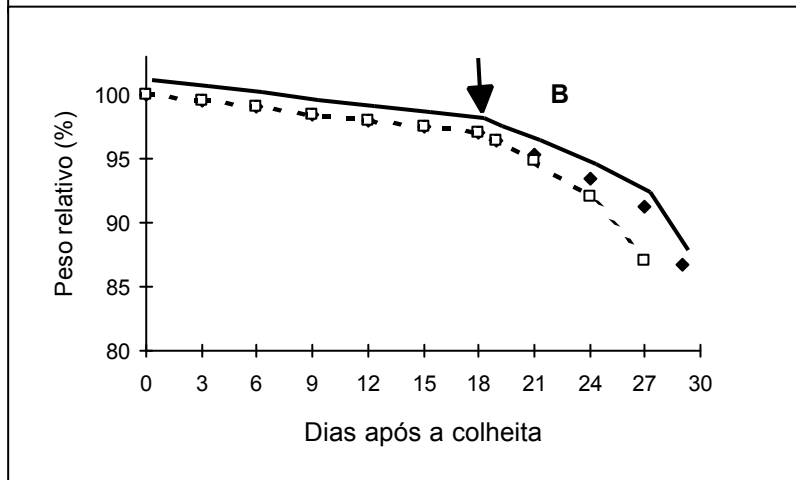
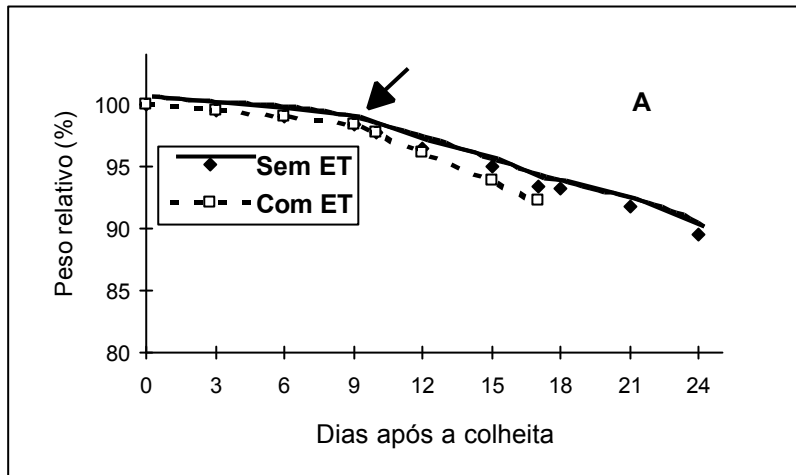
interação significativa entre os diferentes períodos de armazenamento e a aplicação de ethephon, sendo o efeito apenas da aplicação de ethephon. Com a aplicação do ethephon a perda de peso do mamão foi reduzida significativamente após os diferentes períodos de armazenamento, em média de 7,33% para 5,95% nas condições ambiente. No entanto, esse efeito, associado ao período necessário para o completo amarelecimento dos frutos, mostrou que a perda média diária, daqueles que receberam ethephon, foi de 0,845%, sendo mais acelerada e diferindo significativamente daquela observada em frutos que não receberam ethephon, cuja média diária foi de 0,723%.

Quando se determinou a taxa de perda de peso diária, após o armazenamento em câmara fria, verificou-se que a sua magnitude era maior quanto maior o período de armazenamento (Quadro 15). Isso pode estar indicando que, após determinado estágio de amadurecimento, os frutos passam a ter uma menor proteção externa contra a difusão de água. PAULL e CHEN (1989) enfatizam que há uma progressão na desorganização da cutícula ao longo do amadurecimento do mamão e que esse processo facilitaria a difusão de vapor d'água através da casca.

Quadro 15. Taxa diária de redução da matéria fresca sob condições ambiente e sua redução acumulada em frutos de mamão (*Carica papaya* L.), durante e após diferentes períodos de armazenamento em câmara fria, com e sem aplicação de ethephon

| Dias de Armazenamento em Câmara Fria | Redução Acumulada da Matéria Fresca (%) |                           | Taxa ao Ambiente |
|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------|
|                                      | Na Câmara Fria                          | Ambiente após Câmara Fria |                  |
| 27                                   | 5,34 a                                  | 6,14 b                    | 0,864 a          |
| 18                                   | 3,00 b                                  | 6,75 ab                   | 0,793 ab         |
| 9                                    | 1,60 c                                  | 7,02 a                    | 0,694 b          |

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



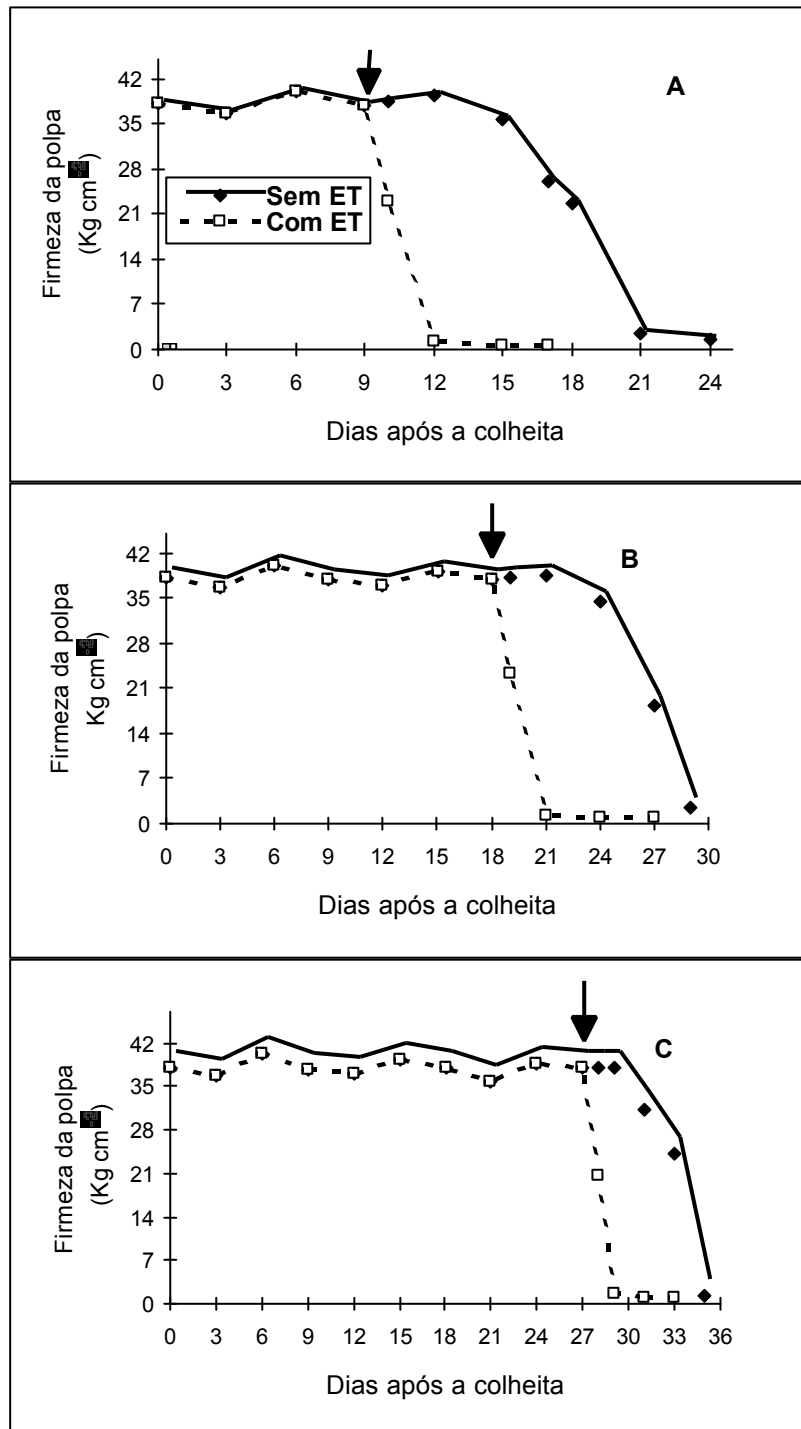
As setas indicam o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 19. Peso relativo (%) do mamão (*Carica papaya* L.) a partir da colheita, submetido ou não a aplicação de ethephon (ET) após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.

