

STELLA MARIA JANUÁRIA VIEIRA

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA SUBMETIDA A  
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

STELLA MARIA JANUÁRIA VIEIRA

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA SUBMETIDA A  
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada: 19 de fevereiro de 2004

---

Prof. Paulo Cesar Corrêa  
(Conselheiro)

---

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão  
(Conselheiro)

---

DS. Sérgio Maurício Lopes Donzeles

---

Prof. Ivano Alessandro Devilla

---

Prof. Sandra Maria Couto  
(Orientadora)

A meu pai, Osvaldo Vieira Fernandes,  
por tudo que a mim representa,  
Dedico “in memoriam”

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, esperança, saúde e perseverança.

A Professora Sandra Maria Couto, pelo privilégio de ter trabalhado sob sua coordenação, oportunidade em que se revelou muito mais do que orientadora, uma grande amiga sempre presente em todas as interrogações que inúmeras vezes fizeram parte deste trabalho.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso.

A coordenação da CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

Aos professores Paulo César Corrêa, Luiz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon, pela disponibilidade, orientação e ensinamentos indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos professores Fernando Luiz Finger, pelas contribuições, e Francisco Carlos de Carvalho da Silva, pelo fornecimento dos frutos.

A minha mãe, pelo incentivo, aos meus queridos irmãos Michella, Fábio, Daniella e minha sobrinha Luana, e meu tio Luiz Vieira Fernandes, pelo suporte financeiro e confiança.

A Salomão de Sousa Medeiros pelas críticas, sugestões e carinho.

A amiga Ana Elisa pelo companheirismo e apoio durante o curso.

A Marcelo e Júlio pelas ajudas indispensáveis, Sérgio, Silas, Zé Baixinho, Inhame, Catitú e Edson pela amizade e convivência.

Aos colegas Regina, Ana Paula, Renato, Robson, Adésio, Virgínia, Gisele, Giselda, Geovane e Cristiano, pela colaboração e amizade.

## **BIOGRAFIA**

STELLA MARIA JANUÁRIA VIEIRA, filha de Osvaldo Vieira Fernandes e Cirene da Silva Fernandes, nasceu em Governador Valadares- MG, em 9 de abril de 1975.

Em 1996 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), diplomando-se em outubro de 2001.

Em Abril de 2002, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa–MG, concentrando seus estudos na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, submetendo-se a defesa em 19 de fevereiro de 2004.

## ÍNDICE

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA ( <i>Psidium guajava</i> L.) SUBMETIDA A TRATAMENTO HIDROTÉRMICO.	Pg.
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O produto	1
1.2. Produção de goiaba	1
1.3. Armazenamento do fruto	2
1.4. Tratamento hidrotérmico	4
1.5. Avaliação da qualidade do fruto	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Caracterização física inicial dos frutos	7
2.2. Descrição dos tratamentos e do equipamento usado no tratamento hidrotérmico	8
2.3. Controle da temperatura	9
2.4. Pré-resfriamento	11

2.5. Armazenamento	11
2.6. Avaliação da qualidade do produto	13
2.6.1. Índice de cor da casca	13
2.6.2. Perda de massa do fruto	14
2.6.3. Quantificação da firmeza dos frutos	14
2.6.4. Atividade respiratória e produção de etileno	15
2.7. Análise estatística dos dados	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.1. Caracterização inicial dos frutos	16
3.2. Temperaturas obtidas no interior dos frutos	17
3.3. Avaliação da qualidade do produto submetido ao tratamento hidrotérmico	19
3.3.1. Presença de escaldadura nos frutos	19
3.3.2. Índice de cor da casca	19
3.3.3. Perda de massa do fruto	21
3.3.4. Firmeza dos frutos	24
3.3.5. Atividade respiratória e produção de etileno	27

4. CONCLUSÕES	32
5. SUGESTÃO	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
APÊNDICE	37

## RESUMO

VIEIRA, Stella Maria Januária, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Qualidade Pós-Colheita de Goiaba (*Psidium guajava* L.) Submetida a Tratamento Hidrotérmico**. Orientadora: Sandra Maria Couto. Conselheiros: Paulo Cesar Corrêa, Luiz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon.

A goiaba (*Psidium guajava* L.), pertencente à família Myrtaceae, é originária da América tropical. Atualmente, esta espécie encontra-se amplamente difundida por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O Brasil, considerado um dos maiores produtores de goiaba, produziu cerca de 300 mil toneladas no ano de 2000. A pesquisa científica tem buscado alternativas ecologicamente corretas para o controle de insetos-praga e, neste sentido, os tratamentos físicos (aplicação de calor, frio ou radiação ionizante) estão sendo intensivamente investigados. Atualmente, ainda não existe um tratamento quarentenário adequado e eficiente para o controle das moscas-das-frutas em goiabas, em razão destas serem extremamente suscetíveis à temperaturas elevadas. A ovoposição das moscas-das-frutas ocorre a uma profundidade de 5 mm na goiaba e a temperatura letal para os ovos das moscas, nesta profundidade, é 42 °C. Este trabalho teve por objetivos: (a) estabelecer uma combinação de temperatura e tempo de imersão em água quente, para matar ovos de moscas-das-frutas em goiabas e (b) avaliar parâmetros relacionados à qualidade física e fisiológica do produto tratado hidrotérmicamente com a combinação estabelecida no item (a). Para a obtenção da distribuição de temperatura no interior dos frutos, usou-se um recipiente cilíndrico com capacidade para 65 L de água, contendo isolamento térmico nas laterais e na sua base. O aquecimento da água, no recipiente (banho-maria) foi controlado por um termostato previamente calibrado do tipo "T". As temperaturas no interior dos frutos foram obtidas através de sondas

termoelétricas (agulhas hipodérmicas) ligadas ao sistema de aquisição de dados. As distribuições de temperatura em duas profundidades do produto (7 e 15 mm) foram investigadas para os frutos de goiaba imersos em água a diferentes temperaturas: 47 °C ( $\pm 2$ ), 49 °C ( $\pm 2$ ) e 51 °C ( $\pm 2$ ). Após a escolha da temperatura e do tempo de imersão adequados, os frutos foram submetidos ao tratamento hidrotérmico e pré-resfriados em água a 10 °C com fungicida e armazenados em câmaras a  $8 \pm 0,2$  °C e  $22 \pm 0,2$  °C com UR = 98%. As avaliações físicas do produto foram realizadas durante o período de armazenamento. Para a obtenção de uma temperatura de 42 °C em uma profundidade de 7 mm no fruto (letal para ovos de moscas das frutas), foram necessários tempos de imersão do produto de 6, 1 e 1 minutos quando a temperatura da água se encontrava a 47 °C ( $\pm 2$ ), 49 °C ( $\pm 2$ ) e 51 °C ( $\pm 2$ ), respectivamente. A combinação de temperatura e tempo de imersão escolhida para o tratamento dos frutos foi  $47 \pm 2$  °C durante 6 minutos. O tratamento hidrotérmico a  $47 \pm 2$  °C, durante 6 minutos. Este tratamento não afetou no amarelecimento, na perda de massa e na firmeza dos frutos nas duas temperaturas de armazenamento avaliadas. Não foram observadas ascensões climatéricas nas produções de CO<sub>2</sub> e etileno.

## ABSTRACT

VIEIRA, Stella Maria Januária, M. S., Universidade Federal de Viçosa, february of 2004. **Postharvest Quality of Guavas (*Psidium guajava* L.) Submitted to a Hydrothermal Treatment.** Advisor: Sandra Maria Couto. Committee members: Paulo Cesar Corrêa, Luiz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon.

Brazil, one of the largest producing of guava, produced about 300 thousand tons in the year of 2000. A lot of researches has been done to find alternatives ecologically correct to control insect-pest. In this sense, physical treatments (heat, cold and ionize radiation applications) are intensively investigated. By now, there is not a quarantine treatment appropriate and efficient to control guava fruit flies; the fruits are extremely susceptible to high temperatures. The oviposition of the fruit flies occurs at a fruit depth of 5 mm and the lethal temperature for fruit flies depth is 42 °C. The objectives of this work were: (a) to establish a combination of “temperature and time of immersion in hot water” appropriate to kill eggs of the fruit flies in guava and (b) to evaluate parameters related to the physical quality of the product submitted to the hydrothermal treatment using the established combination in the item (a). A cylindrical recipient (65 L, with thermal isolation in the lateral and base walls) containing hot water was utilized for the guava immersion bath to obtained the fruit temperature distributions. An electric resistance controlled by a thermostat type “T” heated the water. The temperature distributions as a function of time of immersion, product depth (7 and 15 mm) and bath temperature [47 °C ( $\pm 2$ ), 49 °C ( $\pm 2$ ) and 51 °C ( $\pm 2$ )] were obtained through thermocouples (hypodermic needles) connected to a data acquisition system. After the appropriate choice for the temperature-time of immersion combination, the fruit were submitted to a bath with the adopted thermal treatment, following an immersion in cold water (10 °C) with

fungicide and storage in cameras to a  $8 \pm 2$  °C and  $22 \pm 2$  °C with relative humidity of 98%. The product physical evaluations were accomplished during the storage period. The temperature of 42 °C in a depth of 7 mm in the fruit (lethal for eggs of fruits flies) were obtained at product immersion times of 6, 1 and 1 minutes when the water temperature was at 47°C ( $\pm 2$ ), 49 °C ( $\pm 2$ ) and 51 °C ( $\pm 2$ ), respectively. The temperature-immersion time combination chosen for the fruit treatments was 47 °C ( $\pm 2$ ) for 6 minutes. This treatment do not affect the skin color, the mass loss and the firmness of the fruits at the two storage temperatures (8 and 22 °C). It was not detected ascensions climacteric in the productions of CO<sub>2</sub> and ethane.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. O produto**

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é originária da América tropical e supõe-se que o seu centro de origem se estenda desde o sul do México até a América do Sul. Atualmente, esta espécie encontra-se amplamente difundida por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Sua produção em escala industrial no Brasil teve início na década de 70, quando grandes áreas tecnificadas foram implantadas, com produção direcionada para o mercado nacional e internacional, na forma in natura, industrializada (doces e sucos) e desidratada (CHOU DHURY et al., 2001).

A goiaba, é uma baga globosa, e apresenta mesocarpo de textura firme e quatro a cinco lóculos preenchidos por uma massa de consistência pastosa com numerosas sementes (PEREIRA, 1995). Pertencente à família Myrtaceae é uma das mais valiosas frutas dentre todas as espécies tropicais, não só pelo elevado valor nutritivo do seu fruto, com uma excelente aceitação para o consumo natural e grande importância na indústria, como também por produzir frutos que se desenvolvem em condições adversas (Zaias, 1968; citado por ESTEVES, 1981).

### **1.2. Produção de goiaba**

Considerado um dos maiores produtores mundiais de goiaba, o Brasil, produziu cerca de 300 mil toneladas no ano de 2000, obtidos em 13,4 mil ha (Goiabrá s/IBGE-2001). Essa produção destina-se quase que totalmente ao mercado interno, o qual vem experimentando significativo aumento de oferta nos últimos anos.

A participação das regiões brasileiras em 2001 pode ser visualizada na Figura 1.

