

ANA ELISA OLIVEIRA DOS SANTOS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NA PÓS-COLHEITA DO MAMÃO  
TRATADO TERMICAMENTE EM SISTEMA DE FLUXO  
HIDRÁULICO CONTÍNUO**

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

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

T

S237c  
2004

Santos, Ana Elisa Oliveira dos, 1978-

Características físicas na pós-colheita do mamão tratado  
termicamente em sistema de fluxo hidráulico contínuo /  
Ana Elisa Oliveira dos Santos. – Viçosa : UFV, 2003.

51p. : il.

Orientador: Sandra Maria Couto

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa

1. Mamão - Fisiologia pós-colheita. 2. Fluxo hidráulico contínuo. 3. Mamão - Tratamento térmico. 4. Mamão - Qualidade. 5. Mamão - Equipamento e acessórios. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 634.6516

ANA ELISA OLIVEIRA DOS SANTOS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NA PÓS-COLHEITA DO MAMÃO TRATADO  
TERMICAMENTE EM SISTEMA DE FLUXO HIDRÁULICO CONTÍNUO**

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”.

APROVADA EM: 19 de fevereiro de 2004

---

Prof. Paulo Cesar Corrêa  
(Conselheiro)

---

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão  
(Conselheiro)



---

Prof. Ednilton Tavares de Andrade

---

Dr. Sérgio Maurício Lopes Donzeles

---

Prof<sup>a</sup>. Sandra Maria Couto  
(Orientadora)

Dedico,

À Deus, pela vida.

A minha família,  
especialmente aos meus pais, Paulo e Maria José.

À minha avó, Anita.

## **AGRADECIMENTOS**

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

À Universidade Federal de Viçosa em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte à pesquisa e pela bolsa de estudo.

A Empresa Gaia Importações e Exportação Ltda, pelo fornecimento dos frutos e incentivo a pesquisa.

A professora Sandra Maria Couto, pela orientação e amizade, pelas sugestões e pelo apoio às minhas iniciativas.

Aos professores Paulo Cesar Corrêa, Luiz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon pela colaboração na redação deste trabalho, pelas sugestões e pela atenção.

Ao professor Clóvis Pereira Peixoto pelos conselhos, orientação no curso de graduação e pela amizade.

Aos funcionários Galinari, Marcos, Silas, “Inhame”, “Zé Baixinho”, Edson, “Catitu” pelo apoio na realização deste trabalho.

A amiga Stella, pelas sugestões e contribuições, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas Alisson, Ivanildo, Juan, Roberta, Ester, Fabrízio e Wederson pelo apoio e incentivo.

Ao colega Júlio pela orientação no processo de construção do equipamento.

Ao meu pai Paulo Fernando dos Santos, pelo incentivo e ao meu irmão Paulo Fernando dos Santos Filho pela colaboração e pelo apoio.

Ao meu namorado Cláudio Mistura, pelo carinho, apoio e dedicação.

Aos meus familiares, amigos, professores e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ANA ELISA OLIVEIRA DOS SANTOS, filha de Paulo Fernando dos Santos e Maria José de Oliveira dos Santos, nasceu em Salvador, Bahia, no dia 09 de janeiro de 1978.

Em 1997, ingressou na Universidade Federal da Bahia (UFBA), graduando-se em Engenharia Agrônômica em março de 2002. Em março de 2002, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal (UFV) na área de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Tratamento hidrotérmico .....	4
1.2. Propriedade mecânicas .....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
2.1. Estádios de maturação .....	10
2.2. Processo de tratamento hidrotérmico .....	10
2.2.1. Aquecimento dos frutos por banho-maria .....	11
2.2.2. Aquecimento dos frutos por fluxo hidráulico contínuo .....	13
2.3. Controle de temperatura .....	15
2.4. Pré-resfriamento .....	16
2.5. Armazenamento .....	16
2.6. Parâmetros de qualidade do produto .....	17
2.6.1. Escaldadura na casca dos frutos .....	17
2.6.2. Índice de cor da casca .....	17
2.6.3. Perda de massa .....	18
2.6.4. Testes de compressão .....	19
2.7. Análise estatística dos dados .....	21



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....	22
3.1. Caracterização inicial do produto .....	22
3.2. Tratamento hidrotérmico .....	23
3.2.1. Temperatura da água nos equipamentos .....	23
3.2.2. Temperatura no interior dos frutos .....	24
3.3. Avaliação dos parâmetros físicos de qualidade .....	28
3.3.1. Escaldadura na casca dos frutos .....	28
3.3.2. Índice de cor da casca .....	29
3.3.3. Perda de massa .....	31
3.3.4. Testes de compressão .....	33
4. CONCLUSÕES .....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	40
APÊNDICE .....	45

## RESUMO

SANTOS, Ana Elisa Oliveira dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2004. **Características Físicas na Pós-Colheita do Mamão Tratado Termicamente em Sistema de Fluxo Hidráulico Contínuo**. Orientador: Sandra Maria Couto. Conselheiros: Paulo Cesar Corrêa, Luíz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon.

O mamão é uma planta herbácea, de clima tropical, originária da bacia Amazônica superior, pertencente à família *Caricaceae*. O Brasil é o maior produtor de mamão, responsável por aproximadamente 40% da produção mundial. De acordo com o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2003), o tratamento dos frutos de mamão em água quente ( $48 \pm 1^\circ\text{C}$  por 20 minutos) tem como objetivo combater as larvas de mosca-das-frutas e proteger os frutos contra as pragas e doenças mais comuns na colheita. Tendo em vista a importância do tratamento térmico na qualidade pós-colheita de frutos de mamão, este trabalho teve como objetivos: (a) projetar, construir e avaliar um equipamento para tratamento hidrotérmico em frutos de mamão, baseado em um fluxo hidráulico contínuo; (b) determinar a uniformidade de distribuição da temperatura no interior dos frutos de mamão, submetidos ao fluxo hidráulico contínuo; (c) comparar o método de tratamento hidrotérmico proposto com o método tradicional de banho-maria, submetendo-se os frutos armazenados a testes físicos (evolução da cor, índice de escaldadura, resistência da polpa a penetração e força máxima de compressão). Para tratar os frutos em banho-maria, utilizou-se um tanque isolado termicamente, onde a água foi aquecida através de uma resistência elétrica ligada a um termostato. O equipamento (fluxo

hidráulico contínuo) foi uma adaptação de um duto metálico isolado termicamente ao mesmo tanque utilizado para o banho-maria. As distribuições de temperatura interna dos frutos e dos equipamentos foram obtidas utilizando-se termopares tipo “T”, ligados a um sistema de aquisição de dados. Após os frutos serem tratados nos equipamentos, foram armazenados a  $10 \pm 0,2$  ° C por 15 dias, em seguida foram armazenados a  $22 \pm 0,2$  ° C por seis dias, período em que foram feitas as avaliações dos parâmetros físicos relacionados à qualidade. A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos na avaliação da qualidade dos frutos de mamão (variedade Golden), nas condições específicas do presente trabalho, permitiram concluir que: (1) o equipamento construído neste trabalho mostrou-se como um eficiente método alternativo para tratamento hidrotérmico em frutos de mamão. O uso do equipamento de fluxo hidráulico contínuo permitiu uma maior transferência de calor da água para o fruto de mamão proporcionando uma distribuição homogênea da temperatura no interior dos frutos; (2) os tratamentos hidrotérmicos com banho-maria e com fluxo hidráulico contínuo retardaram o processo de amarelecimento dos frutos quando comparados com os não tratados hidrotérmicamente; (3) os tratamentos hidrotérmicos retardaram a perda de firmeza da polpa dos frutos nas profundidades estudadas; (4) a diferença entre os índices de cor da casca dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, não interferiu de maneira significativa na avaliação da força máxima de compressão. Portanto esse não constituiu em um bom parâmetro para indicar o comportamento mecânico (placas planas) de um fruto quando submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos.