### 3.1.3. Firmeza da polpa

Independente da duração do período de armazenamento, não houve alteração na firmeza da polpa do mamão durante a refrigeração (Figura 20). Após a retirada dos frutos da câmara fria, a firmeza da polpa permaneceu estável por cinco, três e dois dias para frutos armazenados por 9, 18 e 27 dias, respectivamente. A partir daí iniciou-se uma queda acentuada, que coincidiu com os frutos atingindo os índices de cor da casca entre 4 e 5 e intensificando-se em torno do índice 6 (Figura 18). Todavia, não houve diferença significativa para a firmeza da polpa entre os frutos após atingirem o completo amarelecimento, independente dos diferentes períodos de armazenamento em câmara fria (Figura 20).

A firmeza da polpa foi o parâmetro que mais se alterou com a aplicação do ethephon, sendo esse efeito imediato a sua aplicação, atingindo um valor mínimo três dias após os frutos serem mantidos sob refrigeração por 9 e 18 dias e dois dias após os frutos armazenados por 27 dias. Nesse período, os frutos se encontravam com índice de cor 4, quando oriundos de 9 e 18 dias de armazenamento e com o índice 5, quando armazenados por 27 dias. AN e PAULL (1990) encontraram resultados semelhantes quanto ao rápido efeito da aplicação do etileno sobre a perda de firmeza da polpa, para frutos previamente armazenados ou não em câmara fria.



As setas indicam o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 20. Firmeza da polpa ( $\text{Kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) do mamão (*Carica papaya* L.) submetido ou não a aplicação de ethephon (ET) após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.

## 3.2. Características químicas

### 3.2.1. Clorofila na casca

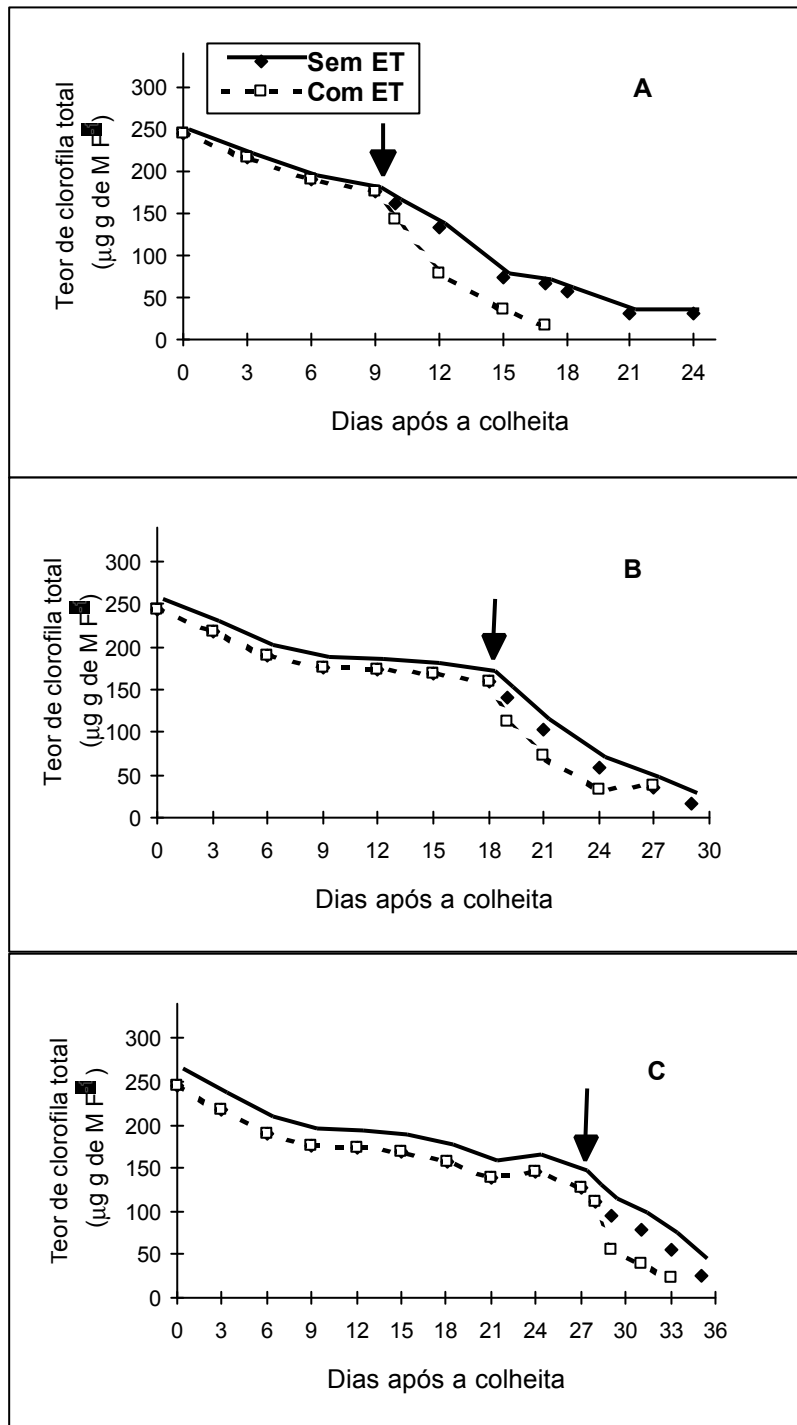
O teor de clorofila total decresceu mais rápido durante os primeiros nove dias de armazenamento em câmara fria, com decréscimo contínuo mais lento entre o nono e o vigésimo sétimo dia de armazenamento (Figura 21). Com a retirada dos frutos da câmara fria, intensificou-se a queda no teor de clorofila total, até atingir em torno de 50µg/g de matéria fresca para os frutos armazenados por 9 e 18 dias (Figuras 21 A e B).

A aplicação do ethephon teve um efeito imediato sobre a degradação da clorofila, sendo maior em frutos que permaneceram apenas nove dias sob refrigeração (Figura 21 A), ou seja, o efeito do ethephon em intensificar o amadurecimento foi mais efetivo quanto menos avançado o estágio de amadurecimento do fruto. Provavelmente, com o avanço do amadurecimento, o “sistema dois de produção do etileno” (OETIKER e YANG, 1995) já esteja contribuindo ativamente com a redução do teor de clorofila, ou então que a concentração de etileno necessária para ativar essa redução já esteja próxima da estabelecida no momento da aplicação do ethephon.

Independente do período de armazenamento, o teor de clorofila total foi semelhante após o completo amarelecimento dos frutos (Figura 21).

### 3.2.2. Carotenóides na casca

O teor de carotenóides na casca do mamão ficou estável durante os diferentes períodos de armazenamento dos frutos em câmara fria (Figura 22). Assim, as alterações verificadas na cor da casca durante a refrigeração devem ser, portanto, atribuídas à degradação de clorofila.



As setas indicam o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 21. Teor de clorofila total ( $\mu\text{g/g}$  de matéria fresca) na casca do mamão (*Carica papaya* L.) submetido ou não a aplicação de ethephon (ET) após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) em câmara fria.

Apenas após a retirada dos frutos da câmara fria, observou-se incremento no conteúdo de carotenóides na casca do mamão, tendo-se mostrado mais intenso nove dias após a retirada do mamão da câmara fria (Figura 22 A), quando os frutos se encontravam com a cor da casca próximo do índice de cor 6 (Figura 18 A). Já para os frutos armazenados por 18 e por 27 dias, o incremento no teor de carotenóides se deu quando os frutos se encontravam a três e dois dias, respectivamente, sob condições ambiente (Figura 22 B e C). Neste caso, próximo do índice de cor da casca 4 (Figura 18 B e C).