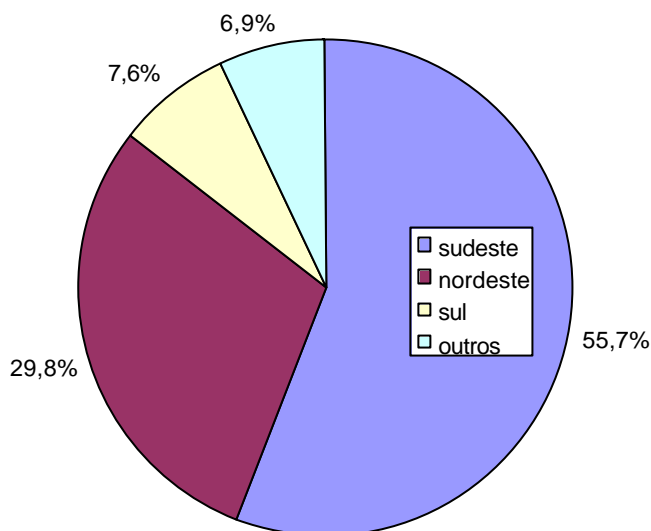


Figura 1. Participação das regiões brasileiras produtoras de goiaba em 2001.

As regiões Sudeste e Nordeste são as maiores produtoras da fruta, destacando-se os Estados de São Paulo e Pernambuco como os principais produtores, responsáveis por mais de 80% da produção nacional (FRUTISÉRIES, 2001). As áreas colhidas nas regiões Sudeste; Nordeste e Sul foram, respectivamente, 7,47; 4,00 e 1,06 mil ha.

### 1.3. Armazenamento do fruto

No Brasil, as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças, ainda, são uma realidade e estas perdas poderiam ser reduzidas se práticas adequadas, desde o cultivo até o seu destino final, fossem adotadas. A falta de conhecimento dos processos fisiológicos dos frutos, a falta de infra-estrutura adequada e de uma logística de distribuição são os principais fatores responsáveis pelo elevado nível de perdas pós-colheita (AZZOLINI, 2002).

A goiaba é um fruto altamente perecível, sendo que seus processos fisiológicos são bastante acelerados e seus efeitos agravados pelas condições às

quais os frutos são submetidos, durante e após a colheita (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

No período pós-colheita, esses frutos, entram em senescência rapidamente, o que impede o seu armazenamento por longos períodos de tempo. Esse aspecto é de fundamental importância, pois dificulta ou até impossibilita o envio dos frutos a centros consumidores mais distantes, em face das perdas que ocorrem durante o percurso.

Segundo AZZOLINI (2002), a alta perecibilidade da goiaba é o principal problema enfrentado pelos produtores na comercialização do fruto "in natura", tanto no mercado nacional como internacional. A falta de tecnologias de conservação limita o período de comercialização e diminui a qualidade dos frutos, tendo por consequência a redução do número de mercados consumidores. O incremento no consumo da goiaba como fruta fresca está condicionado à melhoria na qualidade do fruto. Desta forma, a aplicação de tecnologias de conservação pós-colheita é prioridade para a cultura da goiabeira.

Para reduzir a ação dos fatores de deterioração, com consequente extensão da vida pós-colheita é necessário que se faça a colheita dos frutos no estágio adequado de maturação, que se tenha o controle da temperatura, da umidade do ar, da concentração dos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, dos níveis de etileno, que se reduza a incidência de danos mecânicos e que se faça a aplicação de tratamentos fitossanitários (FINGER e VIEIRA, 2002).

A conservação das goiabas, durante o seu armazenamento depende de alguns fatores como: transpiração, respiração, atividade enzimática, ação de patógenos e problemas fisiológicos. Para reduzir o efeito desses fatores, as goiabas devem ser armazenadas em temperaturas que variam entre 8°C e 10°C, com 85 a 90% de umidade relativa. Nestas condições é possível conservar os frutos por até 21 dias (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Vários métodos são empregados para ampliar a vida de prateleira dos frutos em geral. De acordo com JACOMINO et al. (2003), o uso de atmosfera modificada está incluído nesses métodos, que pode ser pelo acondicionamento das frutas em filmes plásticos ou pelo recobrimento com ceras especiais.

BICALHO et al. (2000) observaram que mamões embalados em filme de PVC tiveram a taxa metabólica reduzida, acarretando provavelmente numa

redução da biossíntese de etileno, na diminuição da atividade das enzimas envolvidas na degradação e solubilização de pectinas e na manutenção dos níveis de firmeza.

#### **1.4. Tratamento hidrotérmico**

A fruticultura tropical é uma atividade agrícola em processo de expansão no Brasil. Com a mudança do perfil do consumidor aliado à conscientização dos riscos da presença de resíduos de agrotóxicos nos frutos, a pesquisa científica tem buscado alternativas ecologicamente corretas para o controle de insetos-praga. De acordo com CARVALHO et al. (1999), as exigências dos países importadores de frutos in natura têm sido crescentes no que diz respeito à qualidade do produto, especialmente com relação à presença de resíduos de agrotóxicos.

O tratamento pós-colheita, em geral, consiste na imersão de recipientes, contendo os frutos, em tanque contendo calda de defensivos agrícolas, que reduz as deteriorações microbianas dos frutos e aumenta sua vida útil pós-colheita.

Os tratamentos pós-colheita têm por objetivos diminuir as atividades metabólicas dos frutos (principalmente a taxa respiratória) e controlar as doenças causadas por fungos e bactérias e as infestações por pragas, sendo as moscas-das-frutas um dos grandes problemas na goiaba (CHOUDHURY et al, 2001).

Os tratamentos quarentenários à base de fumigantes (dibrometo de etileno, brometo de metila e fosfina), largamente empregados até 1984, estão sendo proscritos mundialmente, devido suas características indesejáveis, como a fitotoxicidade e toxicidade ao homem, obrigando assim, os países exportadores destas frutas a aprimorar suas técnicas de produção e de controle de insetos-praga. Com isso, o controle por meio de tratamentos físicos (aplicação de calor, frio ou radiação ionizante) está sendo muito pesquisado. Para frutos de mamão, o tratamento consiste na imersão em água quente a  $48 \pm 1$  °C por 20 minutos, seguido de outra imersão em água fria a  $8 \pm 1$  °C por igual período de tempo, tratamento este regulamentado pela quarentena do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

O tratamento com água quente vem sendo estudado desde 1949, quando o Departamento de Fisiologia de Plantas da Universidade do Haváí, em cooperação com o Departamento da Agricultura dos Estados Unidos (USDA), deu início a um projeto para desenvolver um método de desinfestação de insetos nas frutas destinadas à exportação.

De acordo com WADDELL et al. (2000), a oviposição da mosca-das-frutas é feita de 3 a 5 mm de profundidade nos frutos, e a temperatura letal para matar ovos de mosca-das-frutas nessa profundidade deve ser igual ou maior que 42 °C.

A tolerância da fruta ao calor vai depender de vários fatores como: espécies, variabilidade de genótipo dentro da espécie, estágio de maturação da fruta, tamanho, tipo de tratamento de calor aplicado e as condições que os frutos se encontravam antes de serem tratados.

Atualmente, ainda não existe um tratamento quarentenário adequado e eficiente para o controle das moscas-das-frutas em goiabas, em razão destas serem muito suscetíveis à temperaturas elevadas. Segundo RESENDE e CHOUDHRY (2001), temperaturas acima de 41 °C, aplicadas por vinte minutos, além de alterar os atributos de qualidades mercadológicas, não são suficientes para eliminar as larvas destas pragas.

Muito se tem pesquisado acerca de tratamento hidrotérmico, no intuito de estabelecer-se as melhores combinações de tempo e temperatura, para cada espécie, capazes de controlar eficientemente as pragas e patógenos, sem causar alterações físicas e químicas indesejáveis nos frutos. TOZETTO e RIBEIRO (1998) trataram frutos maduros de goiaba, naturalmente infectados por *Guignardia psidii*, com cloreto de sódio, termoterapia e fungicidas. O tratamento térmico consistiu na imersão do produto em água a 50 °C por 30 minutos. O tratamento térmico não controlou a doença e esta temperatura e tempo de exposição provocou injúrias nos frutos. MADHUNKAR e REDDY (1992), que usaram termoterapia em goiabas, por imersão em água a 50 °C e consideraram efetiva a exposição por 30 minutos no controle de *Pestalotiopsis* spp. e *Rhizoctonia* spp. Os resultados demonstraram que as temperaturas da água necessárias para a inativação do micélio latente de *G. psidii* são superiores às temperaturas suportadas pelos frutos da goiaba.

Wills et al. (1982), citados por MEDINA et al. (1988), estudaram a efetividade da imersão em alguns fungicidas no controle de podridões de três variedades de goiabas australianas e notaram que, se as imersões eram efetuadas a quente, a 50 °C, o efeito do aumento da concentração de fungicidas era menos notório. Esses mesmos autores verificaram que quando a temperatura da água era de 52 °C, mesmo sem fungicida, havia danos físicos (escaldaduras) nas goiabas.

### **1.5. Avaliação da qualidade do fruto**

De acordo com Klein e Lurie (1991), citados por OLIVEIRA (1999), a exposição de alguns frutos a altas temperaturas acelera vários processos, como amolecimento da polpa, o aumento dos açúcares, o amarelecimento, a produção de etileno, a respiração e a síntese de proteínas.

De um modo geral, a qualidade do fruto é diminuída devido aos vários processos aos quais o produto é submetido. O tratamento térmico, por exemplo, além de alterar alguns componentes no amadurecimento, como a cor do fruto, sua firmeza 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 citados por BALBINO 1997).

A firmeza em frutas e legumes é um parâmetro que, geralmente é usado como medida para avaliar a qualidade do produto, e tem sido usada para este fim há mais de 60 anos. Esta medida representa como um produto é deformado quando uma pressão é aplicada a uma área limitada da sua superfície. O equipamento mais utilizado para avaliar a firmeza dos frutos é denominado penetrômetro.

Este trabalho teve por objetivos:

- (a) estabelecer uma combinação de temperatura e tempo de imersão em água quente, para matar ovos de moscas-das-frutas em goiabas,
- (b) avaliar parâmetros relacionados à qualidade física e fisiológica do produto tratado hidrotérmicamente com a combinação estabelecida no item (a).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da UFV, localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa.

Foram utilizados frutos da goiabeira (*Psidium guajava* L.) do cultivar 'Pedro Sato' provenientes do pomar comercial localizado no município de Viçosa (MG), situado a 20° 45' 20" S e a 42° 52' 40" W com altitude média de 600 a 700 m. A colheita manual dos frutos foi realizada pela manhã, no estágio de maturação correspondente à coloração verde-mate. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em contentores de plástico (com capacidade para 40 frutos) dispostos em duas camadas, protegidos internamente por folhas de papel de jornal e encaminhados imediatamente para o laboratório.

### 2.1. Caracterização física inicial dos frutos

No laboratório procedeu-se a uma rigorosa seleção visual, visando a obtenção de lotes mais uniformes. Foram eliminados os frutos que apresentavam qualquer dano causado durante o período do transporte.

Com a finalidade de caracterizar o material vegetal em estudo, foram determinados: dimensões (longitudinal e diâmetro máximo), massa da matéria fresca, volume e densidade real.

Para as determinações das dimensões utilizou-se um paquímetro digital DIGIMESS com precisão de 0,01 mm e para a massa utilizou-se uma balança eletrônica BG 4000 com precisão de 0,01 g.

As determinações de volume foram feitas pelo método de complementação de volume, usando água como líquido complementar (MOREIRA, 1986).

Os cálculos das densidades médias do produto foram feitos através da relação massa/volume ( $\text{g mL}^{-1}$ ).