## ABSTRACT

SANTOS, Ana Elisa Oliveira dos, M. S., Universidade Federal de Viçosa, February of 2004. **Post-harvest Physical Characteristics of Papaya Submitted to a Thermal Treatment Using a Continuous Hydraulic Flow System.** Advisor: Sandra Maria Couto. Committe members: Paulo Cesar Corrêa, Luíz Carlos Chamhum Salomão and Paulo Roberto Cecon.

The papaya (*Caricaceae* family) is a tropical climate herbaceous plant from Amazonia. Brazil, the largest papaya producer, is responsible for approximately 40% of the world production. In agreement with the Ministry of the Agriculture, Livestock and Provisioning (2003), the main objectives of the papaya fruits treatment with hot water ( $48 \pm 1$  °C for 20 minutes) is to combat the fruit fly larvae and to protect the fruits against pests and diseases more common at the harvest process. Due to the thermal treatment importance on the post-harvest quality of papaya fruits, this work had as objectives: (a) to propose, to built and to test an equipment for hydrothermal treatments on papaya fruits (continuous hydraulic flow); (b) to determine the uniformity of temperature distribution inside the fruits submitted to continuous hydraulic flow and (c) to compare the two methods of thermal treatment (immersion bath and continuous hydraulic flow) submitting the stored fruits to physical evaluations (color, scalding index, resistance of the pulp the penetration and maximum compression forces). The fruits were treated with hot water immersion bath using an insulated thermal tank with temperature control. The continuous hydraulic flow equipment was build using a thermal insulated metallic tube adapted to the same tank used for the immersion bath. The temperature distribution (internal in the equipment and inside the fruits) were

obtained through thermocouples type " T" connected to a data acquisition system. After the hot water treatments, the fruits were stored in chambers at  $10^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  for 15 days, following a new storage at  $22^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  for six days. The physical parameters related to the fruit quality were evaluated during the last storage period of time. The data analysis and the results interpretation for the quality evaluation of the fruits of papaya (Golden variety), in the specific conditions of the present work, allowed the following conclusions: (1) the continuous hydraulic flow equipment built in this work is an efficient alternative method for papaya hot water treatment. The equipment permits a greater amount of heat to be transferred from the water to the fruit and a during the process it provide a homogeneous temperature distribution around the fruit; (2) the hydrothermal treatments (bath immersion and continuous hydraulic flow), as compared with the non treated hydrothermal, delayed the process that make the fruit peel more yellow; (3) the hydrothermal treatment delayed the firmness loss of the fruit pulp in the two depths investigated; (4) the color index of the fruit peel submitted to the different treatments was not significantly important for the maximum force compression evaluation (parallel plates). This parameter is not a good one to be related with the mechanical behavior of a fruit when submitted to different treatments hydrothermal.

## 1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma planta herbácea, de clima tropical, originária da bacia Amazônica superior, pertencente à família *Caricaceae*. Consiste em uma das principais fruteiras cultivadas, de grande importância social, econômica e nutricional, sendo utilizado para a produção de fruta fresca, extração de papaína para o emprego na indústria têxtil, farmacêutica, de alimentos e de cosmético (NASCIMENTO, 2002).

O Brasil é o maior produtor de mamão, responsável por aproximadamente 40% da produção mundial. No Brasil, os estados da Bahia, do Espírito Santo e do Pará participam com 90,9% da produção de mamão, sendo os dois primeiros os maiores produtores nacionais, responsáveis por cerca de 87,0% da produção (IBGE. SIDRA, 2000).

Os principais cultivares de mamoeiro atualmente explorados no Brasil são: Sunrise Solo, Improved Sunrise Solo cv. 72/12, Golden e Tainung nº 1.

Segundo BALBINO (1997), o rápido aumento da importância comercial do mamão nos últimos anos, possibilitou maior conhecimento das alterações que ocorrem no fruto durante o seu amadurecimento, que são em função do manejo da cultura, do tipo de colheita, dos tratamentos pós-colheita, do armazenamento e do transporte sob refrigeração.

A qualidade pós-colheita dos frutos relaciona-se com o conjunto de atributos ou propriedades que os tornam apreciados como alimento. Esses atributos, por sua vez, dependem do mercado de destino, do armazenamento e da forma de consumo (*in natura* ou processados). De acordo com ABBOTT (1999) a qualidade

de um fruto está relacionada com suas propriedades sensoriais (aparência, textura, aroma e sabor), valor nutricional, constituintes químicos, propriedades mecânicas, propriedades funcionais e defeitos.

O mamão é um fruto que completa seu amadurecimento em poucos dias sob condições ambientes, caracterizando-se como um fruto de vida pós-colheita relativamente curta. Vários fatores de pré e pós-colheita, como patógenos (organismos causadores de doenças) ou fatores abióticos (não relacionados a organismos vivos) podem se manifestar nos frutos, proporcionando perdas quantitativas e, ou qualitativas nas diferentes fases da comercialização (COSTA et al., 2002).

De acordo com CORRÊA (1992), a conservação dos frutos em câmaras frias retarda o amadurecimento, otimiza o processo de comercialização e limita o desenvolvimento de fungos causadores de podridões, assim como, alterações fisiológicas.

Os fatores de deterioração dos frutos podem ser minimizados colhendo-se o produto no estágio adequado de maturação, controlando-se a temperatura, a umidade do ar, a concentração dos gases respiratórios  $O_2$ ,  $CO_2$  e os níveis de etileno, reduzindo-se a incidência de danos mecânicos e aplicando-se tratamentos fitossanitários (ZAMBOLIM, 2002).

A cor da casca é a característica mais comum usada na seleção e na colheita de muitas frutas. É amplamente usada como parâmetro para determinar o índice de maturação e avaliar a qualidade do fruto (STUDMAN, 1999).

O ponto de ideal de colheita é alcançado quando os frutos estão formados e prontos para amadurecer. Os frutos de mamão destinados à exportação apresentam índices de amadurecimento variando entre os estágios "0" e "2". No estágio "0", o fruto apresenta-se completamente desenvolvido, porém, com casca 100% verde. Já nos estágios "1" e "2", os frutos já apresentam colorações amarelas nas cascas.

Os tratamentos pós-colheita dos frutos têm por objetivos diminuir as suas atividades metabólicas (principalmente a taxa respiratória) e controlar as doenças causadas por fungos e bactérias e as infestações por pragas.

De acordo PAULL E CHEN (1990), frutos de mamão para serem tratados com calor não devem apresentar a coloração da casca com mais de 25% da superfície amarelada, pois provoca uma maior redução na atividade da poligalacturonase (PG) do que em frutos cujo estágio de amadurecimento esteja menos avançado.