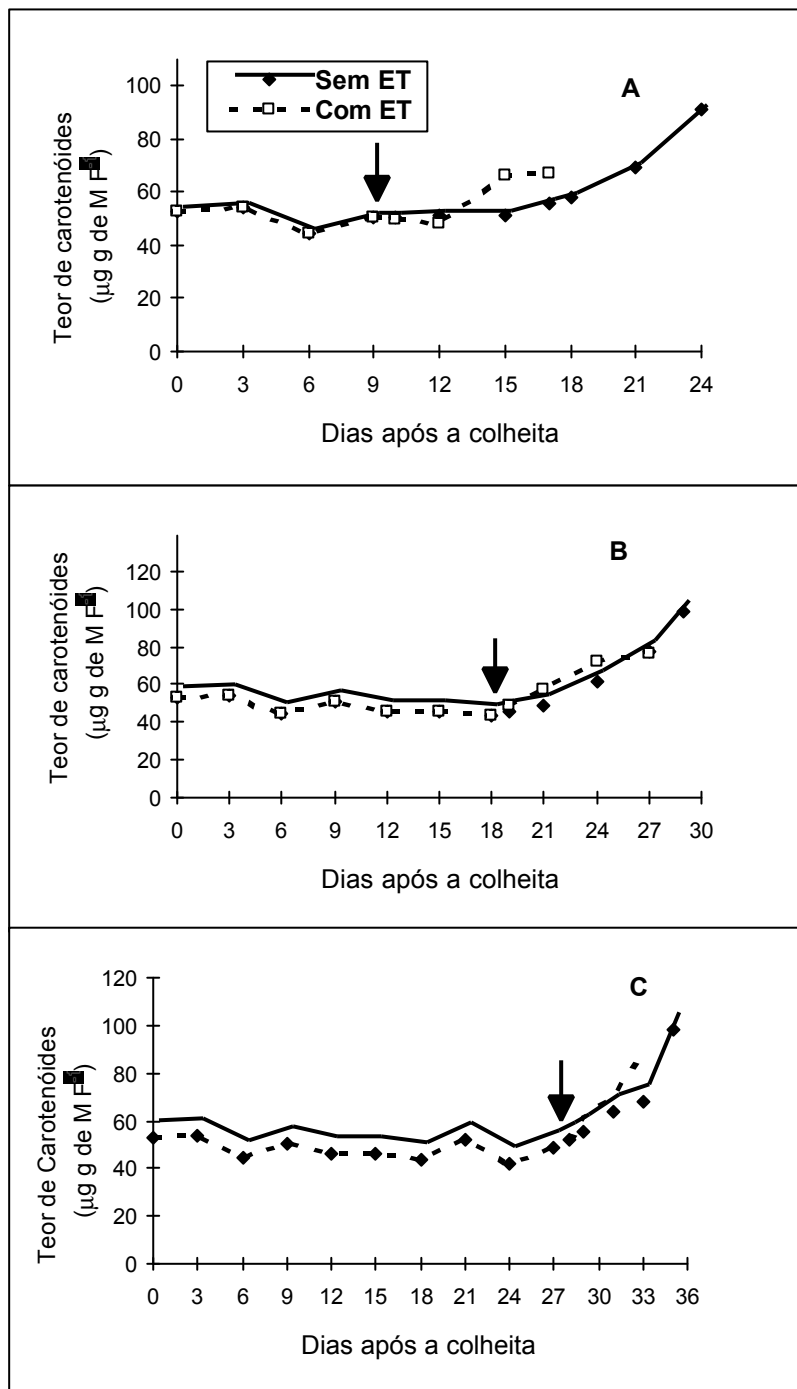
Os resultados mostraram que o avanço inicial na cor da casca do mamão armazenado por nove dias em câmara fria foi mais devido à redução do teor de clorofila do que à síntese de carotenóides. Já para frutos mantidos por 18 dias ou mais sob refrigeração, ambos os processos se encontraram presentes: síntese de carotenóides e degradação de clorofila (Figuras 21 e 22).

A aplicação de ethephon antecipou o aumento do teor de carotenóides na casca dos frutos de mamão. No entanto, o nível final de carotenóides na presença de ethephon foi menor do em frutos não-tratados (Figura 22).

### 3.2.3. Carotenóides na polpa

O teor de carotenóides na polpa do mamão também não se alterou durante o seu período de permanência em câmara fria, mas incrementou após a retirada dos frutos do ambiente refrigerado (Figura 23).

A aplicação de ethephon não teve efeito no aumento da concentração de carotenóides da polpa, semelhante aos resultados obtidos em frutos não-armazenados sob refrigeração e tratados com ethephon (Figura 13). Como relatado naquela situação, parece que os processos de síntese de carotenóides na casca e na polpa dos frutos de mamão sejam independentes, uma vez que, diferente da casca, a polpa dos frutos não respondeu aumentando o teor de carotenóides com a aplicação do ethephon. No entanto, AN e PAULL (1990) verificaram através da avaliação visual o efeito da aplicação do etileno, em



A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

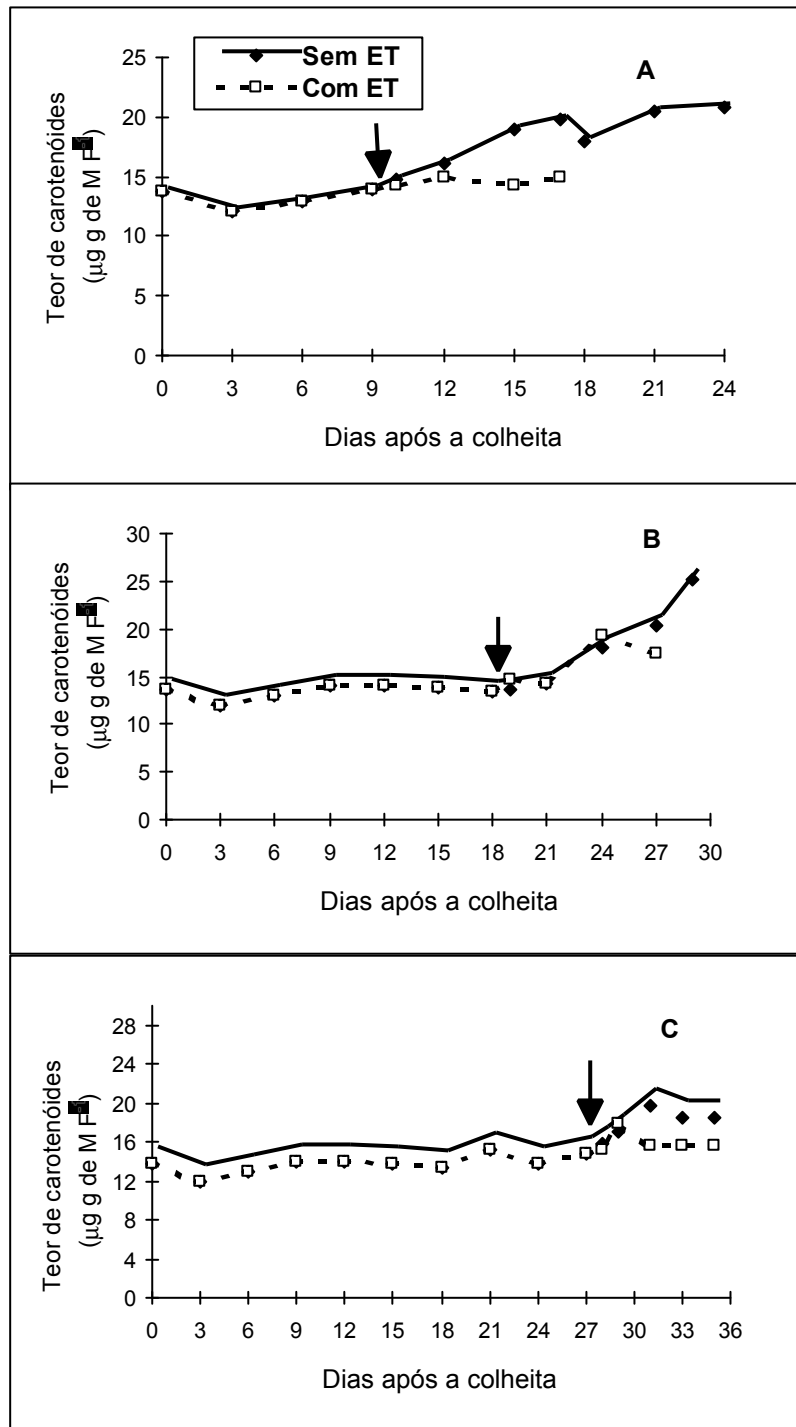
Figura 22. Teor de carotenóides ( $\mu\text{g/g}$  de matéria fresca) na casca do mamão (*Carica papaya* L.) submetido ou não a aplicação de ethephon (ET) após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.

aumentar a intensidade e acelerar o desenvolvimento da cor da polpa dos frutos de mamão da cultivar Sunset previamente armazenados por quatorze dias a 10°C.