## **2.2. Descrição dos tratamentos e do equipamento usado no tratamento hidrotérmico**

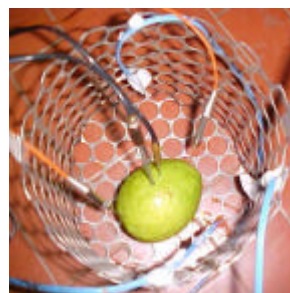
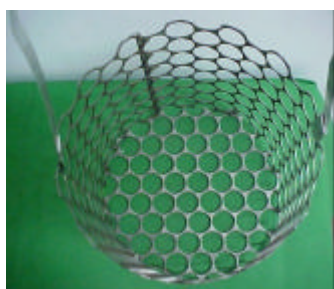
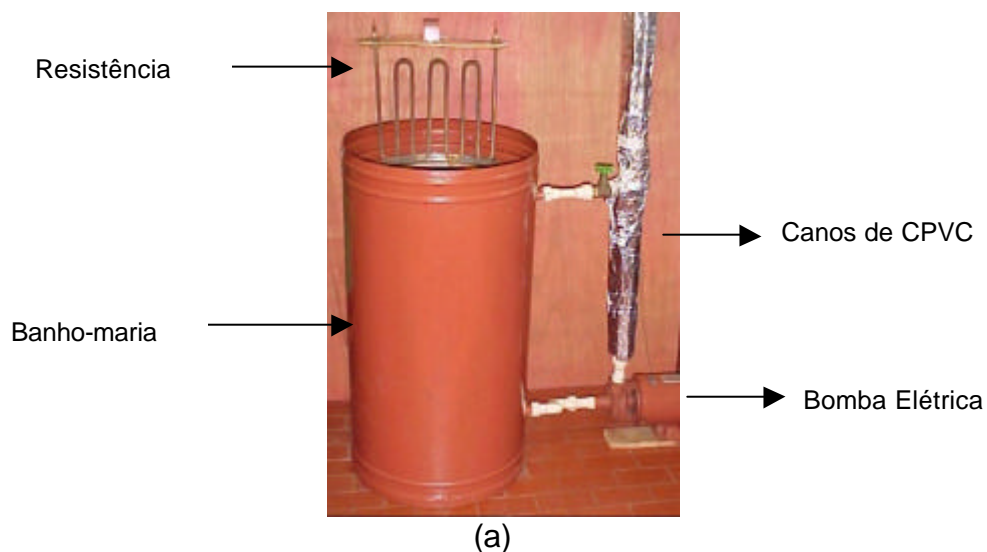
Para a obtenção da distribuição de temperatura no interior dos frutos usou-se um recipiente cilíndrico com capacidade para 65 L de água, contendo isolamento térmico (lã de vidro) nas laterais e na sua base (Figura 2a).

O aquecimento da água, no recipiente (banho-maria) foi efetuado por uma resistência de múltiplo passe (sete voltas) controlada por um termostato previamente calibrado do tipo "T".

Como não existem informações na literatura sobre a temperatura e tempo de exposição de banho mais adequada para eliminar os ovos de moscas-das-frutas para a goiaba, inicialmente, investigou-se três temperaturas de imersão do produto,  $47 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $49 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , que são temperaturas próximas a temperatura utilizada para o tratamento hidrotérmico padrão em mamões, e  $51 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatura próxima a temperatura utilizada para aumentar a eficiência do uso de fungicidas em goiabas ( $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Para cada temperatura foram utilizadas três repetições, cada uma constituída por um fruto. Após a estabilização da temperatura da água do banho-maria, procedeu-se a imersão dos frutos, individualmente, na água através de uma cesta metálica que também é parte constituinte do equipamento (Figura 2-b).

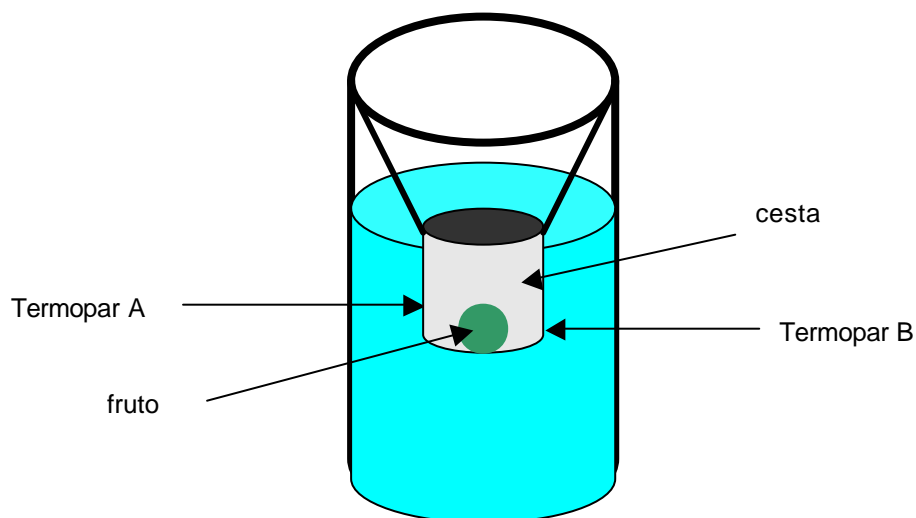
Para diminuir o gradiente de temperatura existente na água no interior do banho-maria, foi adaptado uma bomba elétrica da marca DANCOR (Figura 2a), conectada por tubos CPVC de 0,5 polegadas de diâmetro nas partes laterais inferior e superior do cilindro, a agitação era realizada de 5 em 5 minutos, tempo suficiente para promover a uniformidade de temperatura na água.



**Figura 2** - (a)- tanque utilizado para o banho-maria, (b) cesta metálica utilizada para imersão dos frutos no banho-maria, (c) goiaba com termopares posicionados a 7 e 15 mm de profundidade no fruto e nas laterais da cesta metálica.

### 2.3. Controle da temperatura

Para o acompanhamento da temperatura no interior e exterior dos frutos (cesta metálica) foram inseridos termopares tipo “T” (agulhas hipodérmicas) previamente calibrados e ligados a um sistema de aquisição de dados marca MINMAX S210RA, acoplado a um microcomputador, onde as temperaturas eram registradas e armazenadas em intervalos de tempo regulares de 1 minuto.



**Figura 3** - Montagem usada para o banho térmico nos frutos.

A calibração dos sensores foi feita com a utilização de termômetros padrões, onde temperaturas intermediárias entre 0 °C, e 100 °C foram utilizadas. Ao final deste processo foram obtidas equações para correlacionar as leituras de temperaturas lidas e as reais.

Para o monitoramento da temperatura da água no banho-maria, foram instalados também, sensores termoeletrônicos em duas posições na cesta [Figura 2 (c)] onde os frutos ficaram posicionados durante os testes.

Três goiabas para cada temperatura foram usadas para a obtenção da distribuição da temperatura no seu interior, quando imersas em água a diferentes temperaturas. As frutas foram colocadas, individualmente, em uma cesta de alumínio e o conjunto, então, foi imerso na água.

Antes da aplicação dos tratamentos, as goiabas foram selecionadas visualmente, os frutos que apresentaram injúrias na casca (deformidades, sintomas de doenças ou manchas), foram descartados.

Escolhida a temperatura e tempo de imersão a serem usados no banho térmico, os frutos foram divididos em dois lotes, um deles não foi submetido ao tratamento hidrotérmico, servindo como testemunha padrão (T1) e o outro lote foi submetido ao tratamento hidrotérmico (T2).

## 2.4. Pré-resfriamento

Após o tratamento hidrotérmico, os frutos foram pré-resfriados em um tanque contendo água a  $10 \pm 1$  °C por 5 minutos e contendo fungicida da marca Sportak 450 C.E. na concentração de 50 mL do produto para 100 L de água e acondicionados em embalagens de isopor recobertos por filmes de PVC.

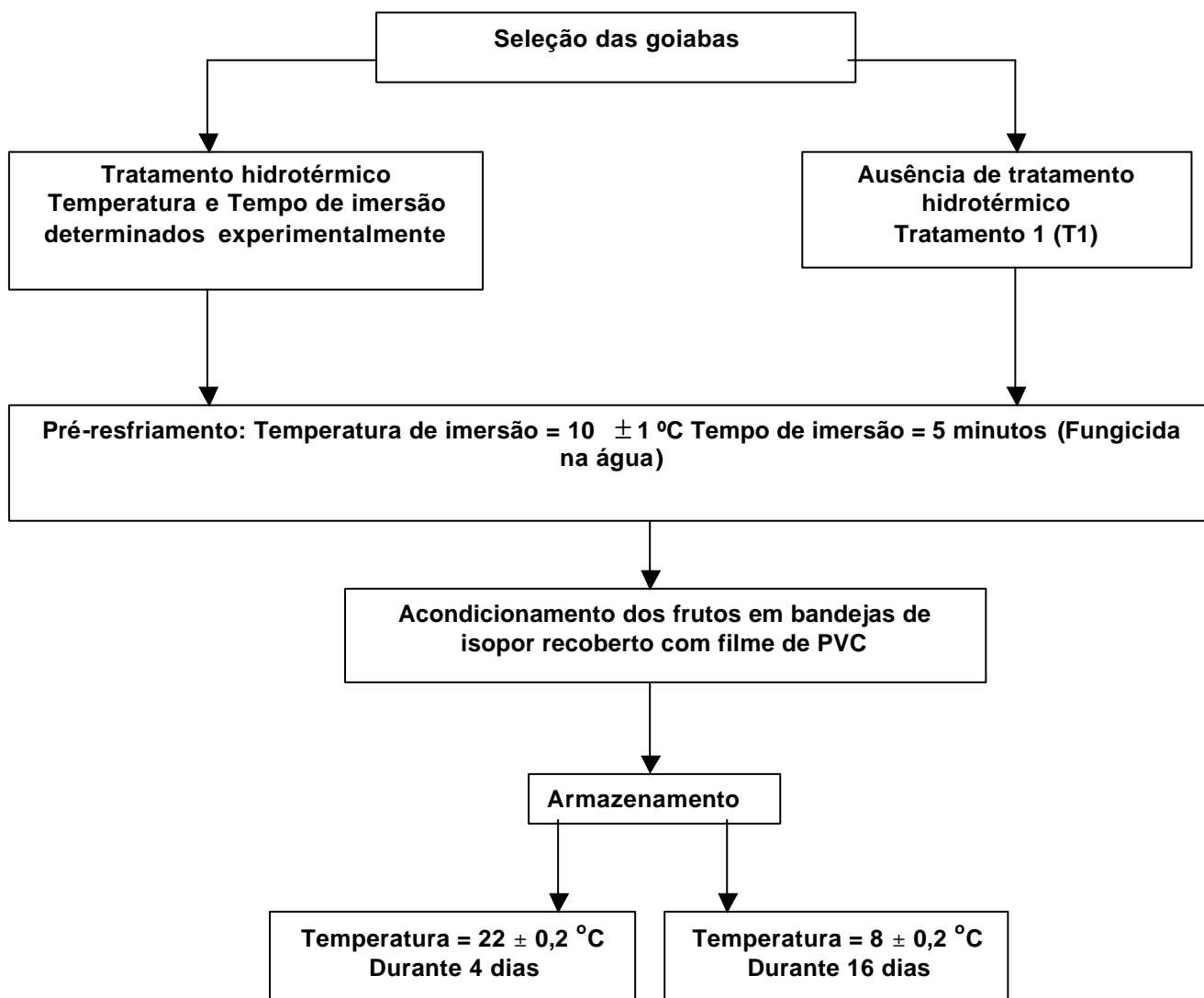
## 2.5. Armazenamento

O produto, pertencente a cada um dos dois lotes (T1 e T2) armazenado em câmaras mantidas a temperaturas de  $8 \pm 0,2$  °C e  $22 \pm 0,2$  °C. Assim, as goiabas ficam armazenadas nestas duas temperaturas.

A umidade relativa no interior das câmaras foi controlada através da utilização de bandejas contendo água e papel repicado, e esta umidade relativa foi monitorada diariamente por um higrômetro, cuja leitura é dada diretamente em porcentagem.