A migração acidental de organismos por meio humano ou comercial é um fenômeno não natural e indesejável por razões ecológicas ou econômicas. Para deter a introdução de patógenos e pestes, quarentenas fitossanitárias são impostas a uma ampla variedade de plantas e de seus produtos. O tratamento de quarentena de frutos e vegetais frescos envolve a eliminação ou remoção do organismo, ou a prevenção da sua reprodução.

Empregados até 1984, os tratamentos quarentenários à base de fumigantes (dibrometo de etileno, brometo de metila e fosfina) estão sendo questionados mundialmente, em virtude de suas características indesejáveis, como a fitotoxicidade e toxicidade ao homem. Com isso, novas técnicas de tratamentos físicos estão sendo pesquisadas, através da aplicação de calor, frio ou radiação ionizante (RAGA et al., 1996). Para mangas e mamões brasileiros, nos últimos anos, tem sido usado o processo de tratamento com água quente.

No tratamento térmico em frutos, praticamente, existem três meios que são usados como fonte de calor: ar, vapor e água. Os líquidos têm duas vantagens importantes: aquecidos, possuem as capacidades caloríficas mais altas que as dos gases e vapores e uma maior taxa de transferência de calor para a superfície do produto.

Pesquisas já têm mostrado que a aplicação de calor é capaz de matar numerosas pragas. O problema principal, neste caso, é a definição de temperaturas adequadas, pois, geralmente, a diferença entre as temperaturas que proporcionam um tratamento efetivo e aquelas que provocam danos fisiológicos no produto pode ser tão pequena quanto 1 a 2 °C. O período de tempo que o fruto é submetido a altas temperaturas também afeta na qualidade do produto.

Geralmente, as firmas exportadoras de frutos como mamão, aplicam o tratamento térmico por meio da imersão do produto em tanques contendo água a uma temperatura adequada.



## 1.1. Tratamento hidrotérmico

O tratamento térmico de imersão de frutas em água quente vem sendo estudado desde 1949, quando o Departamento de Fisiologia de Plantas da Universidade do Havaí, 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.

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

O tratamento dos frutos em água quente tem como objetivo combater os ovos e as larvas de mosca-das-frutas e proteger os frutos contra as pragas e doenças mais comuns na colheita (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2003; TATAGIBA e OLIVEIRA, 2000),

A oviposição da mosca-das-frutas geralmente ocorre numa profundidade entre 3 e 5 mm no interior dos frutos (WADDELL et al., 2000; COUEY e HAYES, 1986 e HAYES et al., 1984). Para MANGAN e HALLMAN (1998) as temperaturas letais usadas em tratamentos quarentenários se encontram entre 0-3 e 43-49 °C, pois temperaturas maiores que 3 °C e menores que 43 °C não são suficientes para matar os ovos e as larvas da mosca-das-frutas e as menores que 0 °C e maiores que 49 °C podem causar danos na qualidade do produto tratado com essas temperaturas. O período de tempo que o produto é submetido a altas temperaturas também afeta a qualidade do mesmo (BOLLEN e RUE, 1999).

AKAMINE e ARISUMI (1953) desenvolveram o tratamento térmico de imersão de frutos de mamão em água a 49 °C por 20 minutos. Esse tratamento apresentou-se como um procedimento de alta efetividade e bastante promissor para o controle de patógenos e mosca-das-frutas.

O tratamento hidrotérmico para frutos de mamão consiste na imersão em água quente a  $48 \pm 1$  °C por 20 minutos, seguida de outra imersão em água fria a  $8 \pm 1$  °C por igual período de tempo. Esse tratamento é regulamentado pela

quarentena do USDA, sendo comprovadamente capaz de matar ovos da mosca-das-frutas.

Segundo Alvarez e Nishijima (1987) citado por NERY-SILVA et al. (2001) o uso do tratamento com água quente (48 °C por 20 min.), para mamão tem sido utilizado também, para o controle de *Colletotrichum gloeosporioides* e, quando associado a ceras e fungicidas, como thiabendazol, apresentou uma significativa redução nas perdas pós-colheita por antracnose. Outro fator a ser considerado é a diminuição da eficácia dos produtos utilizados comercialmente, fato associado ao aparecimento de organismos que apresentam níveis elevados de resistência a fungicida, principalmente àqueles pertencentes ao grupo dos benzimidazóis (NERY-SILVA et al., 2001).

De acordo com ZAMBOLIM et al. (2002) a localização do patógeno, sobre ou dentro do hospedeiro, é um fator que pode afetar a resposta ao tratamento quarentenário empregado no produto. Para frutos de limão a imersão em água a 46-49 °C por 4 min só limita o desenvolvimento de *Phytophthora citrophthora* quando esse fungo não penetrou na camada externa da casca dos frutos.

O tratamento com água quente tem sido também utilizado para frutos de manga (Sharp, 1994, citado por JACOBI et al.,2001). Nesse caso, os frutos são imersos em água com temperatura de 43-46 °C por 65-90 min, pois, temperaturas acima de 46°C podem causar danos ao produto. A temperatura e tempo de imersão estão em função do tamanho da fruta.

SHELLIE e MANGAN (2000) estudaram a evolução das temperaturas da polpa em diferentes espécies de frutas (mamão, laranja, manga e pomelo), com diferentes tratamentos térmicos (água e ar quentes). Segundo resultados obtidos por eles, na profundidade de 16 mm os frutos de mamão apresentavam temperatura média de 41 °C, quando imersos por 20 minutos na água com temperatura de 48 °C.

Segundo BOLLEN e RUE (1999) para que um método de tratamento térmico tenha sucesso é necessário que exista uma distribuição uniforme de temperatura em torno do fruto, com essa finalidade, propuseram um sistema de aquecimento hidrodinâmico visando o desenvolvimento de um novo tratamento térmico. Nesse

estudo, o equipamento desenvolvido proporcionava fluxos de água e de ar quente uniformes incidentes em frutos de maçã.

Segundo COUEY (1984) a efetiva ação fungicida e inseticida, a facilidade de aplicação e a ausência de resíduos químicos nos frutos são vantagens consideráveis do uso de calor. Porém o uso desse tratamento pode promover efeitos negativos, como a probabilidade de ocorrência de escurecimento da epiderme nos frutos (escaldaduras).

Segundo BALBINO (1997) de um modo geral, o tratamento térmico, pode alterar a cor do fruto, a susceptibilidade a patógenos, a produção de etileno, a atividade de enzimas, entre outros parâmetros físicos e químicos relacionados com a qualidade pós-colheita dos frutos.

O aumento de perda de água, a descoloração, o aumento da suscetibilidade à contaminação por microrganismos e a diminuição da vida de prateleira ou armazenamento são as principais injúrias causadas pelo tratamento com o uso do calor (FINGER e VIEIRA, 2002).

Para SCHEER (1994) os frutos, após sofrerem tratamentos com calor, devem ser pré-resfriados para reduzir a temperatura do produto e logo em seguida, devem ser refrigerados em ambientes com alta umidade relativa e baixa temperatura. Para o autor, a refrigeração tem como objetivo diminuir a diferença de pressão de vapor existente entre o ar nos espaços intercelulares do fruto e o ambiente de armazenamento.