Com base nessas discussões pode-se inferir que o conteúdo de etileno presente na polpa dos frutos com o índice de cor da casca 1, já esteja num nível suficiente para estimular a síntese de carotenóides. Ou ainda que a aplicação exógena de ethephon, ao atuar acelerando o avanço para a fase de senescência, possa também estar atuando na degradação dos carotenóides, resultando em uma menor concentração em relação ao controle. No entanto, como não se observou diferença visual na coloração da polpa com a aplicação do ethephon, é possível que essa degradação possa estar ocorrendo numa fração dos carotenóides que não interfira na sua coloração final. Estas considerações têm por base as avaliações relatadas por Yamamoto (1964), citado por AN e PAULL (1990), que verificou haver uma diferença na composição de carotenóides nos frutos de mamão de polpa amarela e vermelha. Yamamoto (1964) constatou que frutos de polpa vermelha apresentavam 63,5% de licopeno, o qual era ausente em frutos de polpa amarela. Portanto, a alteração no teor de  $\beta$  ou  $\delta$  caroteno, que estão presentes na polpa do mamão, poderia não interferir na sua coloração por não serem constituintes predominantes, mas poderiam alterar a concentração do pigmento.

#### 3.2.4. pH e acidez titulável

Durante o armazenamento do mamão em câmara fria, houve decréscimo da acidez titulável nos primeiros dias, que a seguir tendeu a se estabilizar apresentando o menor valor com 27 dias de refrigeração (Figura 24), no entanto, sem apresentar diferença significativa entre os períodos de 9 e 27 dias de armazenamento em câmara fria (Quadro 16). Após o armazenamento refrigerado, houve ainda ligeira queda no teor dos ácidos para voltar a um aumento na fase final de amadurecimento, não havendo diferença significativa no teor com o completo amarelecimento dos frutos tratados ou não com ethephon (Figura 24).



A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 23. Teor de carotenóides (µg/g de matéria fresca) na polpa do mamão (*Carica papaya* L.) submetido ou não a aplicação de ethephon (ET) após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.

Quadro 16. Acidez titulável (% em ácido cítrico) no mamão (*Carica papaya* L.) após submetido a diferentes períodos de armazenamento em câmara fria

| Dias de Armazenamento em<br>Câmara Fria | Acidez Titulável |
|---|------------------|
| 0                                       | 0,061 a          |
| 9                                       | 0,048 ab         |
| 18                                      | 0,045 ab         |
| 27                                      | 0,037 b          |

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

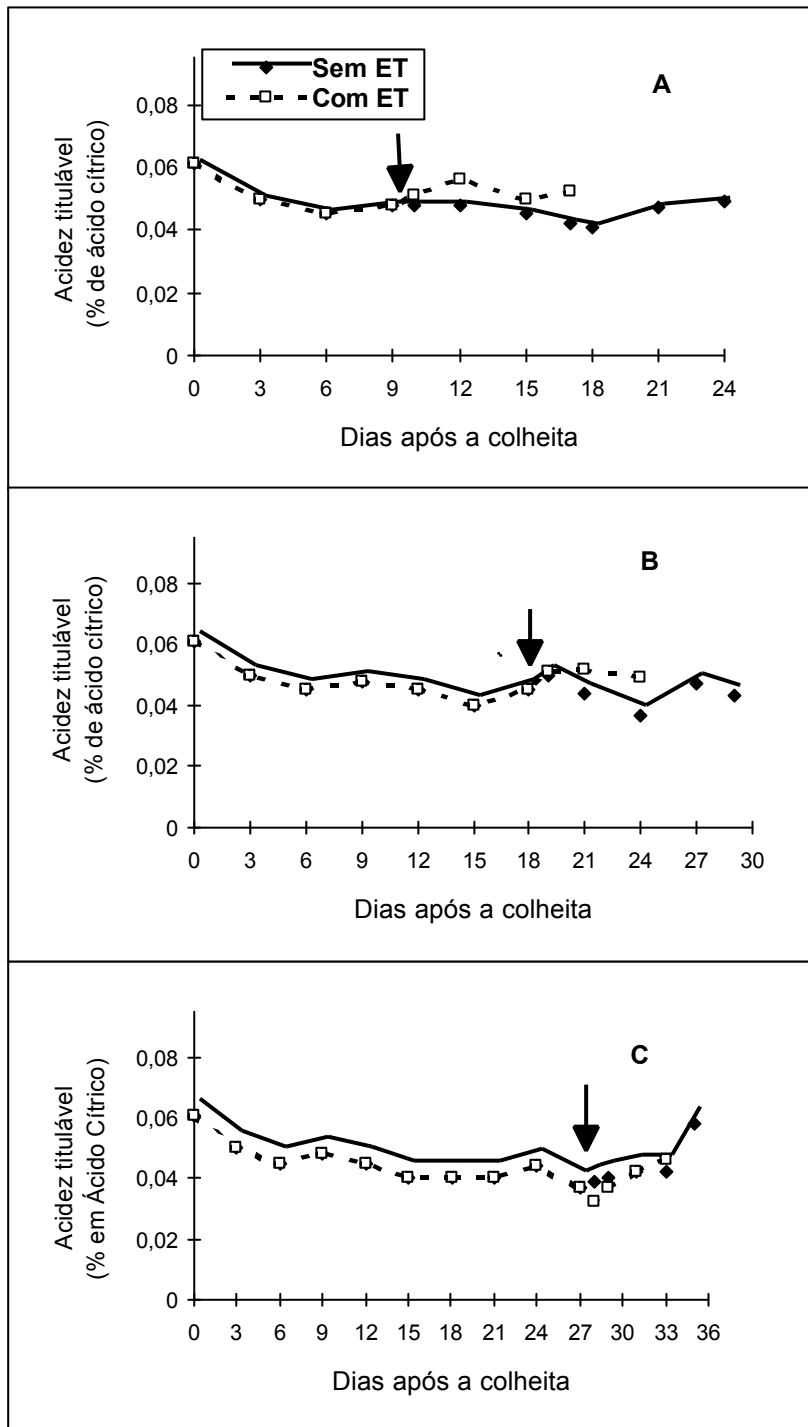
A redução na atividade respiratória, promovida pelos tratamentos de pré-resfriamento seguidos da refrigeração, pode ser a principal responsável pela redução no conteúdo dos ácidos orgânicos, durante o período inicial de armazenamento em câmara fria, através da redução de intermediários respiratórios. Por outro lado, considerando que a alteração na concentração dos ácidos orgânicos possa estar associada à formação do ácido galacturônico, oriundo da hidrólise das pectinas da parede celular pelas pectinases (DRAETTA et al., 1975), é possível que o aumento na sua concentração após a aplicação do ethephon seja consequência da sua ação sobre os componentes da parede celular. Segundo LAZAN et al. (1989), a acidez titulável aumenta com o amadurecimento dos frutos até que atinjam o estágio correspondente a aproximadamente 75% da superfície da casca amarela, a partir daí os níveis decrescem. Portanto, é possível que alterações nesse padrão possam ser verificadas caso alguma prática venha a interferir no processo normal de amadurecimento do fruto.

O pH não sofreu qualquer efeito tanto durante o período de refrigeração quanto durante a manutenção dos frutos em condições ambiente, seja com ou sem a aplicação do ethephon (dados não apresentados).