O armazenamento do produto na câmara com temperatura a  $8 \pm 0,2$  °C foi utilizado para simular o período em que o produto permanece em navio com destino ao mercado externo, já o armazenamento na câmara com temperatura de  $22 \pm 0,2$  °C foi para simular o tempo de prateleira dos frutos com destino ao mercado interno.

O produto armazenado na câmara a  $22 \pm 0,2$  °C foi avaliado todos os dias e aqueles armazenados a  $8 \pm 0,2$  °C de 4 em 4 dias. O esquema do procedimento usado no tratamento térmico das goiabas é mostrado na Figura 4.



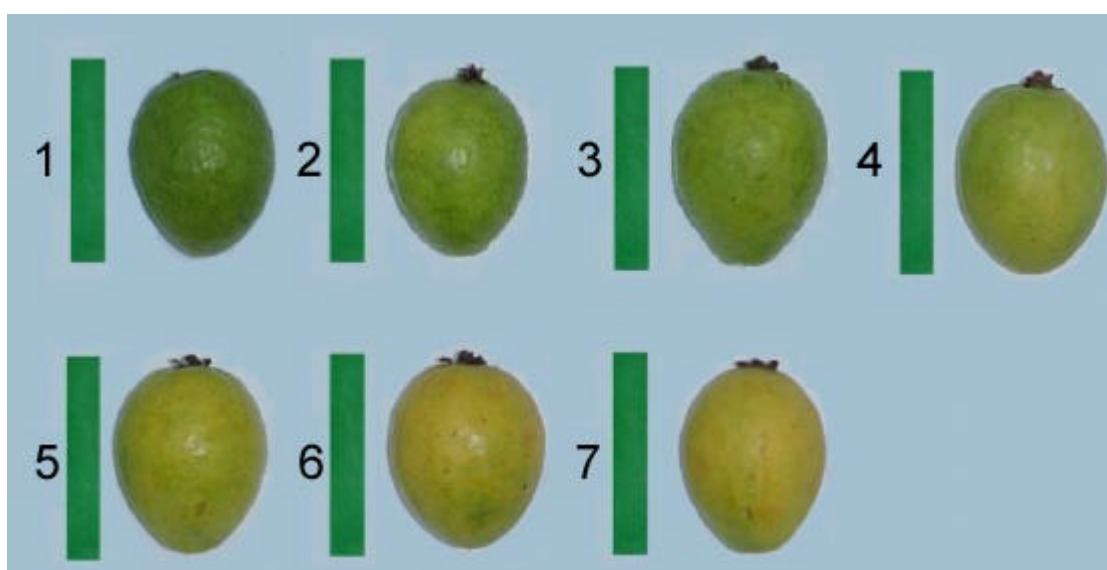
**Figura 4** - Esquema do procedimento usado no tratamento hidrotérmico e armazenamento de goiabas 'Pedro Sato'.

## 2.6. Avaliação da qualidade do produto

Durante o período de armazenamento do produto, foram avaliados os seguintes parâmetros: índice de cor da casca, perda de massa do fruto, firmeza da polpa, respiração e produção de etileno.

### 2.6.1. Índice de cor da casca

As avaliações do índice de cor da casca foi baseada na utilização de uma escala de cores para a variedade 'Pedro Sato' construída em laboratório. A escala (Figura 5) foi utilizada nas avaliações diárias durante o período de armazenamento das goiabas.



- 1 – verde-escuro
- 2 – verde
- 3 – verde-mate
- 4 – verde-amarelo
- 5 – 50 % amarelo
- 6 – amarelo com base verde
- 7 – totalmente amarelo

**Figura 5** - Escala visual de cores para a cultivar 'Pedro Sato'.

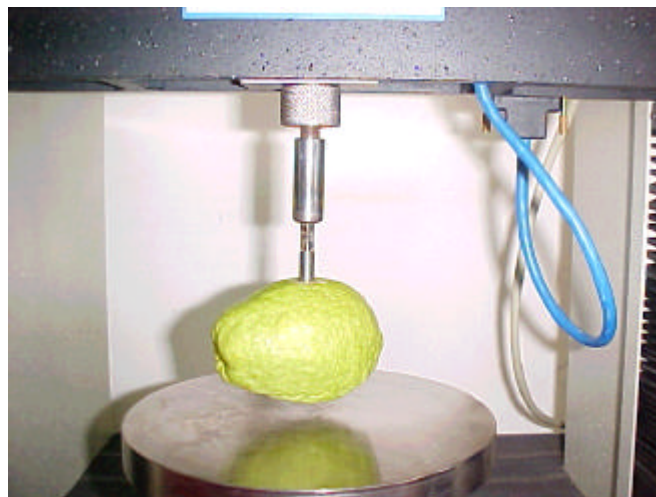
### 2.6.2. Perda de massa do fruto

A redução da massa dos frutos durante o período de armazenamento para as duas temperaturas utilizadas no experimento foi determinada diariamente, com base na pesagem dos frutos em uma balança eletrônica digital BG 4000 com precisão de 0,01 g.

### 2.6.3. Quantificação da firmeza dos frutos

A firmeza da polpa de cada um dos frutos foi determinada por meio da força necessária para introdução de uma ponteira em uma profundidade de 10 mm na polpa. A ponteira padrão utilizada, com área da secção transversal igual a 8 mm de diâmetro (ASAE, 2000), foi adaptada a uma máquina de ensaios EMIC (Figura 6).

Para a determinação dessa força, o fruto foi colocado na posição de repouso e após a remoção superficial da casca do fruto, os ensaios de penetração da ponteira no fruto foram realizados.



**Figura 6** – Ensaio de penetração realizado nos frutos de goiaba.

Nestes testes a ponteira foi acoplada a máquina de ensaios que trabalhou a uma velocidade de  $10 \text{ mm min}^{-1}$  e com uma célula de carga com capacidade de 20 N.

#### **2.6.4. Atividade respiratória e produção de etileno**

A atividade respiratória, determinada pela quantificação da produção de CO<sub>2</sub>, e a produção de etileno foram determinadas durante o período de armazenamento, por cromatografia gasosa. Os frutos foram colocados individualmente em frascos de vidro com capacidade de 1700 mL, os quais foram hermeticamente fechados. Após um período de 40 minutos a partir do fechamento do frasco, alíquotas de 1,0 mL de sua atmosfera foram injetadas em um cromatógrafo a gás da marca Varian GC 3800, equipado com detectores de condutividade térmica e de ionização de chama, coluna empacotada com HAYESEP R e, como gás de arraste foi utilizado o nitrogênio. As temperaturas empregadas foram 80 °C, 100 °C e 150 °C para coluna, injetor e detector, respectivamente.

#### **2.7. Análise estatística dos dados**

O experimento foi montado segundo o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (frutos submetidos ou não ao tratamento hidrotérmico) e na subparcela os períodos de avaliação, em dias, no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo testemunha padrão (T1) e tratamento térmico (T2) as médias foram comparadas utilizando o teste de F com nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (dias de avaliação) os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t” ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{S.Q. Regressão} / \text{S.Q. Dias}$ ) e no potencial para explicar o fenômeno em estudo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização física inicial dos frutos

Os valores médios, com os respectivos desvios padrão, e valores máximo e mínimo dos parâmetros utilizados na caracterização dos frutos utilizados no experimento encontram-se na Tabela 1. Cada valor envolve a média de nove frutos.

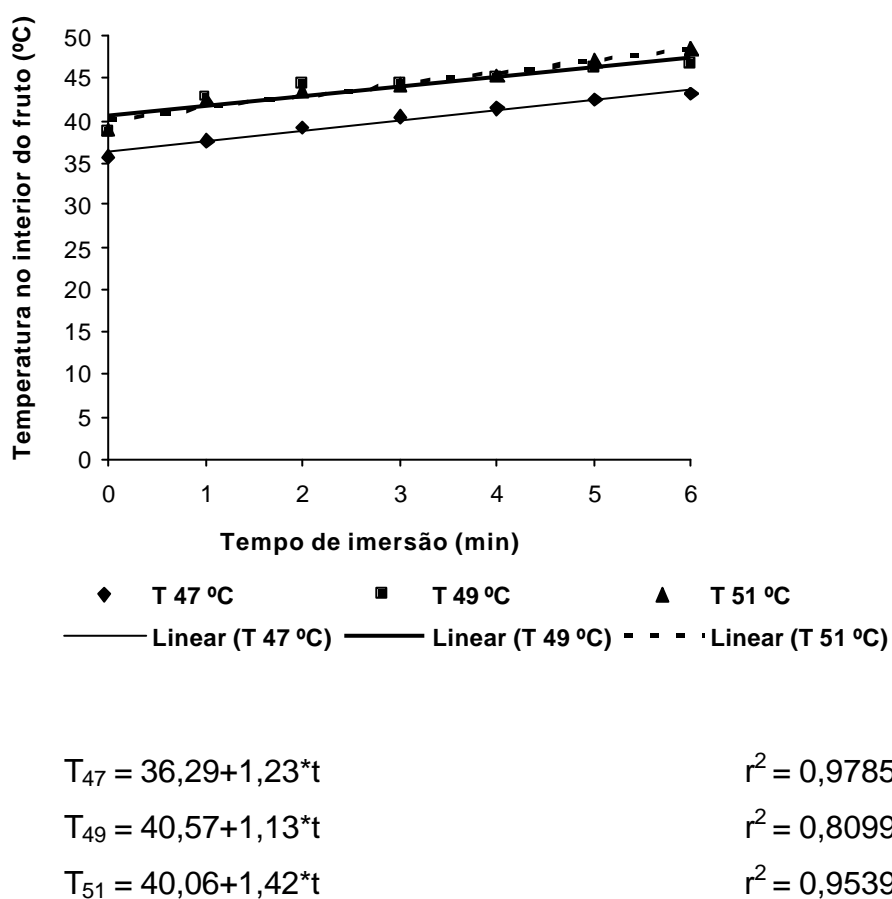
**Tabela 1** – Valores médios, desvio padrão dos valores médios e valores máximo e mínimo das grandezas avaliadas na caracterização inicial dos frutos.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor Médio</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Desvio padrão</b>
Massa (g)	155,86	172,19	147,72	9,05
Volume (mL)	239,78	247,00	234,60	5,18
Densidade real (g mL <sup>-1</sup> )	0,65	0,73	0,60	0,04
Medida longitudinal (mm)	96,59	104,70	87,30	6,23
Diâmetro (mm)	80,23	83,30	77,40	1,71
Firmeza da polpa (N)	50,00	55,86	36,65	5,61
mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	41,72	46,00	34,79	4,67
μL C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	0,04969	0,09707	0,02766	0,02629

### 3.2. Temperaturas obtidas no interior dos frutos

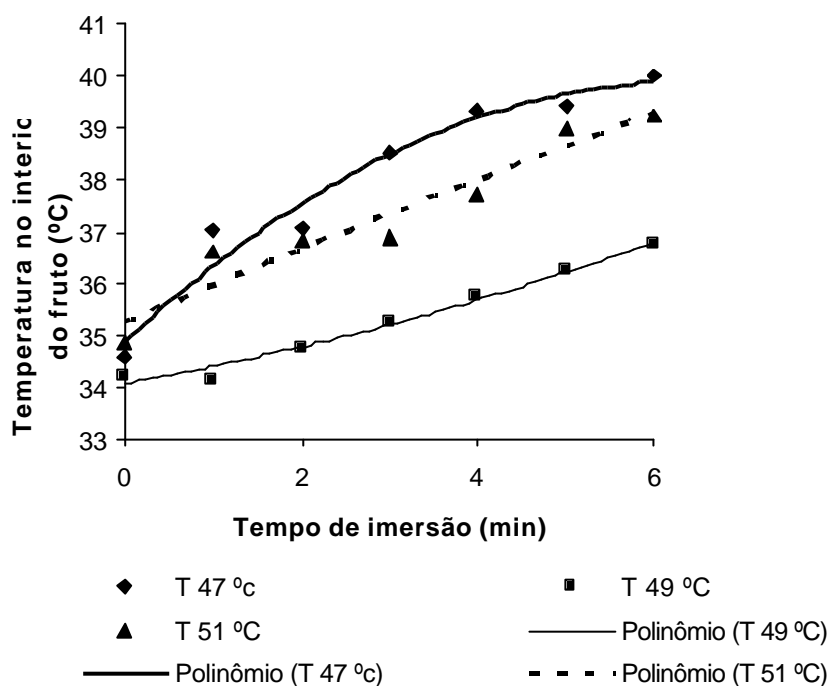
Os termopares foram inseridos nos frutos em profundidades de 7 e 15 mm. As três temperaturas obtidas para os banhos térmicos nos frutos foram:  $47 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $49 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $51 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e a variação temporal das temperaturas, nas posições de 7 e 15 mm no interior de cada uma das goiabas, são apresentados nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

As equações ajustadas (regressão linear) para expressar a variação da temperatura nessas profundidades encontram-se também nestas figuras.