## **1.2. Propriedades mecânicas**

Os materiais biológicos apresentam um comportamento mecânico e reagem de maneira característica quando sob ação de forças. Essas propriedades são denominadas “propriedades reológicas” que tem aplicações em projetos de máquinas e equipamentos.

O conhecimento das propriedades mecânicas, de resistência física de frutos e das forças aplicadas ao produto são essenciais na otimização dos processos relacionados a sua resistência mecânica, manuseio, armazenamento e transporte. As propriedades mecânicas de um produto são excelentes indicadores da

maturidade, do grau de amadurecimento e podem ser usados para prever a vida de prateleira e composição dos tecidos do fruto.

A injúria por compressão ocorre, em geral, devido à imposição de uma pressão variável contra a superfície externa do fruto, quer seja por uma fruta adjacente ou pela própria parede da embalagem em que se acondiciona o produto (MORETTI, 2002).

O experimento mais simples para investigar o comportamento mecânico de um material e determinar a sua resistência a cargas externas é o teste de compressão. Nos testes de compressão com placas planas e paralelas, uma força, gradualmente crescente, é aplicada no material e os resultados de força-deformação, durante a compressão, são registrados. A aplicação da força se faz a uma velocidade fixa, visto que o material sob teste é viscoelástico (COUTO et al., 2001). Outro teste de compressão realizado é o de firmeza da polpa em frutas e legumes. Esse teste representa como o produto pode ser deformado sob uma pressão aplicada a uma área limitada após remoção superficial da casca. O dispositivo mais comum para avaliar a firmeza de um produto é o penetrômetro.

A perda de firmeza está associada com o aumento das atividades das enzimas poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME) e  $\beta$ -galactosidase; como todas as enzimas, suas atividades são diretamente alteradas com temperaturas elevadas. Para que ocorram mudanças consideráveis na perda de firmeza gradual da polpa do mamão, como ocorre durante o amadurecimento em condições ambientes, é necessário que haja alterações na atuação destas enzimas nos tecidos do fruto (OLIVEIRA, 1999).

Para CHAN JR. et al. (1981) tratamentos hidrotermicos de 46 °C por 65 e 90 minutos proporcionam uma redução no amolecimento do mamão, ocasionando o desenvolvimento de um tecido endurecido, de 1,0 a 1,5 cm de espessura próxima à sua cavidade central.

Segundo BICALHO et al. (2000), o processo de amolecimento é parte integrante de amadurecimento de quase todos os frutos e tem grande importância comercial devido ao fato de a vida pós-colheita do fruto ser limitada, em grande parte, pelo aumento do amolecimento, que o torna mais susceptível a injúrias mecânicas e a doenças durante o manuseio pós-colheita.

Tendo em vista a importância do tratamento térmico na qualidade pós-colheita de frutos de mamão, este trabalho teve como objetivos: (a) projetar, construir e avaliar um equipamento para tratamento hidrotérmico em frutos de mamão, baseado em um fluxo hidráulico contínuo; (b) determinar a uniformidade de distribuição da temperatura no interior dos frutos de mamão, submetidos ao fluxo hidráulico contínuo; (c) comparar o método de tratamento hidrotérmico proposto com o método tradicional de banho-maria, submetendo-se os frutos armazenados a testes físicos (evolução da cor, índice de escaldadura, resistência da polpa a penetração e força máxima de compressão).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

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

Foram utilizados mamões (*Carica papaya* L.) da variedade Golden, produzidos e doados pela Gaia Importação e Exportação Ltda, em Linhares, norte do Espírito Santo para a realização dos experimentos. Nesta região, a temperatura média anual varia entre 24 a 26 °C no verão e 21 a 22 °C no inverno. No período de chuvas, outubro a abril, chove de 1100 mm a 1300 mm.

No experimento foram utilizados mamões oriundos de plantas hermafroditas. Ainda na empresa, os frutos passaram por tratamentos de pré-limpeza, limpeza com água clorada e classificação por peso, não sendo submetidos a qualquer tipo de tratamento térmico. Logo em seguida, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão cada um revestido em papel-de-seda, nos padrões de exportação tipo 10 e tipo 12 (cada caixa contendo 10 e 12 frutos respectivamente).

Na UFV, os frutos sofreram uma rigorosa seleção para promover o estabelecimento de lotes uniformes, eliminando frutos que apresentavam qualquer dano causado durante o período do transporte.

Com a finalidade de caracterizar o material em estudo, foram selecionados cinco frutos e feitas diversas medidas tais como:

- a. dimensões
  - a.1. longitudinal
  - a.2. diâmetro máximo
- b. massa

- c. volume
- d. densidade real
- e. firmeza da polpa
- f. força máxima de compressão com placas planas

Para as determinações das dimensões, utilizou-se um paquímetro digital DIGIMESS com precisão de 0,01 mm e para o 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 como líquido complementar a água destilada (MOREIRA, 1985).

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

A firmeza da polpa da fruta foi determinada com a utilização de uma ponteira de 8 mm adaptada a um equipamento de ensaios EMIC. Para a determinação da força máxima de compressão utilizou-se o mesmo equipamento adaptando-se placas planas e paralelas.

## **2.1. Estádios de Maturação**

O estágio de maturação inicial dos frutos investigados neste trabalho, variou segundo as classificações “1” a “2” nas quais, a casca dos frutos começa a mostrar os primeiros sinais amarelos não cobrindo mais de 25% da superfície da casca, com o restante da casca apresentando a coloração verde claro.

## **2.2. Processo de tratamento hidrotérmico**

No presente trabalho os frutos foram submetidos a dois processos hidrotérmicos. No primeiro, os frutos foram imersos em banho-maria e no segundo em um equipamento similar ao desenvolvido por BOLLEN e RUE (1999), que foi denominado no texto de fluxo hidráulico contínuo.

### **2.2.1. Aquecimento dos frutos por banho-maria**

O recipiente utilizado para efetuar o processo de banho-maria nos frutos constituiu-se de um cilindro, com capacidade para 65 L de solução de cloro, cujas faces laterais externas encontravam-se isoladas por lã de vidro. O aquecimento do sistema cilindro-água foi efetuado por uma resistência de múltiplo passe com sete voltas (1000 W) controlada por um termostato previamente calibrado tipo "T".

Após o equilíbrio térmico do sistema, uma cesta metálica contendo quatro frutos (Figura 1c) foi introduzida no banho-maria e esperou-se um tempo de imersão de 20 minutos, esse processo foi repetido várias vezes até que todos os frutos fossem tratados termicamente.

No esquema montado, houve necessidade de um sistema de agitação para reduzir o gradiente de temperatura existente no interior da água. Assim, adaptou-se uma bomba elétrica (Figura 1a), conectadas por tubos CPVC de 0,5 polegada nas partes laterais inferior e superior do cilindro. Este procedimento reduziu consideravelmente o gradiente de temperatura no banho-maria.