### 3.2.5. Carboidratos na polpa

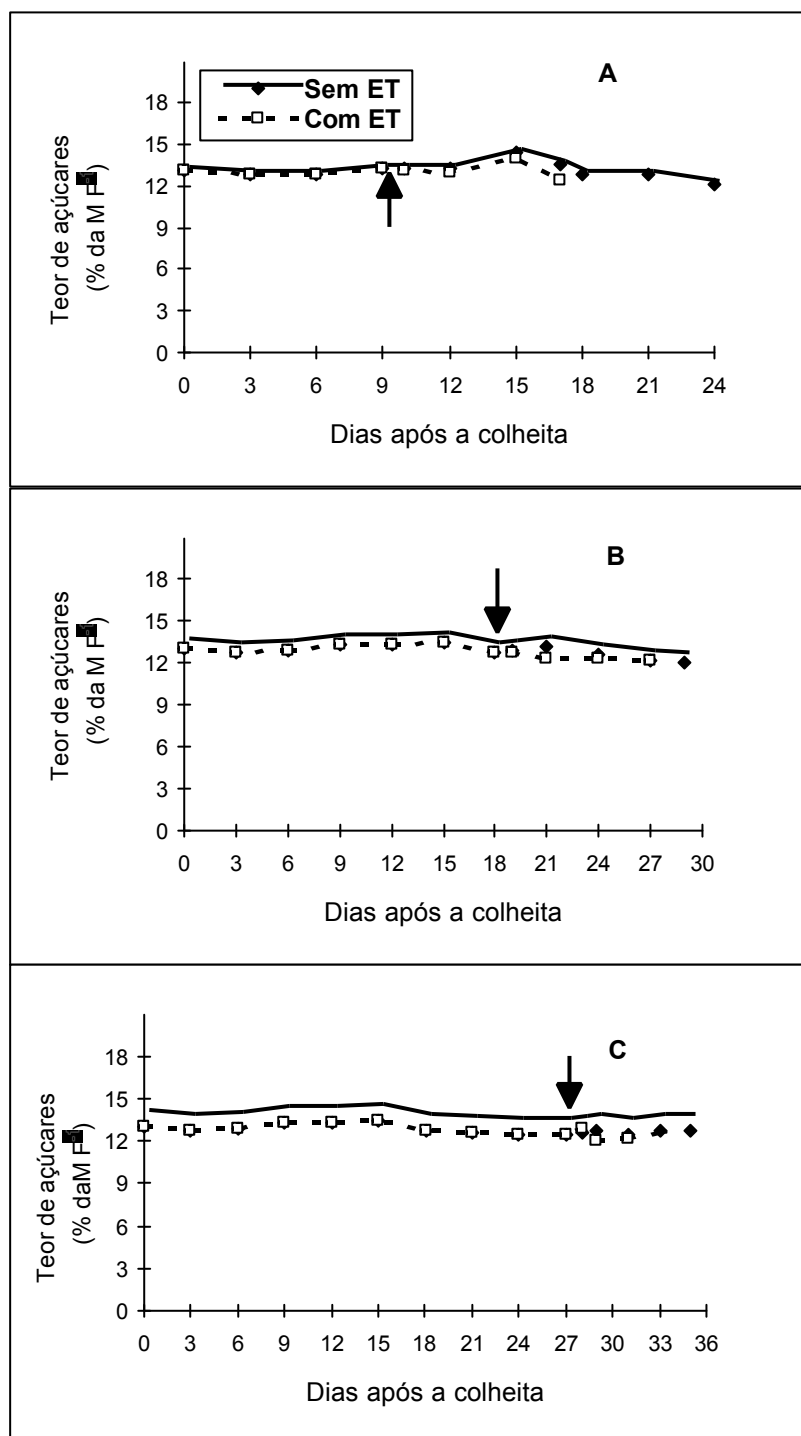
O conteúdo de açúcar total manteve-se estável durante o armazenamento do mamão em câmara fria, independente do tempo de refrigeração (Figura 25). Após esse período a concentração manteve-se em torno de 13,0% da matéria fresca, apresentando, próximo do final de amadurecimento, uma ligeira queda para os frutos oriundos do armazenamento por 9 e 18 dias, cujos teores se aproximaram de 12,0% da matéria fresca. A aplicação de ethephon não alterou o conteúdo final de açúcar total nos frutos (Figura 25). O teor de açúcares redutores oscilou em torno de 5% da matéria fresca, durante e após a refrigeração, não havendo qualquer efeito da aplicação do ethephon no seu conteúdo (Figura 26). Da mesma forma, não foi verificado efeito da aplicação de ethephon sobre o conteúdo de açúcar não-redutor (Figura 27).

O teor de amido, que oscilou entre 0,15 e 0,20% da matéria fresca (Figura 28), tendeu a ficar próximo de 0,15% com o completo amarelecimento dos frutos para aqueles mantidos por 9 e 18 dias sob refrigeração (Figuras 28 A e B) e próximo de 0,20% da matéria fresca para os frutos armazenados por 27 dias (Figura 28 C). A concentração de amido na polpa dos frutos também não foi afetada pela aplicação de ethephon (Figura 28).



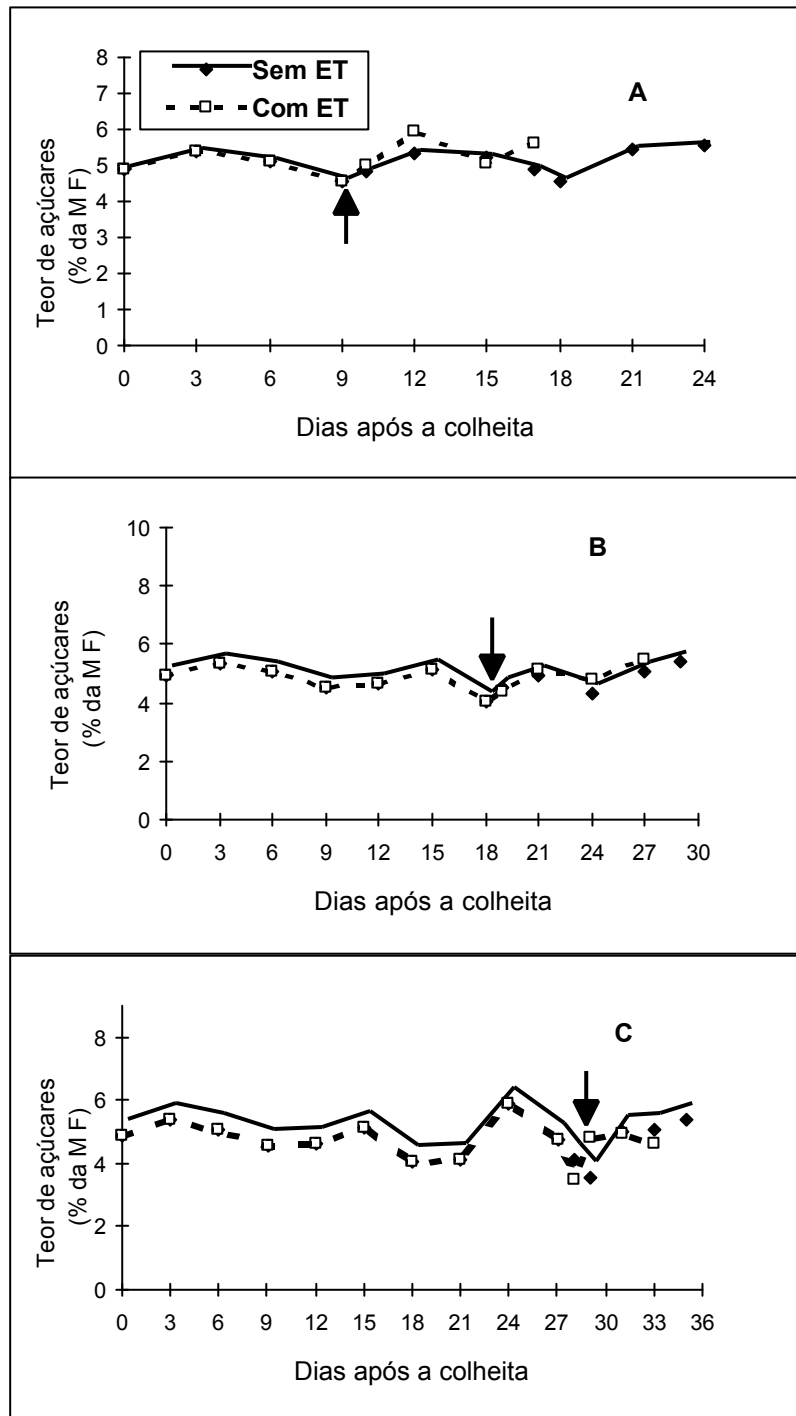
A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 24. Acidez titulável (% em ácido cítrico) de frutos de mamão (*Carica papaya* L.), submetido ou não a aplicação de ethephon (ET), após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.