**Figura 7** – Variação temporal da temperatura na profundidade de 7 mm do fruto nas temperaturas de  $47 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $49 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $51 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para os banhos térmicos às temperaturas de  $47 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $49 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $51 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , os tempos necessários para que a temperatura de  $42 \text{ }^\circ\text{C}$  atinja a profundidade de 7 mm são: 6; 1 e 1 minutos, respectivamente. É evidente que estes tempos deverão ser menores quando se focaliza a profundidade de 3 a 5 mm, região de ovoposição.



$$T_{47} = 34,88 + 1,57 \cdot t - 0,12 \cdot t^2 \quad R^2 = 0,9590$$

$$T_{49} = 34,08 + 0,29 \cdot t + 0,027 \cdot t^2 \quad R^2 = 0,9810$$

$$T_{51} = 35,24 + 0,73 \cdot t - 0,009 \cdot t^2 \quad R^2 = 0,9539$$

**Figura 8** – Variação temporal da temperatura na profundidade de 15 mm do fruto nas temperaturas de  $47 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $49 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $51 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

A análise realizada na distribuição temporal de temperatura numa profundidade de 7 mm no fruto, forneceu argumentos para a escolha da temperatura e do tempo de imersão utilizadas para a realização do tratamento hidrotérmico nos frutos que foi  $47 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 6 minutos de imersão. Esta temperatura e tempo de imersão foram escolhidos principalmente por ser a única

temperatura utilizada neste experimento, que não causou escaldaduras nos frutos logo após o tratamento hidrotérmico.

### **3.3. Avaliação da qualidade do produto submetido ao tratamento hidrotérmico**

#### **3.3.1 Presença de escaldadura nos frutos**

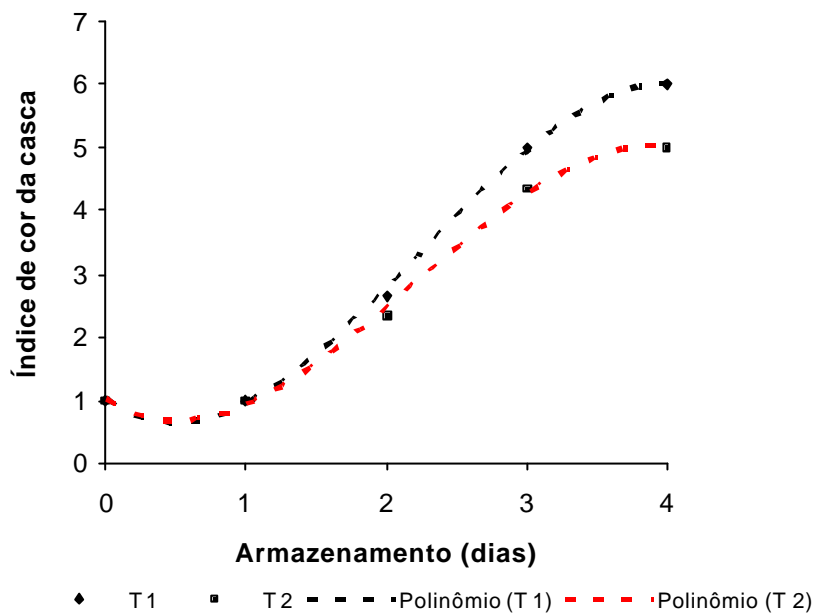
A escaldadura nos frutos é caracterizada por manchas de cor marrom na casca do produto em consequência do tratamento térmico utilizado. No presente trabalho foi observada escaldadura no sexto dia de armazenamento a 8 °C somente nos frutos que sofreram tratamento hidrotérmico (T2) e que foram avaliados diariamente para a investigação de perda de massa e índice de cor da casca. É possível que a exposição destes frutos, todos os dias, a ambientes com temperaturas e umidades relativas diferentes possa ter causado a escaldadura.

#### **3.1.2. Índice de cor da casca**

Ao final do período de armazenamento a uma temperatura de 22 °C os frutos atingiram os índices de cor de 6 e 5 para os frutos testemunha (T1) e aqueles tratados termicamente, (T2) respectivamente.

Os frutos do tratamento testemunha tiveram um aumento brusco na evolução da cor durante o período de armazenamento enquanto que os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico tiveram amarelecimento gradual e menor que os frutos testemunha. Este resultado demonstra que, o tratamento hidrotérmico retardou o amarelecimento dos frutos armazenados a uma temperatura de 22 °C por 4 dias.

Ao final do período de armazenamento a uma temperatura de 22 °C os frutos atingiram os índices de cor de 6 e 5 para os frutos testemunha (T1) e aqueles tratados termicamente, (T2) respectivamente.

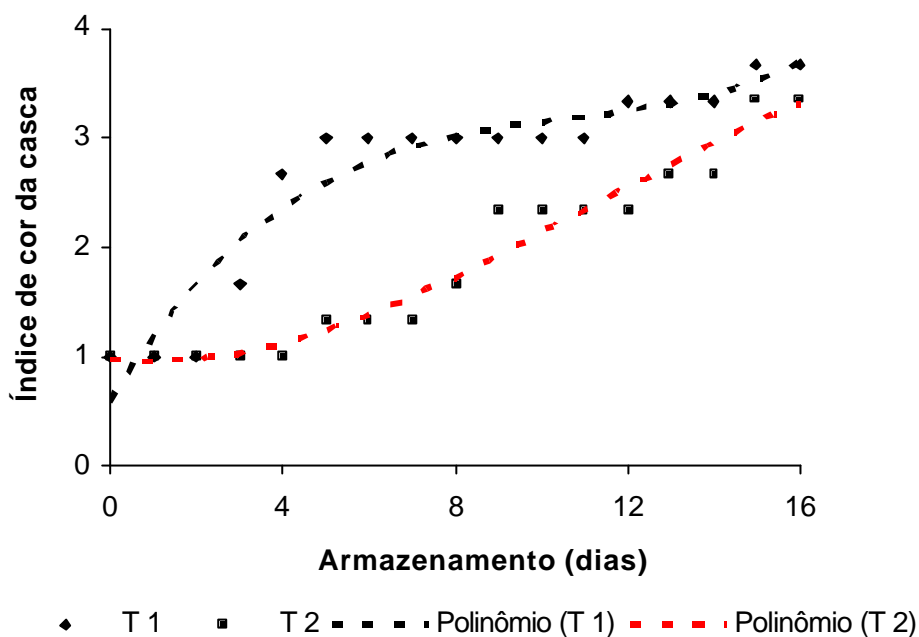


$$T1 = 1,0143 - 1,5119 \cdot \text{Dia} + 1,6905 \cdot \text{Dia}^2 - 0,25 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,9993$$

$$T2 = 1,019 - 1,3492 \cdot \text{Dia} + 1,4762 \cdot \text{Dia}^2 - 0,2222 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,9982$$

**Figura 9** – Índice de cor da casca dos frutos, armazenados a uma temperatura de 22 °C por 4 dias.

Os frutos do tratamento testemunha tiveram um aumento brusco na evolução da cor durante o período de armazenamento enquanto que os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico tiveram amarelecimento gradual e menor que os frutos testemunha. Este resultado demonstra que, o tratamento hidrotérmico retardou o amarelecimento dos frutos armazenados a uma temperatura de 22 °C por 4 dias.



$$T1 = 0,5673 + 0,6378 \cdot \text{Dia} - 0,0552 \cdot \text{Dia}^2 + 0,0017 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,9126$$

$$T2 = 0,9855 - 0,0438 \cdot \text{Dia} + 0,0222 \cdot \text{Dia}^2 - 0,0006 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,9579$$

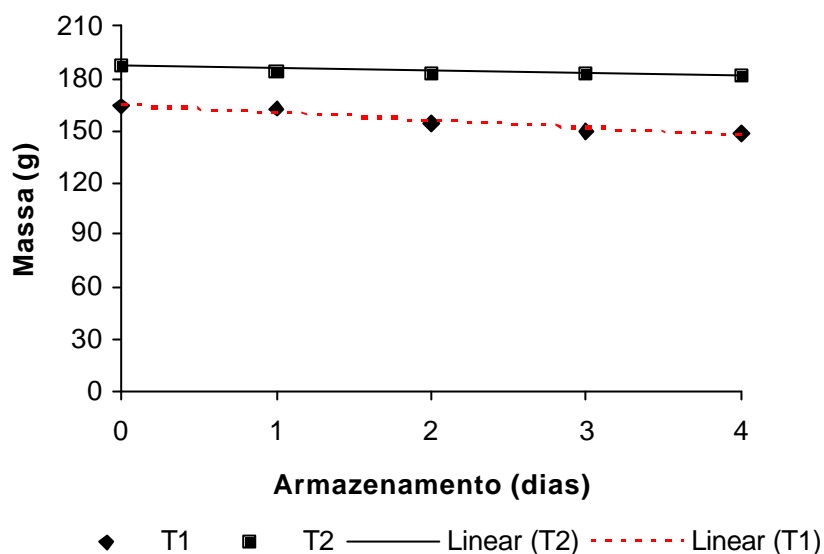
**Figura 10** – Índice de cor da casca dos frutos, armazenados a uma temperatura de 8 °C por 16 dias.

Ao final do período de armazenamento, foi observado que os frutos armazenados a 8 °C por 16 dias tiveram um índice de cor menor do que os frutos armazenados a 22 °C por 4 dias.

Este comportamento indica que, o tratamento hidrotérmico associado à temperatura de armazenamento de 8 °C promove o retardamento do amarelecimento dos frutos, resultado favorável no ponto de vista comercial.

### 3.1.3. Perda de massa do fruto

Não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados, para os frutos armazenados a uma temperatura de 22 °C durante 4 dias, porém entre os dias de armazenamento houve diferença significativa. As equações de regressão para cada tratamento se encontram na figura 11.



$$T1 = 164,16 - 4,37 \cdot \text{Dia} \quad r^2 = 0,9345$$

$$T2 = 186,34 - 1,42 \cdot \text{Dia} \quad r^2 = 0,9347$$

**Figura 11** – Massa dos frutos, tratados hidrotérmicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 22 °C durante 4 dias.