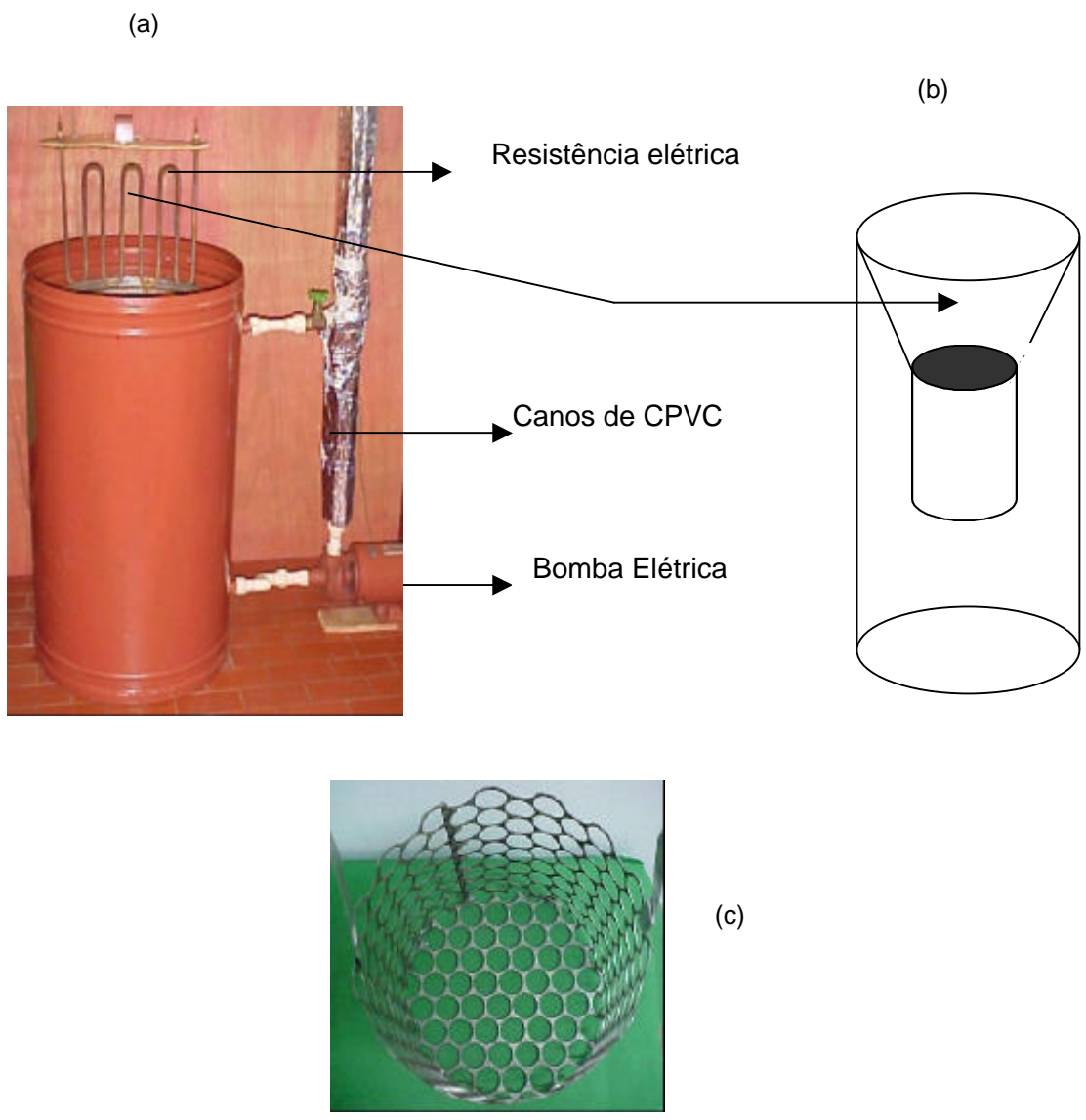


Figura 1 – (a) tanque utilizado para o banho-maria, (b) detalhe interno do posicionamento da cesta dentro do tanque e (c) cesta utilizada para posicionar os frutos no tanque durante o tratamento em banho-maria.

### **2.2.2. Aquecimento dos frutos pelo fluxo hidráulico contínuo**

Uma outra parte dos frutos foi tratado no equipamento projetado e construído neste trabalho.

Na Figura 2 estão identificados, através das numerações de 1 a 8, as partes constituintes do equipamento de fluxo hidráulico contínuo. Para o tratamento dos frutos usando o fluxo hidráulico contínuo foi acoplado ao equipamento de banho-maria, um cilindro de alumínio (2) à parte superior do tanque (1). Na extremidade do cano de CPVC (3) foi adaptado um chuveiro (4) para permitir uma homogeneização do escoamento da água sobre os frutos. Para que a água que escoava não causasse danos mecânicos no fruto devido ao impacto sua vazão foi controlada através de um registro (5) adaptado a uma das extremidades do cano. A vazão do fluxo de água foi, em media, de  $0,62 \text{ L s}^{-1}$ . O fluxo de água era conduzido por canos de CPVC acionado por uma bomba elétrica (6). Dentro do tubo de alumínio posicionou-se uma cesta de alumínio (7) perfurada contendo quatro frutos. Para o aquecimento da água utilizou-se a mesma resistência do equipamento de banho-maria, localizada na parte superior e interna do tanque (8).