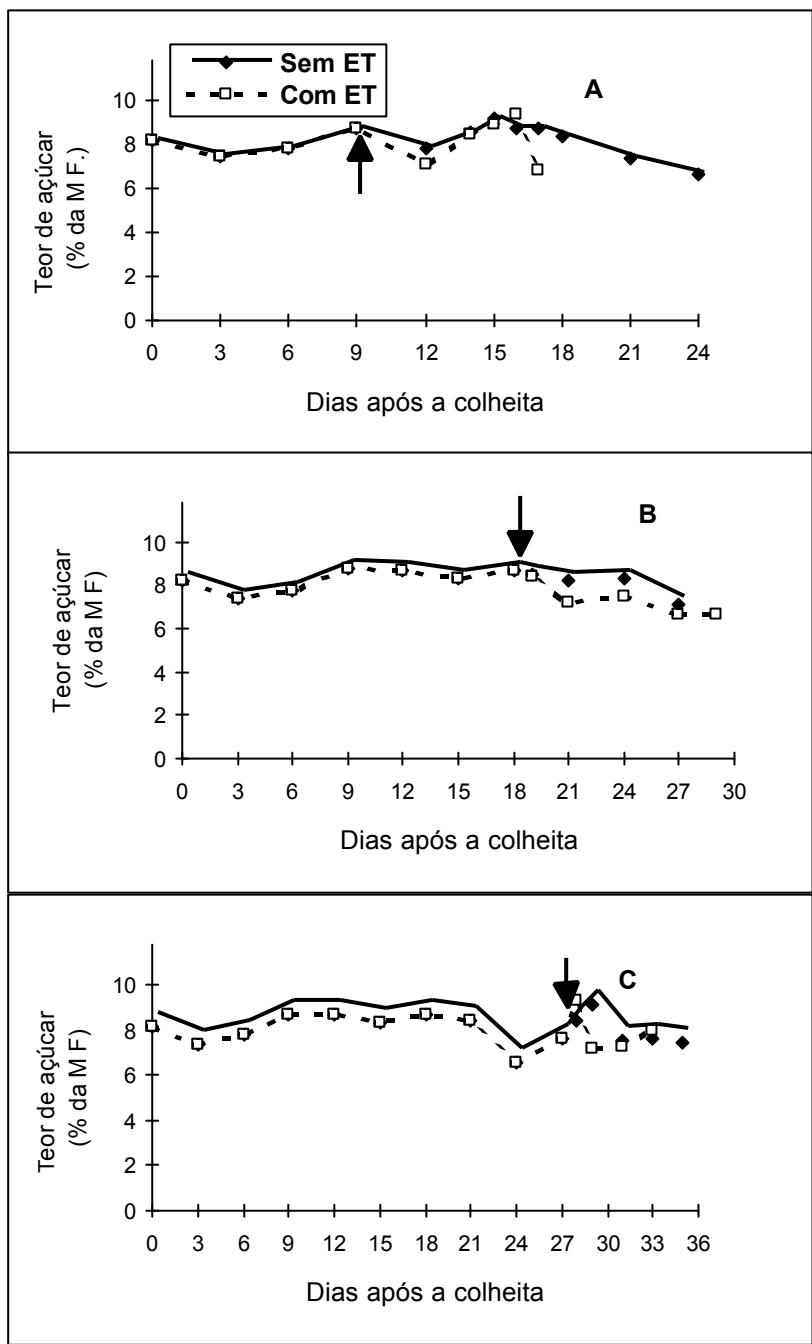
A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 25. Teor de açúcar total (% da matéria fresca) em frutos de mamão (*Carica papaya* L.), submetido ou não a aplicação de ethephon (ET), após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.



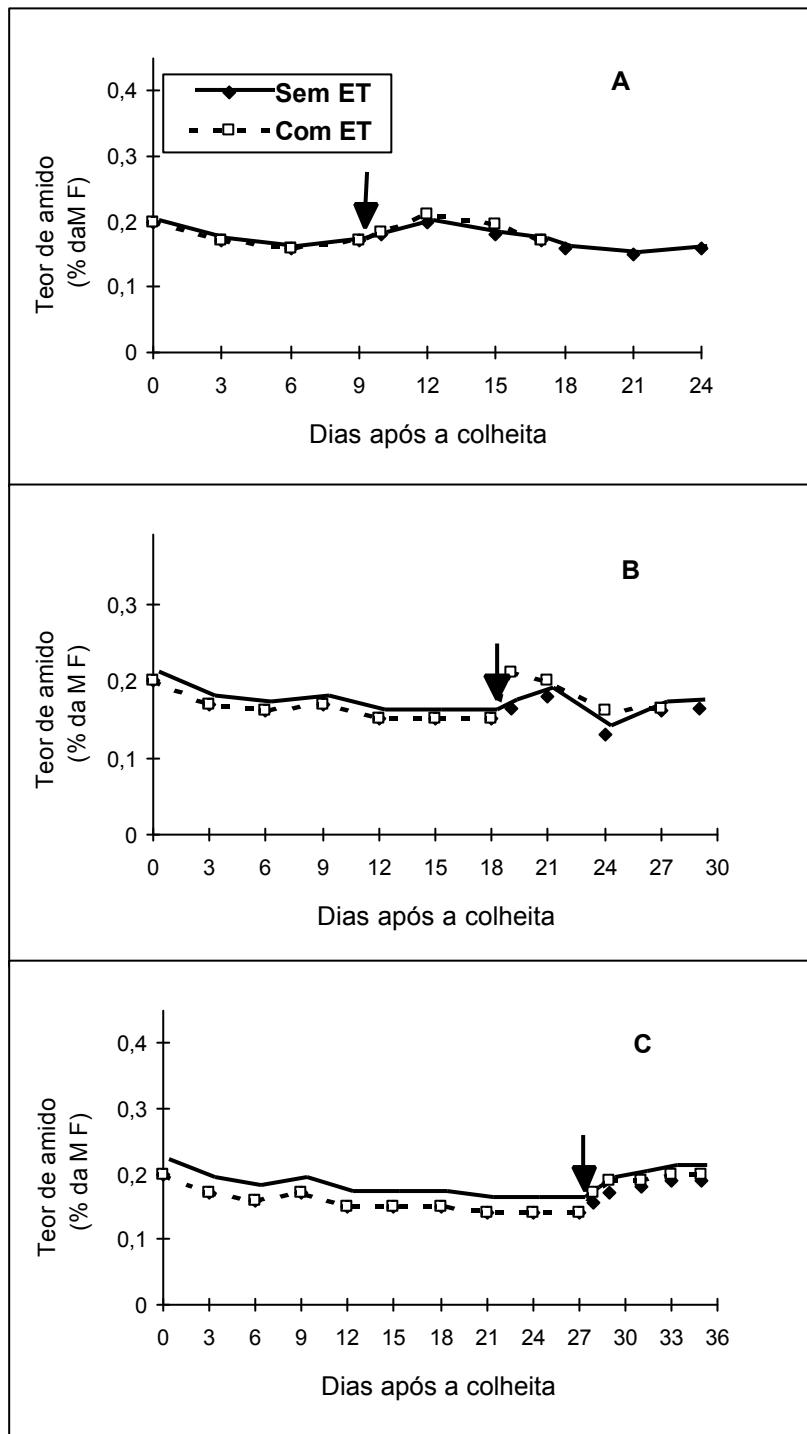
A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 26. Teor de açúcares redutores (% da matéria fresca) em frutos de mamão (*Carica papaya* L.), submetido ou não a aplicação de ethephon (ET), após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete (C) dias de armazenamento em câmara fria.