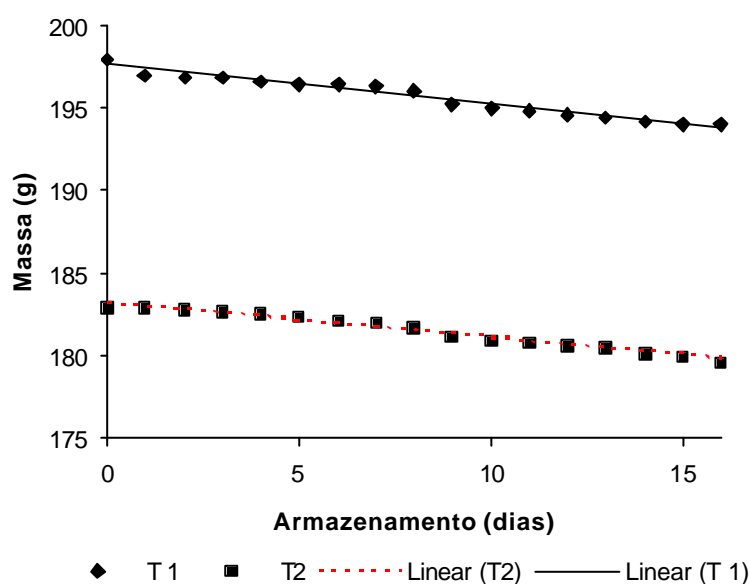
Pode-se observar, através da Tabela 2 que, os frutos do tratamento testemunha, tiveram maior perda de massa do que os frutos tratados hidrotérmicamente (menor que ? (g)), e também, tiveram o índice de amarelecimento da casca maior do que os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, no período de armazenamento a uma temperatura de 22 °C durante 4 dias.

**Tabela 2-** Perda de massa dos frutos armazenados uma temperatura de  $22 \pm 0,2$  °C durante 4 dias.

Tratamentos	Tempo (dias)		
	0	4	$\Delta$ (g)
T1	164,16	146,68	17,48
T2	186,34	180,66	5,68

\*significativo a 5% de probabilidade

Para os frutos armazenados a 8 °C durante 16 dias, também não houve diferença significativa entre tratamentos, no entanto houve diferença significativa entre os dias de armazenamento para cada tratamento. As equações de regressão para cada tratamento encontram-se na figura 12.



$$T1 = 197,66 - 0,24 * \text{Dia}$$

$$r^2 = 0,9660$$

$$T2 = 183,27 - 0,22 * \text{Dia}$$

$$r^2 = 0,9830$$

**Figura 12** – Massa dos frutos, tratados hidrotérmicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 8 °C durante 16 dias.

A perda de massa dos frutos armazenados uma temperatura de  $8 \pm 0,2$  °C durante 16 dias está representada na Tabela 3. Foi observado que, para os frutos submetidos ao tratamento testemunha, houve maior perda de massa (maior  $\Delta$  (g)) do que os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, também foram os frutos que tiveram amarelecimento da casca mais rápido durante os dias de armazenamento.

**Tabela 3-** Perda de massa dos frutos armazenados uma temperatura de  $8 \pm 0,2$  °C durante 16 dias.

Tratamentos	Tempo (dias)		
	0	16	$\Delta$ (g)
T1	197,66	193,82	3,84
T2	183,27	179,75	3,52

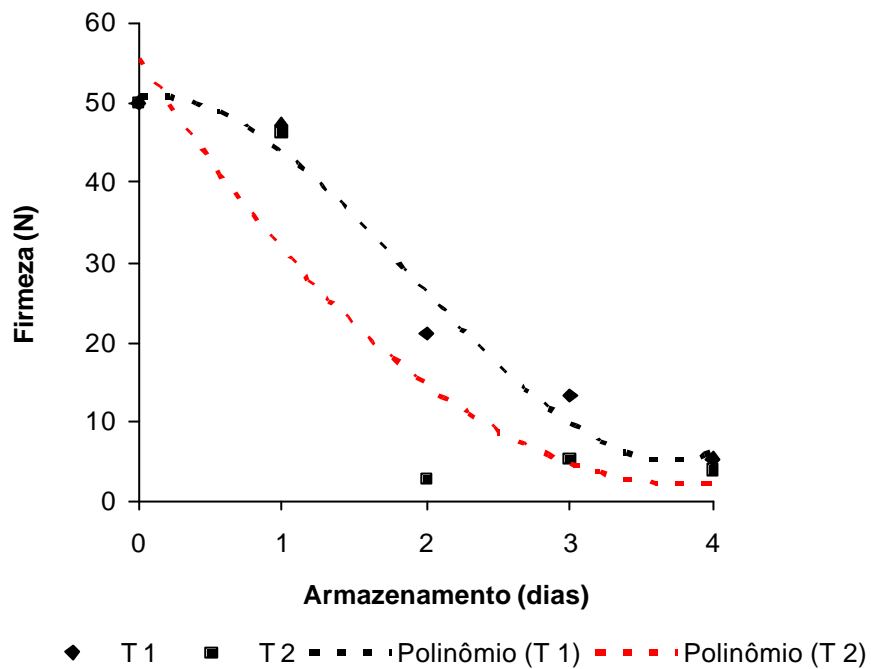
\*significativo a 5% de probabilidade

#### 3.3.4. Firmeza dos frutos

Não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados para os frutos armazenados a 22 °C, no entanto, houve diferença significativa durante os dias de avaliação para cada tratamento. As equações de regressão para os tratamentos 1 e 2 encontram-se na Figura 13.

A firmeza dos frutos decresceu, de uma maneira geral, ao longo do armazenamento do produto. As frutas foram colhidas com uma firmeza média da polpa de 50,0 N e após o período de armazenamento a 22 °C durante 4 dias, os valores médios para os tratamentos 1 e 2 encontravam-se a 5,24 e 3,84 N respectivamente, como mostra a Figura 13. JACOMINO et al. (2003) trabalhando com a mesma variedade de goiabas, utilizaram frutos com firmeza da polpa em torno de 47 N e também observaram decréscimo na firmeza ao longo do armazenamento a 25 °C durante seis dias. SOUSA et al. (2002) observou semelhante característica em mangas ‘Tommy Atkins’, embaladas em filmes plásticos e armazenadas em ambientes refrigerados.

A perda da firmeza da polpa dos frutos após a colheita é uma característica normal e acontece na fase final da maturação.



$$T1 = 50,878 + 2,0901 \cdot \text{Dia} - 11,104 \cdot \text{Dia}^2 + 1,9461 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,9671$$

$$T2 = 55,591 - 27,704 \cdot \text{Dia} + 3,5856 \cdot \text{Dia}^2 \quad R^2 = 0,8316$$

**Figura 13** – Firmeza da polpa dos frutos, tratados hidrotérmicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 22 °C durante 4 dias.

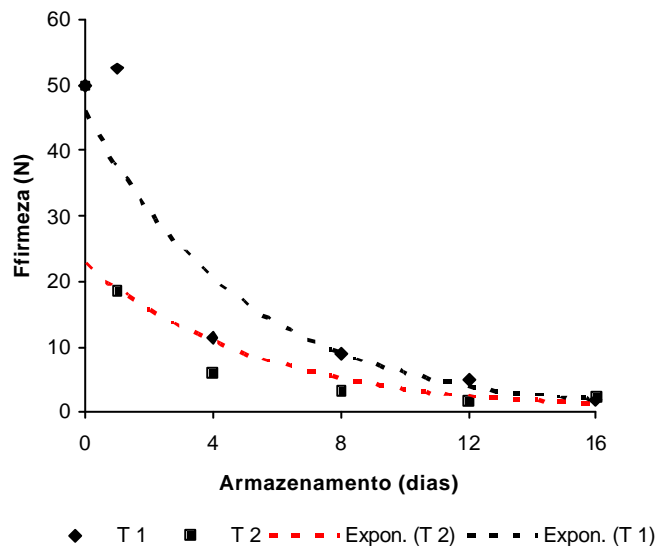
A perda de firmeza dos frutos armazenados a uma temperatura de 22 ± 0,2 °C durante 4 dias pode ser observada na Tabela 4. Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos aplicados, observa-se que no T2 (tratamento hidrotérmico a 47 ± 2 °C durante 6 min) comparado ao T1 (testemunha) ocorreu uma perda brusca na firmeza da polpa da goiaba no início do armazenamento, este fato pode ser atribuído ao aumento de temperatura dos frutos após o tratamento e este associado à temperatura de 22 °C utilizada durante o armazenamento.

**Tabela 4-** Perda de firmeza dos frutos armazenados uma temperatura de  $22 \pm 0,2$  °C durante 4 dias.

Tratamentos	Tempo (dias)		
	0	4	$\Delta$ (g)
T1	50,88	6,12	44,76
T2	55,60	2,14	53,45

\*significativo a 5% de probabilidade

Seguindo a tendência da análise descrita anteriormente, durante o armazenamento a  $8 \pm 0,2$  °C não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2, entretanto durante os dias de avaliação para cada tratamento houve diferença significativa entre os valores médios. Para os frutos armazenados a  $8 \pm 0,2$  °C os valores médios para os frutos testemunha e tratados termicamente no final do período de armazenamento (16 dias) encontravam-se a 1,75 e 2,33 N, respectivamente, como pode ser observado na Figura 14.



$$T1 = 45,932^{-0,2039 \cdot \text{Dia}}$$

$$R^2 = 0,9442$$

$$T2 = 22,599^{-0,1851 \cdot \text{Dia}}$$

$$R^2 = 0,7880$$

**Figura 14** – Perda de firmeza da polpa dos frutos, tratados hidrotérmicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 8 °C durante 16 dias.

Foi observado, no período de armazenamento, que os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico tiveram maior perda de firmeza do que os frutos do tratamento testemunha (Tabela 5), podendo-se afirmar que, o tratamento hidrotérmico exerceu influência negativa sobre a firmeza da polpa dos frutos, ao contrário do observado por CHAN JR. et al. (1981), que observaram uma redução no amolecimento em frutos de mamão, ocasionando o desenvolvimento de uma porção interna de tecido endurecido.

**Tabela 5-** Perda de firmeza dos frutos armazenados uma temperatura de  $8 \pm 0,2$  °C durante 16 dias.

Tratamentos	Tempo (dias)		$\Delta$ (g)
	0	16	
T1	45,93	$3,81^{-6}$	45,92
T2	22,59	$9,81^{-5}$	22,58

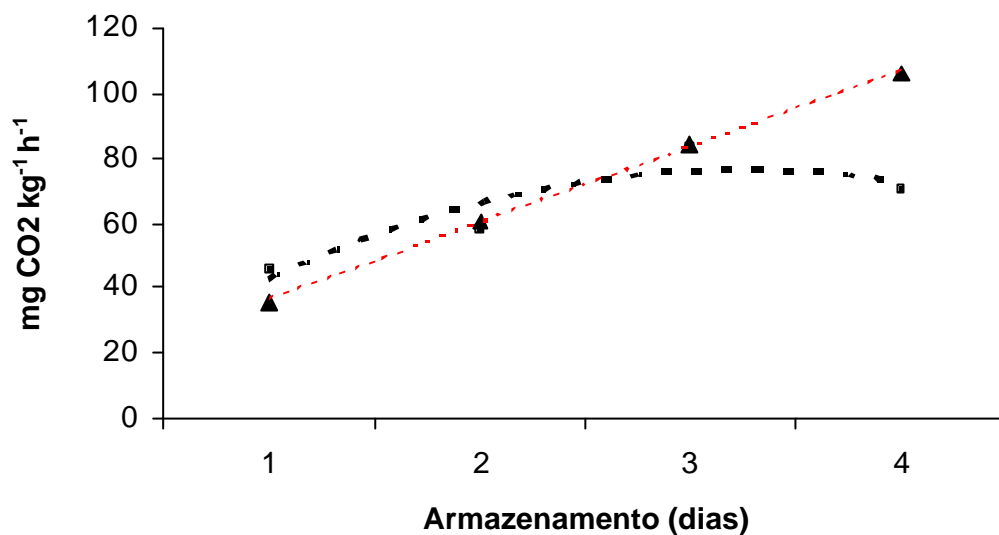
\*significativo a 5% de probabilidade

### 3.3.5. Atividade respiratória e produção de etileno

Não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2, em relação à produção de CO<sub>2</sub> e produção de etileno, para os frutos armazenados a uma temperatura de  $22 \pm 0,2$  °C. No entanto, houve diferença significativa entre os dias para cada tratamento. Os valores médios de produção de CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> em função dos dias de armazenamento pode ser representado pelas equações nas figuras 15 e 16, respectivamente.