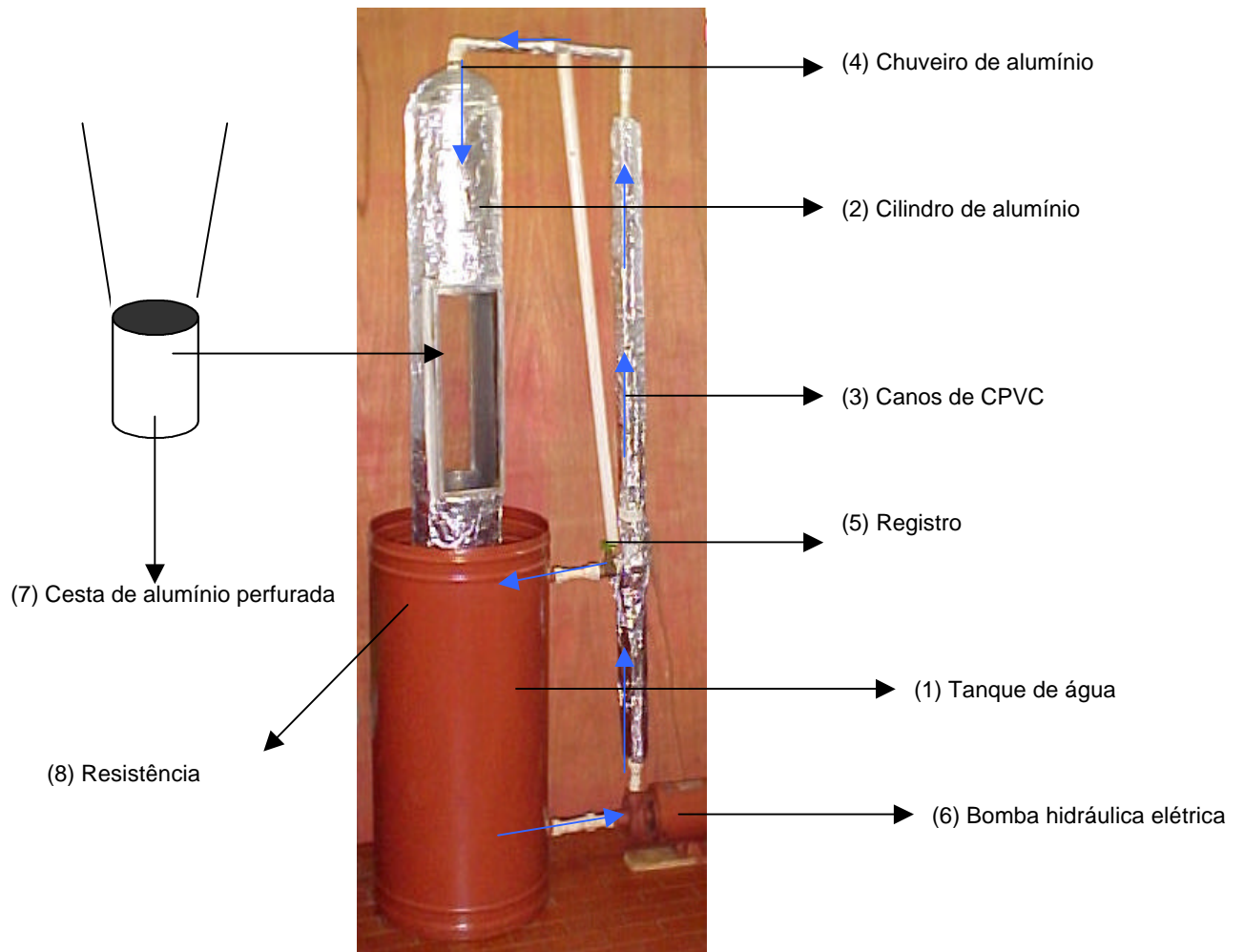


Figura 2- Foto do equipamento fluxo hidráulico contínuo

### 2.3. Controle de temperatura

Para o monitoramento das temperaturas ambientes, da água do banho-maria, do fluxo hidráulico contínuo e do interior dos frutos, foram utilizadas sondas termoelétricas tipo “T” (hipodérmicas) previamente calibrados e ligados a um sistema de aquisição de dados MINMAX S210RA. O sistema de aquisição de dados estava acoplado a um microcomputador, onde as temperaturas eram registradas e armazenadas em intervalos de tempo regulares de 1 minuto.

A calibração das sondas termoelétricas foi feita com a utilização de termômetros padrões, cujas temperaturas variaram entre 0 e 100 °C. Para cada sensor foram comparadas cinco temperaturas, cujos valores foram submetidos à análise de regressões lineares para se obter as equações de calibração dos sensores (APÊNDICE).

Para estabilizar a temperatura da água nos dois equipamentos (banho-maria e fluxo hidráulico contínuo), instalou-se sensores termoelétricos em várias posições próximos a cesta onde os frutos ficariam posicionados durante os testes.

Para medir as temperaturas no interior dos frutos avaliados, foram registradas as temperaturas em diferentes profundidades (10, 20 e 35 mm) em seis frutos de mamão, com a utilização de sondas termoelétricas tipo “T” (hipodérmicas). As profundidades de 10, 20 e 35 mm representam o centro da polpa do fruto, região próxima à cavidade central e cavidade central do fruto de mamão, respectivamente. Para investigar a uniformidade de distribuição de calor no interior do fruto durante o tratamento com fluxo hidráulico contínuo, sondas termoelétricas tipo “T” (hipodérmicas) foram colocadas em diferentes profundidades (10 e 20 mm) e, também, em posições opostas (Figura 3).

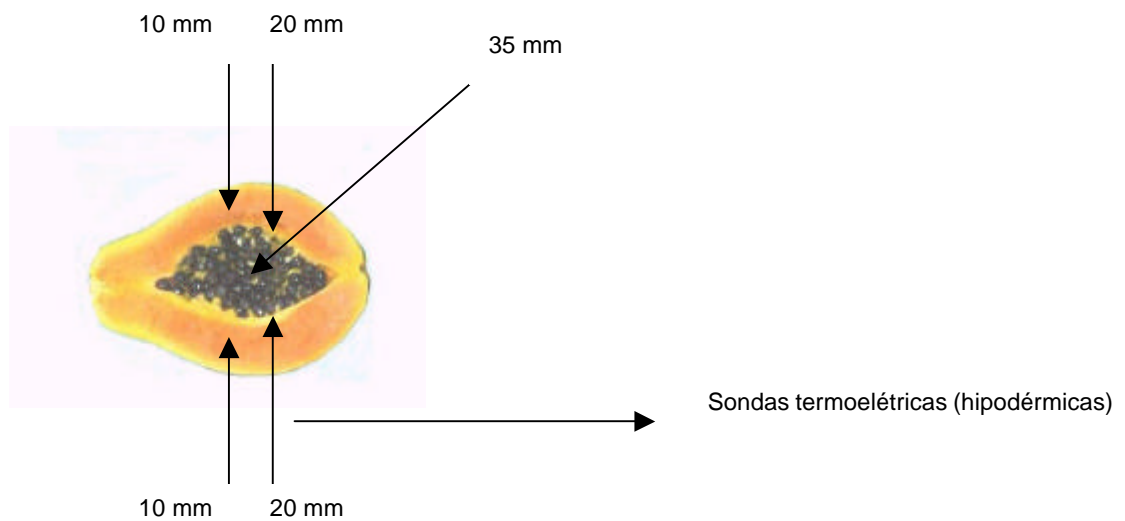


Figura 3 - Posicionamentos e profundidades das sondas termoeletricas tipo "T" (hipodermicas) no interior dos frutos de mamão.

#### 2.4. Pré-resfriamento

Com o objetivo de reduzir a temperatura dos frutos para que estes atinjam uma temperatura próxima à do ambiente em que serão armazenados, os frutos foram pré-resfriados logo após os dois tipos de tratamento hidrotérmicos.

Para o pré-resfriamento utilizou-se água à  $10 \pm 1$  °C por 20 min contendo solução de fungicida da Sportak 450 C.E. a  $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ .

#### 2.5. Armazenamento

Os frutos, após serem pré-resfriados, foram armazenados em câmara fria à temperatura em torno de  $10 \pm 0,2$  °C por quinze dias, simulando o período de permanência do produto no navio com destino ao mercado externo. A seguir foram mantidos a  $22 \pm 0,2$  °C por seis dias para simular o período de exposição em mercado varejista. Durante o período de tempo que os frutos permaneceram em câmaras a  $10 \pm 0,2$  °C (15 dias) e a  $22 \pm 0,2$  °C (6 dias) a umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em torno de 87 % com o auxílio de bandejas

plásticas com água e papel picado. A umidade relativa das câmaras foi medida com um higrômetro.

As avaliações foram feitas durante seis dias visando comparar a qualidade dos frutos tratados hidrotêrmicamente àqueles não tratados.

## **2.6. Parâmetros de Qualidade do Produto**

Durante o período de armazenamento do produto na câmara a  $22 \pm 0,2$  °C, foram avaliados diariamente: escaldadura na casca, índice de cor da casca, perda de massa do fruto e parâmetros relacionados com a resistência mecânica compressiva dos frutos.