A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 27. Teor de açúcar não-redutor (% da matéria fresca) em frutos de mamão (*Carica papaya* L.), submetido ou não a aplicação de ethephon (ET), após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.



A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara fria e da aplicação de ethephon.

Figura 28. Teor de amido (% da matéria fresca) de frutos em mamão (*Carica papaya* L.), submetidos ou não a aplicação de ethephon (ET), após nove (A), dezoito (B) e vinte e sete dias (C) de armazenamento em câmara fria.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Os efeitos mais notáveis em frutos de mamão recém-colhidos, após serem submetidos a tratamento hidrotérmico na faixa de 43 a 49,5°C por 20 minutos, seguido de armazenamento a 10°C, foram observados após a transferência para o ambiente. Foram verificados: aumento da perda de peso da matéria fresca, retardamento do amadurecimento medido pelo índice de cor da casca e redução da incidência de podridão peduncular e antracnose. Dentre os tratamentos, o de 49°C por 20 minutos foi o mais efetivo.

A aplicação de cera e fungicida associada à termoterapia, além de reduzir a incidência de podridão, diminuiu a perda de peso da matéria fresca e ampliou o período para o amadurecimento dos frutos.

O tratamento hidrotérmico “in vitro” de micélio de **C. gloeosporioides** suprimiu o seu crescimento com o aumento do tempo de exposição por mais de cinco minutos à temperatura de 49°C. Nos tratamentos com temperaturas abaixo de 49°C o crescimento era retomado 48 horas após a sua aplicação.

A caracterização do amadurecimento do mamão recém-colhido, tratado por 49°C por 20 minutos e mantido ao ambiente, mostrou que a progressão da cor amarela da casca resultou inicialmente da degradação de clorofila e posteriormente

foi associada à síntese de carotenóides. Houve também uma redução na firmeza da polpa simultânea às mudanças na cor da casca.

A aplicação do tratamento com ethephon foi responsável pela antecipação do aparecimento da cor amarela da casca do mamão, sendo esse efeito inicialmente devido à síntese de carotenóides e, posteriormente, conjugado com a degradação de clorofila.

Durante o armazenamento do mamão a 10°C por períodos de 9, 18 e 27 dias, houve leve progressão do seu índice de cor e do conteúdo de clorofila e manutenção da firmeza e do conteúdo de carotenóides da casca e da polpa. A aplicação de ethephon após o armazenamento antecipou o amarelecimento da casca do mamão e uniformizou o período para o amadurecimento dos frutos em relação ao controle.

Quando aplicado o ethephon em frutos previamente armazenados ou não, a perda da firmeza da polpa foi o parâmetro mais afetado, reduzindo o seu valor mais rápido do que a evolução do índice de cor da casca, sugerindo assim que esses eventos sejam independentes.

O prolongamento do período do armazenamento do mamão em câmara fria aumentou a subsequente taxa de perda de peso da matéria fresca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, JR., M. **Ethylene in plant biology**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414p.
- ABOU AZIZ, A. B., EL-NABAWY, S. M., ZAKI, H. A. Effect of different temperatures on the storage of papaya fruits and respirational activity during storage. **Sci. Hort.**, v.3, p. 173-177, 1975.
- AKAMINE, E.K. History of the hot water treatment of papayas. **Hawaii Farm Sci.**, v. 16, p. 4-6, 1967.
- AKAMINE, E.K. Respiration of fruits of papaya (*Carica papaya* L., var. Solo) with reference to the effect of quarantine disinfestation treatments. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 89, p. 231-236, 1966.
- AKAMINE, E.K., ARISUMI, T. Control of postharvest storage decay of fruits of papaya (*Carica papaya* L.) with special reference to the effect of hot water. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 61, p. 270-274, 1953.
- AKAMINE, E. K., GOO, T. Relationship between surface color development and total soluble solids in papaya. **HortScience**, v. 6, p. 567-568, 1971.

- AN, J., PAULL, R.E. Storage and ethylene influence on ripening of papaya fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 115, p. 949-953, 1990.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1994. v. 54.
- ARRIOLA, M.C., ROLZ, C. Some physical and chemical changes in papaya during its storage. **Proc. Trop. Reg. Am.Soc. Hort. Sci.**, v. 19, p. 97-101, 1975.
- ARRIOLA, M.C., CALZADA, J.F., MENCHU, J.F., et al. Papaya. In: NAGY, S., SHAWN., P.E. (Ed.). **Tropical and subtropical fruits**, Westport., AVI, 1980, p. 316-340.
- BARKAI-GOLAN, R., PHILLIPS, D. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. **Plant Dis.**, v. 75, p. 1085-1089, 1991.
- BIRTH, G.S., DULL, G.G., MAGEE, J. B., et al. An optical method for estimating papaya maturity. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 109, p. 62-66, 1984.
- BLEINROTH, E. W., SIGRIST, J. M. M. Matéria prima. In: **Mamão**. Campinas: ITAL. 1989. p. 179-254. (Série frutas tropicais,7).
- BROWN, B. U. Effects of maturity at harvest and ripening on the eating quality of papaw fruit. **Queensl. J. Agri. Ani. Sci.**, v. 44, p. 31-36, 1987.
- CASTRO, L. L. F. de, SCÁRDUA, J. A.. **Estimativa da necessidade potencial de irrigação para o Estado do Espírito Santo**. Cariacica: EMCAPA, 1985, 87 p. (EMCAPA-Documentos, 22).
- CHAN JR., H.T. Effects of heat treatments on the ethylene-forming enzyme system in papayas. **J. Food Sci.**, v. 51, p. 581-583, 1986.
- CHAN JR., H.T. Ripeness and tissue depth effects on heat inactivation of papaya ethylene-forming enzyme. **J. Food Sci.**, v. 56, p. 996-998, 1991.
- CHAN JR., H.T., KWOK, S.C.M. Importance of enzyme inactivation prior to extraction of sugars from papaya. **J. Food Sci.**, v. 40, p. 770-771, 1975.
- CHAN JR., H. T., KWOK, S.C. M. Isolation and characterization of a frutofuranosidase from papaya fruit. **J. Food Sci.**, v. 41, p. 320-323, 1976.
- CHAN JR., H.T., TAM, S.Y.T., SEO, S.T. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. **J. Food Sci.**, v. 46, p. 190-197, 1981.

- CHAN JR., H.T., TAM, S.Y.T., SEO, S.T. Partial separation and characterization of Papaya endo- and exo-polygalacturonase. **J. Food Sci.**, v. 47, p. 1478-1483, 1982.
- CHAN JR. H. T., CHANG, T. S. K., STAFFORD, A. E., et al. Nonvolatile acides of papaya. **J. Agr. Food Chem.**, v. 19, p. 263-265, 1971.
- CHAN JR., H. T., HIBBARD, K. L.; GOO, T., et al. Sugar composition of papayas during fruit development. **HortScience**, v. 14, p. 140-141, 1979.
- CHEN, N. M., PAULL, R. E. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 111, p.639-643, 1986.
- CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças. Fisiologia e manuseio**. São Paulo: Nagy, 1990. 293p.
- COUEY, H.M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. **HortScience**, v. 17, p. 162-165, 1984.
- COUEY, H.M. Comparison of hot-water spray and immersion treatments for control of postharvest decay of papaya. **Plant Dis**, v. 5, p. 436-437, 1984.
- COUEY, H.M, HAYES, C.F. Quarantine procedure for Hawaiian papaya using fruit selection and a two -stage hot-water immersion. **J. Econ. Entomol.**, v. 79, 1307-1314, 1986.
- COUEY, H. M., LINSE, E. S., NAKAMURA, A. N. Quarantine procedure for Hawaiian papayas using heat and cold treatments. **J. Econ. Entomol.**, v. 77, p. 984-988, 1984.
- DALAL, V. B.; EIPESON, W. E.; SINGH, N. S. Wax emulsion for fresh fruits and vegetables to extend their storage life. **Indian Food Packer**, v. 25, p.9-15, 1971.
- DRAETTA, I.S., SHIMOKOMAKI, M., YKOMIZO, Y., et al. Transformações bioquímicas do mamão (*Carica papaya*, L.) durante a maturação. **Col. Inst. Tecnol. Alim.**, v. 6, p.395-408, 1975.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro, 1978. 461p. (Boletim técnico, 45).
- FAO MONTHY BULLETIN OF STATISTICS. Rome: FAO, 1995. v. 48.