Para os frutos submetidos ao tratamento 1 verificou-se o aumento acentuado da atividade respiratória com posterior diminuição. Isto é o que ocorre com frutos que apresentam o padrão climatérico de respiração, segundo CASTRO (2003), após a colheita do fruto há um aumento gradual da taxa respiratória até atingir seu nível mais alto ou máximo climatérico ou simplesmente climatérico. O mesmo não ocorreu com os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, pois, não foi observado diminuição da atividade respiratória durante o período de armazenamento, portanto não houve o máximo climatérico. Este comportamento indica que a atividade respiratória foi retardada pelo tratamento

hidrotérmico, concordando com PAULL E CHEN (1999), que afirmam que o tratamento térmico afeta a taxa respiratória.



■ T1 ▲ T2 - - - Polinômio (T1) - - - Linear (T2)

$$T1 = 6,0863 + 43,278 \cdot \text{Dia} - 6,6506 \cdot \text{Dia}^2$$

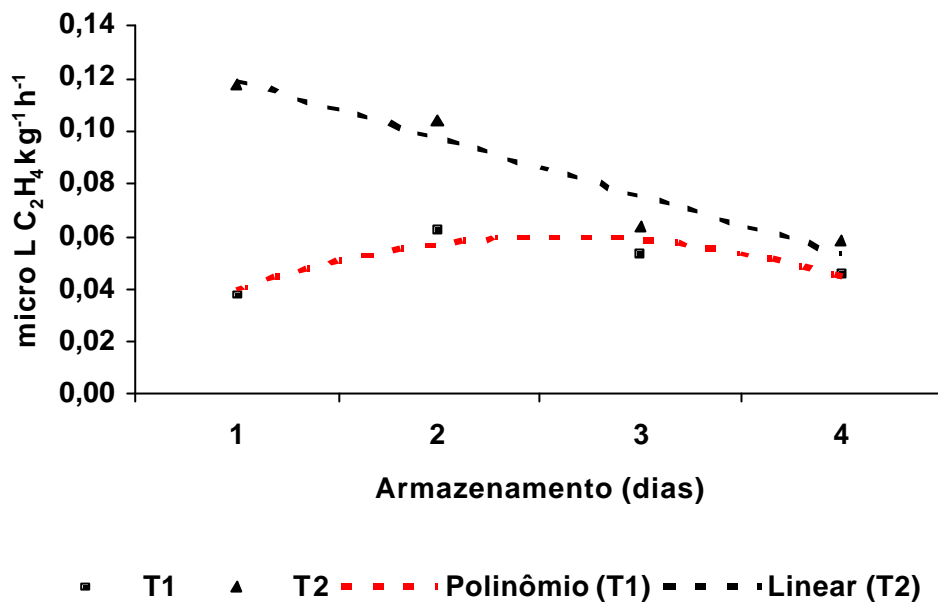
$$R^2 = 0,8334$$

$$T2 = 12,947 + 23,495 \cdot \text{Dia}$$

$$r^2 = 0,9992$$

**Figura 15** – Taxa de produção de CO<sub>2</sub> dos frutos, tratados hidrotermicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 22 °C durante 4 dias.

Em relação à produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> para os frutos do tratamento T1, armazenados a uma temperatura de 22 °C durante quatro dias, verifica-se comportamento semelhante ao da atividade respiratória, com aumento gradual, até o terceiro dia seguido de uma posterior diminuição, confirmando a ocorrência do pico climatérico, como pode ser visto na Figura 16.



$$T1 = 0,0058 + 0,0417 \cdot \text{Dia} - 0,008 \cdot \text{Dia}^2$$

$$R^2 = 0,8168$$

$$T2 = 12,95 + 23,50 \cdot \text{Dia}$$

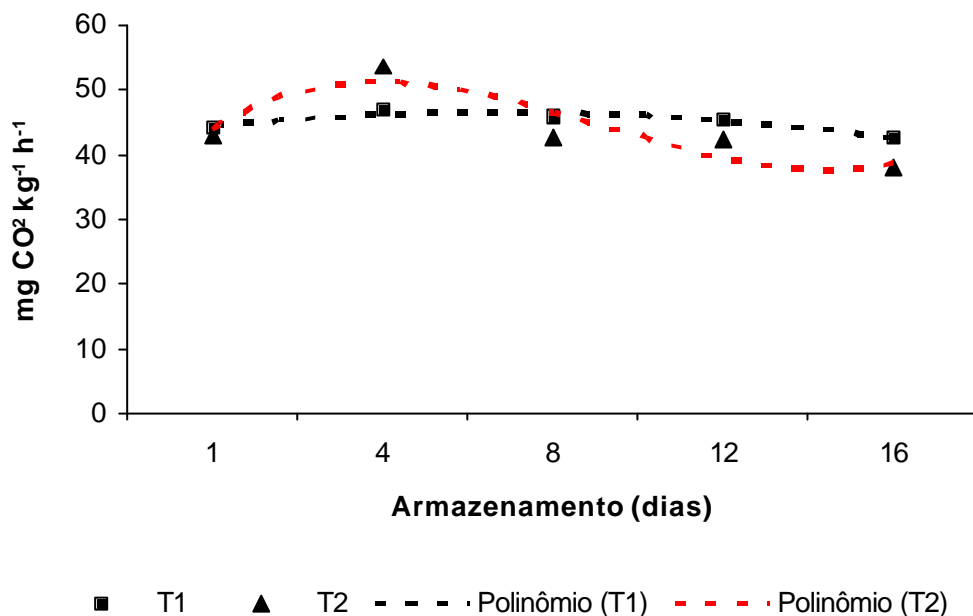
$$r^2 = 0,9992$$

**Figura 16** - Concentrações de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> dos frutos, tratados hidrotêrmicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 22 °C durante 4 dias.

Para os frutos submetidos ao tratamento T2 foi observado um declínio gradual na produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> até o fim do período de armazenamento. O declínio na produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> pode ser entendido como uma resposta ao tratamento hidrotérmico. CHAN JR. (1991), trabalhando com mamões colhidos com diferentes estádios de maturação, observou que o efeito do calor agiu sobre a inativação da enzima formadora do etileno (EFE, ou ACC oxidase) a qual é inativada em temperaturas acima de 35 °C.

Em relação ao armazenamento a uma temperatura de 8 °C, não houve diferença significativa entre tratamentos, tanto para as avaliações de produção de CO<sub>2</sub> quanto para a produção de etileno, no entanto, houve diferença significativa entre os dias de armazenamento para cada tratamento. As concentrações de CO<sub>2</sub>

e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> produzidas pelos frutos durante os dias de armazenamento a 8 ± 0,2 °C encontram-se nas Figuras 17 e 18, respectivamente.



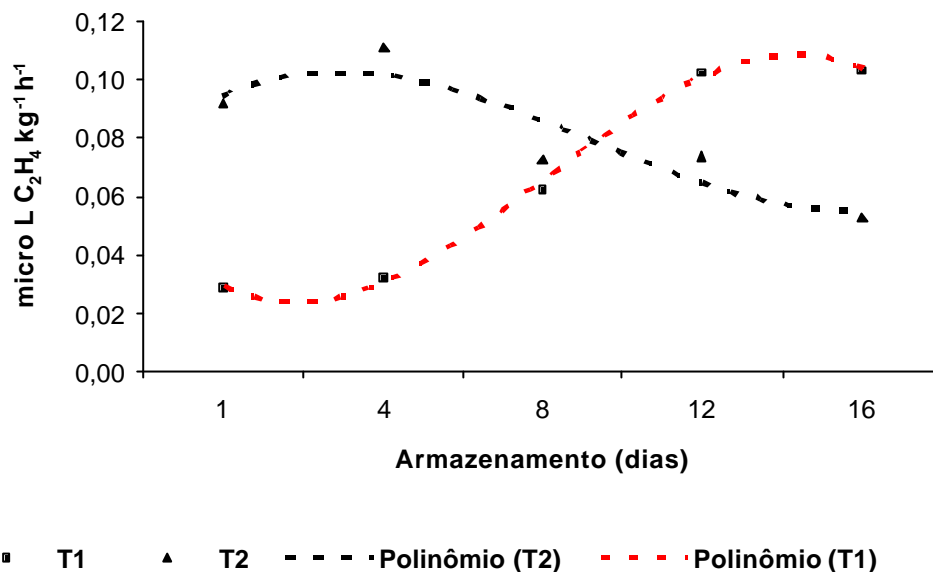
$$T1 = 41,046 + 4,0976 * \text{Dia} - 0,761 * \text{Dia}^2 \quad R^2 = 0,9380$$

$$T2 = 15,305 + 42,129 * \text{Dia} - 15,147 * \text{Dia}^2 + 1,5309 * \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,7848$$

**Figura 17** – Taxa de produção de CO<sub>2</sub> dos frutos, tratados hidrotêrmicamente a 47 °C por 6 minutos(T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 8 °C durante 16 dias.

Para os frutos armazenados a uma temperatura de 8 °C foi observado, em relação à taxa respiratória, o máximo climatérico nos frutos submetidos ao tratamento 1 no quarto dia de armazenamento, um dia após o observado nos frutos armazenados a 22 °C submetidos ao mesmo tratamento.

Para os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, não foi observado o máximo climatérico, indicando que, o tratamento hidrotérmico suprimiu a taxa respiratória dos frutos armazenados a uma temperatura de 8 °C.



$$T1 = 0,0459 + 0,0746 \cdot \text{Dia} - 0,0292 \cdot \text{Dia}^2 + 0,0029 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,8130$$

$$T2 = 0,0951 - 0,1101 \cdot \text{Dia} + 0,0499 \cdot \text{Dia}^2 - 0,0055 \cdot \text{Dia}^3 \quad R^2 = 0,9975$$

**Figura 18** - Concentrações de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> dos frutos, tratados hidrotérmicamente a 47 °C por 6 minutos (T2), e não tratados (T1), armazenados a uma temperatura de 8 °C durante 16 dias.

A produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> para o tratamento T1 teve aumento gradual e foi observado máximo climatérico no décimo segundo dia de armazenamento a 8 °C. O mesmo não ocorreu para os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, onde houve uma queda na produção de etileno, observado até o final do período de armazenamento, supondo mais uma vez que a enzima ACC oxidase foi inativada devido a temperatura utilizada no tratamento hidrotérmico ser superior a 35 °C.