### **2.6.1. Escaldadura na casca dos frutos**

A presença ou não de escaldadura na casca dos frutos de mamão foi determinada pelo aspecto visual apresentado pelos frutos, durante a fase de amadurecimento nas condições de armazenamento a  $22 \pm 0,2$  °C.

### **2.6.2. Índice de cor da casca**

Os índices de cor da casca dos frutos foram determinados seguindo a escala visual cedida pela empresa Gaia (Figura 4). Os estádios de maturação dos frutos na escala visual da empresa variaram de “1” a “5” de acordo com as características visuais dos frutos com relação a cor amarela, caracterizando o processo de amadurecimento. Baseada nessa escala foram adaptadas mais duas intensidade de cor da casca do mamão, denominada de índice de cor da casca “6” e “7”, proposto por BALBINO (1997). No índice de cor “6”, os frutos apresentavam de 70 a 85 % da área da superfície da casca com coloração amarela, já o índice de cor “7”, essa área era de 85 a 100 %.

As avaliações dos parâmetros físicos foram realizadas até que os frutos, que não sofreram tratamento térmico, atingissem o estágio de maturação “7”, para serem comparados com os demais tratamentos.

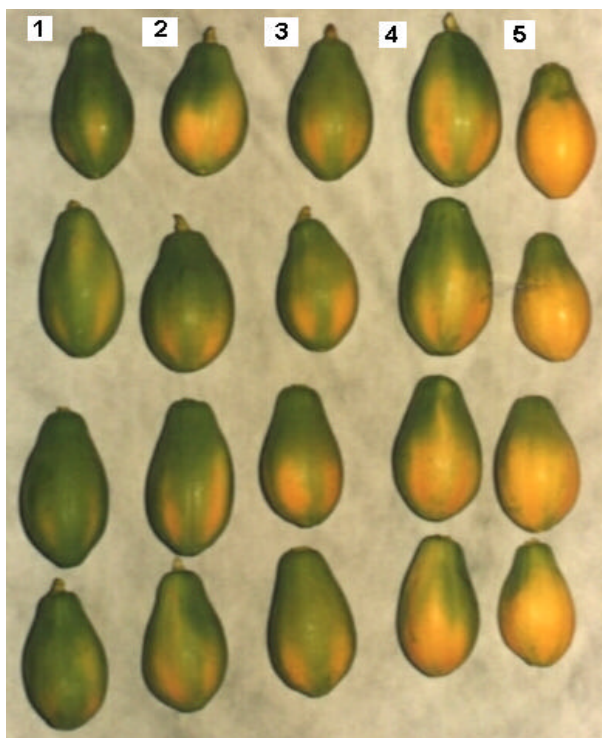


Figura 4- Escala visual determinada pela empresa Gaia Importação e Exportação Ltda.

### 2.6.3. Perda de massa

Os frutos foram pesados a cada dia durante os períodos de armazenamento e as leituras foram feitas utilizando-se balança eletrônica.

Durante o período de armazenamento em câmaras a  $10 \pm 0,2$  °C, os frutos foram pesados durante 15 dias simulando o período de viagem do fruto via marítima, com destino a exportação para a Europa, pelo porto do Pará, segundo informações da empresa Gaia. Durante o período de armazenamento em câmaras a  $22 \pm 0,2$  °C, os frutos foram pesados durante 6 dias, equivalente ao tempo máximo que os frutos não tratados termicamente levaram para atingir o completo amarelecimento da casca.

#### 2.6.4. Testes de compressão

##### ***a) Compressão com ponteira (firmeza da polpa)***

A firmeza da polpa de cada um dos frutos foi determinada por meio da força necessária para introdução de uma ponteira nas profundidades de 5 e 10 mm. A ponteira padrão com 8 mm de diâmetro (ASAE, 2000) foi adaptada a um equipamento de ensaios EMIC (Figura 5). Para a determinação dessa força, o fruto foi colocado na posição de repouso, o comprimento base foi determinado utilizando paquímetro digital e após, a remoção superficial da casca do fruto, realizou-se o ensaio. Os dados de entrada no programa do equipamento EMIC para a realização dos ensaios foram:

- velocidade de penetração: 10 mm min<sup>-1</sup>
- velocidade de retorno: 100 mm min<sup>-1</sup>
- célula de carga: 20 N
- profundidades de penetração: 5 e 10 mm

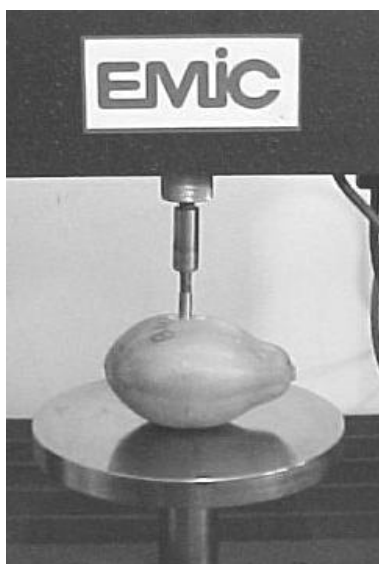


Figura 5 – Ensaio de penetração realizado nos frutos.



### ***b) Compressão com placas planas e paralelas***

Os frutos armazenados em diferentes épocas foram submetidos a forças de compressão entre duas placas paralelas, processo realizado por uma máquina de ensaios universal (EMIC). Cada um dos frutos (posição mais estável), posicionado entre as placas planas da máquina (Figura 6), foi submetido a uma compressão a uma velocidade constante. Os dados de entrada no programa do equipamento EMIC para a realização dos ensaios foram:

- velocidade de compressão:  $10 \text{ mm min}^{-1}$
- velocidade de retorno:  $100 \text{ mm min}^{-1}$
- célula de carga: 20 N
- deformação: 10 mm



Figura 6 - Placas planas e paralelas da máquina EMIC utilizadas para realização dos ensaios de compressão.

Diretamente das curvas de força *versus* deformação, provenientes dos ensaios de compressão foi obtido a força máxima de compressão (N), nos frutos submetidos aos diferentes tratamentos.

## 2.7. Análise estatística dos dados

Para os experimentos de tratamento hidrotérmico sobre os frutos de mamão foi adotado o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos térmicos (testemunha, banho-maria e fluxo hidráulico contínuo) e na sub-parcela o período de avaliação em dias no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo (tratamentos térmicos) as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey adotando o 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” adotando-se o nível de 5 % de probabilidade (representado nas equações, em todo o texto, pelo símbolo \*\*), no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização inicial do produto vegetal

Os valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão, obtidos, inicialmente, para a caracterização dos frutos utilizados nos experimentos (dimensão longitudinal, diâmetro, massa, volume, densidade real, firmeza da polpa, força de compressão) estão apresentados na Tabela 1. Os frutos utilizados para a caracterização encontravam-se nos estádios de maturação variando entre “1” e “2”.