- FEITOSA L. R. **Carta agroclimática do Espírito Santo**. Vitória, ES: Governo do Estado, SEAG, EMCAPA, 1986. (Mapa colorido, Escala: 1:400.000).
- FUCHS, Y., ZAUBERMAN, G., YANKO, U., et al. Ripening of mango fruits with ethylene. **Trop. Sci.**, v. 17, p. 211-216, 1975.
- GRIERSON, D. Senescence in fruits. **HortScience**, v. 22, p. 859-862, 1987.
- HAGENMAIER, R. D., SHAW, P. E. Gas permeability of fruit coating waxes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 117, p. 105-109, 1992.
- HARDENBURG, R. E.. Effect of in-package environment on keeping quality of fruit and vegetables. **HortScience**, v. 6, p. 198-201, 1971.
- HODGE, J.E., HOFREITER, B.T. Analysis and preparation of sugar. *In*: WHISTLER, R. L., WOLFROM, M. L. (Ed.), **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, 1962. v.1.
- LAZAN, H., ALI, Z. M., LIANG, K. S. et al. Polygalacturonase activity and variation in ripening papaya fruit with tissue depth and heat treatment. **Physiol. Plant.**, v. 77, p. 93-98, 1989.
- LIBERATO, J. R., VENTURA, J. A., COSTA, H., et al. Papaya diseases in the Espírito Santo State, Brazil. *In*: **International Symposium on Tropical Fruits**, 1, 1993, . Vitória, ES. Vitória, ES: EMCAPA, 1993. p. 43. (Documentos, 79).
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes *In*: **METHODS IN ENZIMOLOGY**. London: Academic Press, 1987. p. 350-381.
- MARIN, S. L. D., SILVA, J. G. F. da, GOMES, J. A. **Método de colheita e manejo do fruto do mamoeiro do grupo cv. solo no Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: 1994. 15p. (mimeogr.).
- MARRIOTT, J., PROCTOR, F. J. 1979. Tropical fruit: transportation & storage. **Word Far**, v. 21, p. 14-29, 1979.
- MCGLASSON, W. B. Ethylene and fruit ripening. **HortScience**, v. 20, p. 51-52, 1985.
- MEDINA, V. M., SILVA, J. R. R. Revestimento do mamão ‘Sunrise Solo’ com ceras de carnaúba e polietileno. *In*: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 23, 1994, Salvador. Anais... Salvador: 1994. v. 2, p.681-682.

- MEDLICOTT, A. P., N'DIAYE; M., SIGRIST, J. M. M. Harvest maturity and concentration and exposure time to acetylene influence initiation of ripening in mangos. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 115, p. 426-430, 1990.
- MEDLICOTT, A. P., SIGRIST, J. M. M., REYNOLDS, S. B., et al. Effects of ethylene and acetylene on mango fruit ripening. **Ann. appl. Biol.**, v. 111, p. 439-444, 1987.
- MOSCA, J. L.. **Conservação pós-colheita de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) 'Improved Sunrise Solo Line 72/12, com utilização de filmes protetores e cera, associado a refrigeração.** Jaboticabal: UNESP, 1992. 91p. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado de São Paulo, 1992.
- NAZEEB, M., BROUGHTON, W.J. Storage conditions and ripening of papaya Bentong and Taiping. **Sci. Hort.**, v. 9, p.265-277, 1978.
- NISHIJIMA, W. T. Effect of hot-air and hot-water trataments of papaya fruits on fruit quality and incidence of diseases. **Acta Hort.**, v. 370, p. 121-127, 1995.
- NISHIJIMA, W. T. Tratamento pós-colheita para mamão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, Jaboticabal, 1988. Jaboticabal: FDA, UNESP, 1988. p. 333-359.
- OETIKER, J. H., YANG, S. F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Hort.**, v. 398, p. 167-178, 1995.
- PAL, D. K., SELVARAJ, Y. Biochemistry of papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening: changes in RNA, DNA, protein and enzymes of mitochondrial, carbohydrate, respiratory and phosphate metabolism. **J. Hort. Sci.**, v. 62, p. 117-124, 1987.
- PAL, D. k., SUBRAMANYAM, M. D., DIVACAR, N. G., et al. Studies on the physico-chemical composition of fruits of twelve papaya varieties. **J. Food Sci. Technol.**, v. 17, p. 254-256, 1980.
- PAULL, R.E., CHEN, N.J. Heat shock in field grown ripening papaya fruit **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 115, p. 123, 1990.
- PAULL, R. E., CHEN, N. J. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiol.**, v. 72, p. 382-385, 1983.

- PAULL, R.E., CHEN, N.J. Waxing and plastic wraps influence water loss from papaya fruit during storage and ripening. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 114, p. 937-942, 1989.
- PLUMMER, D. T. **An introduction to practical biochemistry**. London: McGraw-Hill, 1971. 369p.
- RUGIERO, C., DURIGAN, J.F. Colheita e manejo de mamão. **Inf. Agropec.**, v. 12, p. 53-58, 1986.
- SALOMÃO, L. C. C. **Efeitos do envoltório plástico no desenvolvimento e na maturação pós-colheita de frutos de banana (*Musa AAB*) ‘Mysore’**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 104p. Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- SCHEER, A. Reducing the water loss of horticultural and arable products during long term storage. **Acta Hort.**, v. 368, p. 511-522, 1994.
- SELVARAJ, Y., PAL, D. K., SUBRAMANYAM, M. D., et al. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. **J. Hort. Sci.**, v. 57, p. 135-143, 1982.
- SILVA, E. de O. **Efeito da embalagem plástica e da temperatura sobre a qualidade pós-colheita do mamão**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 79p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- SILVA, J. de S. e; GOMES, F. de C.; AFONSO, A. D. L.; PARIZZI, F. C. 1992. **Introdução ao estudo da armazenagem de perecíveis** v. 2. n. 7. Série Caderno didático, Engenharia na Agricultura.
- SILVA, T.M.W. **Tratamento térmico e radiação gama no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.) PENZ. ET SACC., agente causal da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 155p. Dissertação (Mestrado ) - Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, 1988.
- SUZUKI, K., YOSINAGA, T., KANEKO, A., et al. Studies on the ripening acceleration of vapor-heat treated papaya. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v: 38, p. 1057-1062, 1991.
- TECNEM - **Consultoria em Agribusiness**. Perfil do mercado de frutas. Campinas, s. d. 1037p. (mimeografado).

- TERRA, N. N., GARCIA, E., LAJOLO, F. M. Starch-sugar transformation during banana ripening: the behavior of UDP glucose pyrophosphorylase, sucrose syntase and invertase. **J. Food Sci.**, v. 48, p. 1097-1100, 1983.
- THOMPSON, A. K. e SEYMOUR, G. B. Comparative effects of acetylene and ethylene gas on initiation of banana ripening. **Ann. Appl. Biol.** 101: 407-410, 1982.
- VIEGAS, P.R.A. **Características químicas e físicas do mamão. (*Carica papaya* L.) cultivares Sunrise Solo e Formosa relacionadas ao ponto de colheita.** Viçosa, MG: UFV, 1992. 82p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- WATADA, A. E. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technol.** v. 40, p. 82-85, 1986.
- WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; HALL, E.G. Physiology and biochemistry. In: **POSTHARVEST - an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables.** Westport: AVI, 1981. p. 17-37.
- YANG, S. F. The role of ethylene and ethylene syntesis in fruit ripening. **Plant Senescence: Its Biochemistry and Physiology**, p. 157-165, 1987.
- ZAGORY, D., KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technol.** p. 70-77, 1988.