## 4. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado, os resultados obtidos permitiram concluir que:

- a combinação de temperatura e tempo de imersão escolhida para o tratamento dos frutos foi  $47 \pm 2$  °C durante 6 minutos. Essa temperatura e tempo de imersão foram preferidos por não ter apresentado danos visuais nos frutos.
- o tratamento hidrotérmico a  $47 \pm 2$  °C, durante 6 minutos, não influenciou no amarelecimento dos frutos nas duas temperaturas de armazenamento avaliadas.
- o tratamento hidrotérmico a  $47 \pm 2$  °C, durante 6 minutos, não influenciou na perda de massa dos frutos nas duas temperaturas de armazenamento avaliadas.
- o tratamento hidrotérmico a  $47 \pm 2$  °C, durante 6 minutos, não influenciou na perda de firmeza durante os dias de armazenamento para as duas temperaturas avaliadas.
- em frutos tratados a  $47 \pm 2$  °C, durante 6 minutos, não se observou ascensão climatérica na produção de CO<sub>2</sub> e Etileno.

## **5. SUGESTÃO**

As investigações realizadas neste trabalho não levaram em conta experimentos com utilização de frutos infestados com ovos de moscas-das-frutas. A eficácia do tratamento térmico (temperatura de  $47 \pm 2$  °C durante seis minutos), no controle dessa praga, deve ainda ser testada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK OF STANDARDS. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI, 2000.

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato' estádios de maturação e padrão respiratório**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.

BALBINO, J.M.S. **Efeito de hidrotermia, refrigeração e ethephon na qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.)**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 104p. Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

BICALHO, U. de O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M. I. F.; COELHO, A. H. R. **Modificações Texturais em Mamões Submetidos à Aplicação Pós-colheita de Cálcio e Embalagem de PVC**. Ciênc. Agrotec., Lavras, v.24, n. 1, p.136-146. 2000.

CARVALHO, H.A. de; **Utilização da atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba 'Kumagai'**. Lavras, 1999. 155p Dissertação (Doutorado) Faculdade de ciências dos alimentos, Universidade Federal de Lavras, 1999.

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. Ripeness and Tissue Depth Effects on Heat Inactivation of Papaya Etylene-forming enzyme. **J. Food Sci.**, v.56, p.996-998, 1991.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. In: **Perdas Pós-colheita**. p.65-88. ESAL / FAEPE. Piracicaba,1990.

CHOUDHRY, M.M.; COSTA, T. S. da; ARAÚJO, J.L.P. **Goiaba: Pós-colheita**. In: Agronegócio da Goiaba. p. 9-15. EMBRAPA Informação Tecnológica. 45p. il.; (Frutas do Brasil, 19). 2001.

ESTEVES, M.T. Da S. **Características Físicas, Físico-químicas e Químicas de Frutos de Cultivares De Goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. Lavras, MG: UFLA, 1981. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Fisiologia Pós-colheita de Frutos Tropicais e Subtropicais. In: **ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado - Frutas Tropicais – Doenças e Pragas**. Viçosa-MG: UFV. p.1-22. 2002.

JACOMINO, P. A.; OJEDA, R.M. KLUGE, R.A.; FILHO, J.A.S. Conservação de Goiabas Tratadas com Emulsões de Cera de Carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP. v.25, n.3, p.401-405, dezembro 2003.

MINISTÉRIO da INTEGRAÇÃO NACIONAL; SECRETARIA de INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA; DEPARTAMENTO de DESENVOLVIMENTO HIDROAGRÍCOLA. **FRUTISÉRIES 1- GOIABA**. Brasília, setemro, 2001. 8p.

MOREIRA, S.M.C.; CHAVES, M.A.; OLIVEIRA, L.M. de. Comparação da Eficiência de Líquidos na Determinação da Massa Específica Aparente de Grãos Agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n.9, p.22-24, 1985.

OLIVEIRA, F. A. de M. B. **Comportamento Térmico e Qualidade Pós-colheita do Mamão Submetido a Radiação de Microondas e a Hidrotermia**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 51p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal: Funep, 1995. 47p.

RESENDE, J.M.; CHOUDHRY, M.M. **Goiaba: Pós-colheita**. In: Agronegócio da Goiaba. p. 21-38. EMBRAPA Informação Tecnológica. 45p. il.; (Frutas do Brasil, 19). 2001.

SOUSA, J.P. de; PRAÇA, E.F.; ALVES, R.E.; NETO, F.B.; DANTAS, F.F. Influência do Armazenamento Refrigerado em Associação com Atmosfera Modificada por Filmes Plásticos na Qualidade de Mangas 'TOMMY ATKINS'. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v.24, n.3, p.665-668. Dezembro, 2002.

TOZETTO, L. J.; RIBEIRO, W.R.C. Tratamento pós-colheita de goiaba (*Psidium guajava*, L.) contra podridão de *Guignardia psidii*. *Rev.bras.Frusic.*, Cruz das Almas, v.20, n.2, p.229-234. 1998.

(USDA-APHIS-PPQ) 1997. **Pest risk assessments: Hawaiian fruits**. U.S. De. Agric., Animal Plant Health Inspection Service, Plant Protection Quarantine, Riverdale, MD.

#### **Sites Consultados:**

CASTRO, P.R.C. Hormônios Vegetais. Disponível em: <http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp/FisioVegGrad/Hormonios.html> acesso em: 18 de outubro de 2003.

GOIABRÁS/IBGE. Disponível em: <http://www.goiabras.org.br> acesso em: 15 de novembro de 2003.

## APÊNDICE

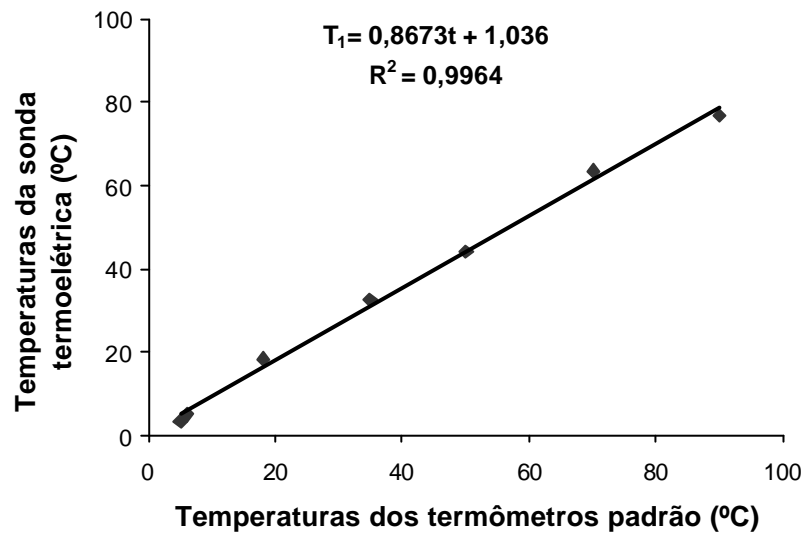
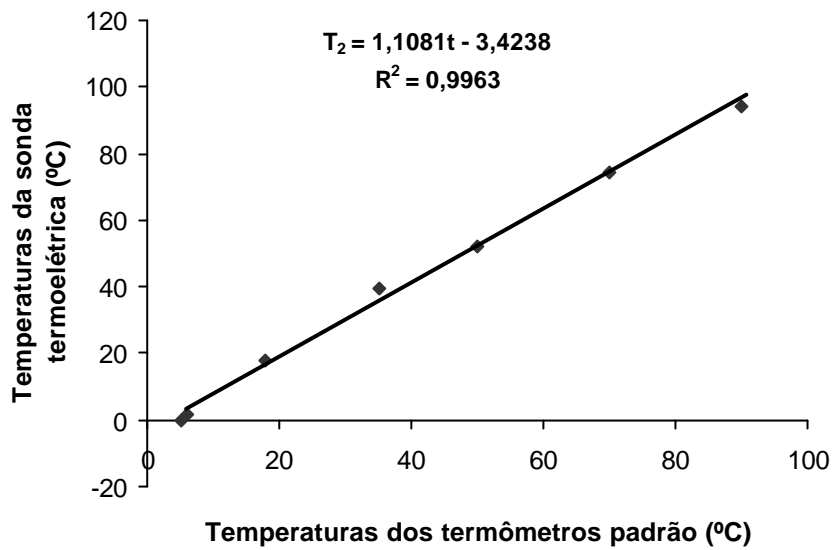
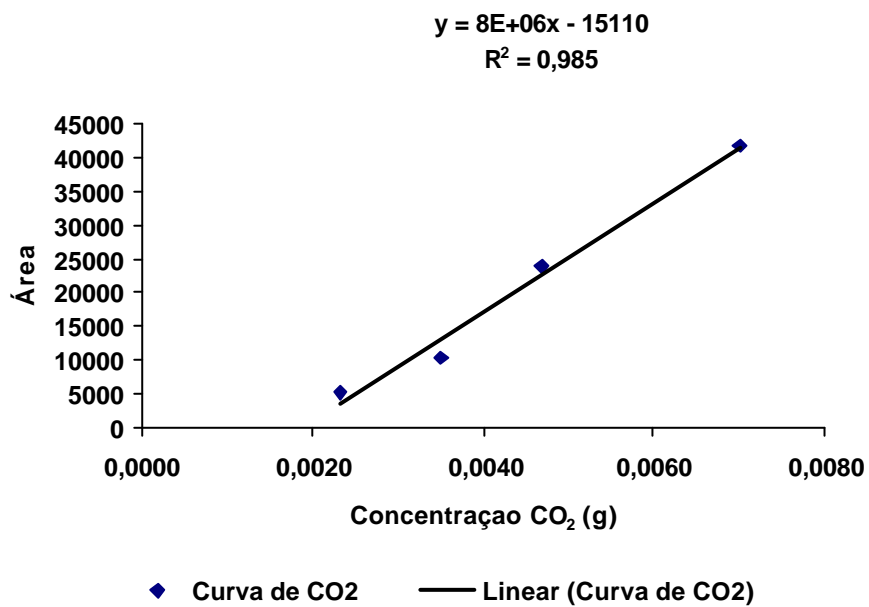


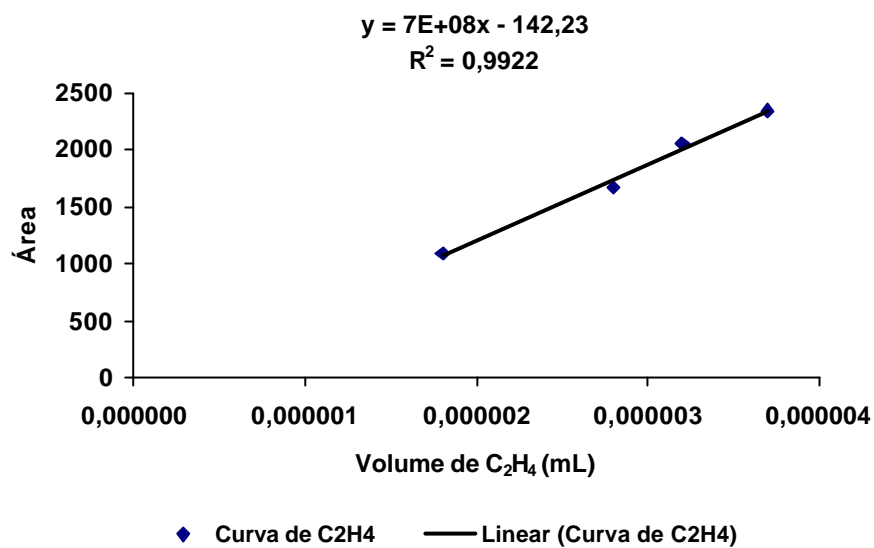
Figura 1A – Equação de calibração ajustada para a sonda termoeletrica (1) tipo “T” (hipodermica).



**Figura 2A** – Equação de calibração ajustada para a sonda termoeletrica (2) tipo “T” (hipodermica).



**Figura 3A** – Equação de calibração ajustada para a quantificação da concentração de CO<sub>2</sub>



**Figura 4A** – Equação de calibração ajustada para a quantificação da concentração de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.