Tabela 1 - Valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão das características físicas de mamão ‘Golden’ com coloração da casca variando entre índices “1” e “2”.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor médio</b>	<b>Desvio padrão</b>
Comprimento (mm)	197,00	226,30	205,15	13,98
Diâmetro (mm)	130,00	144,00	138,60	5,95
Massa (g)	316,58	365,24	344,78	23,57
Volume (mL)	354,00	410,00	396,00	28,56
Densidade real (g mL <sup>-1</sup> )	0,84	0,89	0,87	0,02
Firmeza da polpa a 5 mm de profundidade (N)	110,10	111,30	110,36	10,32
Firmeza da polpa a 10 mm de profundidade (N)	86,30	111,30	100,98	12,06
Força de compressão (N)	110,20	111,00	110,42	0,33

## 3.2. Tratamento hidrotérmico

### 3.2.1. Temperatura da água nos equipamentos

Para minimizar os gradientes de temperatura na água dos equipamentos foram realizadas agitações. No equipamento de banho-maria, a cada vinte minutos de aquecimento, a massa de água era agitada 1 minuto. No caso do fluxo hidráulico contínuo o próprio escoamento da água provocava agitações constantes.

Após as temperaturas da água dos equipamentos de banho-maria e de fluxo hidráulico contínuo atingirem as temperaturas de  $48 \pm 1^\circ\text{C}$ , a estabilidade térmica do sistema foi investigada durante 20 minutos, registrando-se as variações das temperaturas em diferentes pontos para cada equipamento (Figura 7).

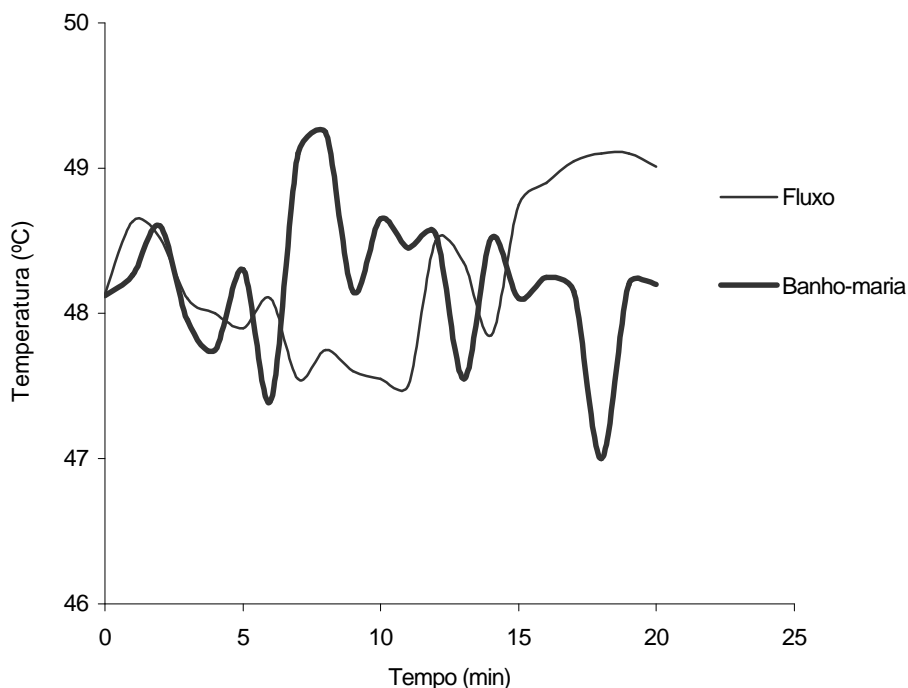


Figura 7 - Variações das temperaturas registradas nos equipamentos de banho-maria e do fluxo hidráulicas contínuo após estabilização do sistema de aquecimento.

Depois de estabilizadas as temperaturas da água dos equipamentos, as médias das temperaturas registradas nos equipamentos de banho-maria e fluxo hidráulico contínuo durante 20 minutos foram  $48,21 \pm 0,52$  °C e  $48,28 \pm 0,56$  °C, respectivamente.

Os tempos necessários para que as temperaturas da água do tanque nos dois tratamentos atingissem as temperaturas desejadas foram de aproximadamente 2 horas para o banho-maria e de 1 hora e 20 minutos para o fluxo hidráulico contínuo.

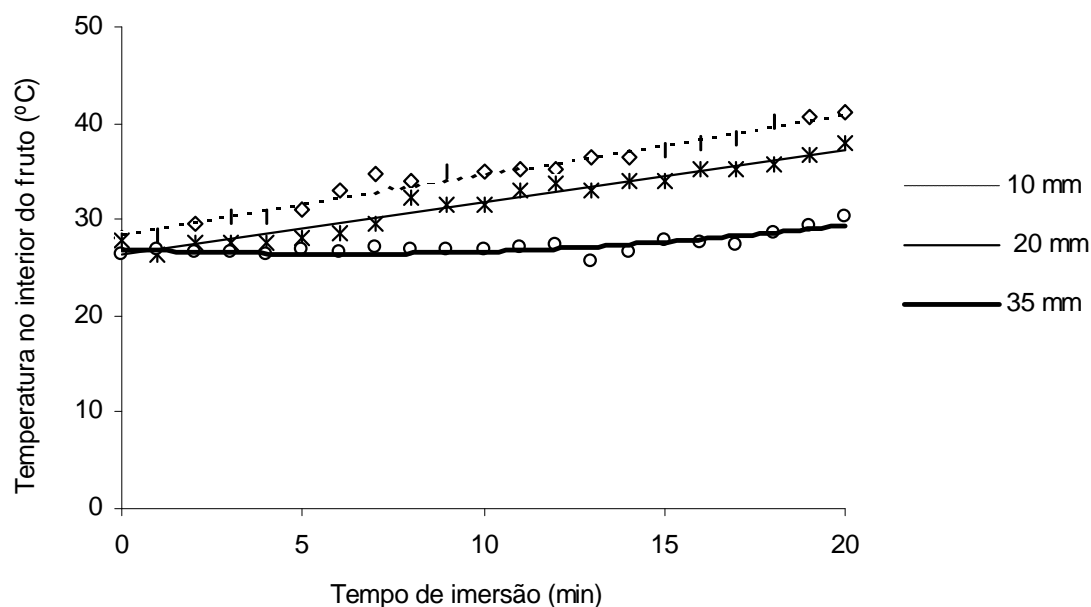
### **3.2.2. Temperatura no interior dos frutos**

Inicialmente os frutos se encontravam em condições de laboratório (temperatura ambiente de 28 °C e umidade relativa do ar de 75%, aproximadamente), revestidos por papel-de-seda e apresentavam temperaturas internas variando entre 26 a 29 °C.

#### **(a) Banho-maria**

Após 20 minutos de imersão dos frutos em água quente ( $48,21 \pm 0,52$  °C) no banho-maria, os valores médios de temperatura na polpa nas profundidades de 10, 20 e 35 mm foram 41, 38 e 30 °C respectivamente. Observa-se na Figura 8, equações que expressam o comportamento dos valores da temperatura dos frutos nas diferentes profundidades, obtidos por análise de regressão.

Verificou-se que o aquecimento da polpa do fruto tratado pelo equipamento de banho-maria representa um gradiente de temperatura decrescente do centro da polpa para a cavidade central. O mesmo comportamento térmico foi observado por OLIVEIRA (1999) em estudo com frutos de mamão da cv. Sunrise Solo Improved Line 71/12, tratados em água quente a  $49 \pm 1,0$  °C por 20 minutos.



$$T_{10\text{ mm}} = 28,48 + 0,620^{**} t \quad r^2 = 0,927 \quad \text{Eq. (1)}$$

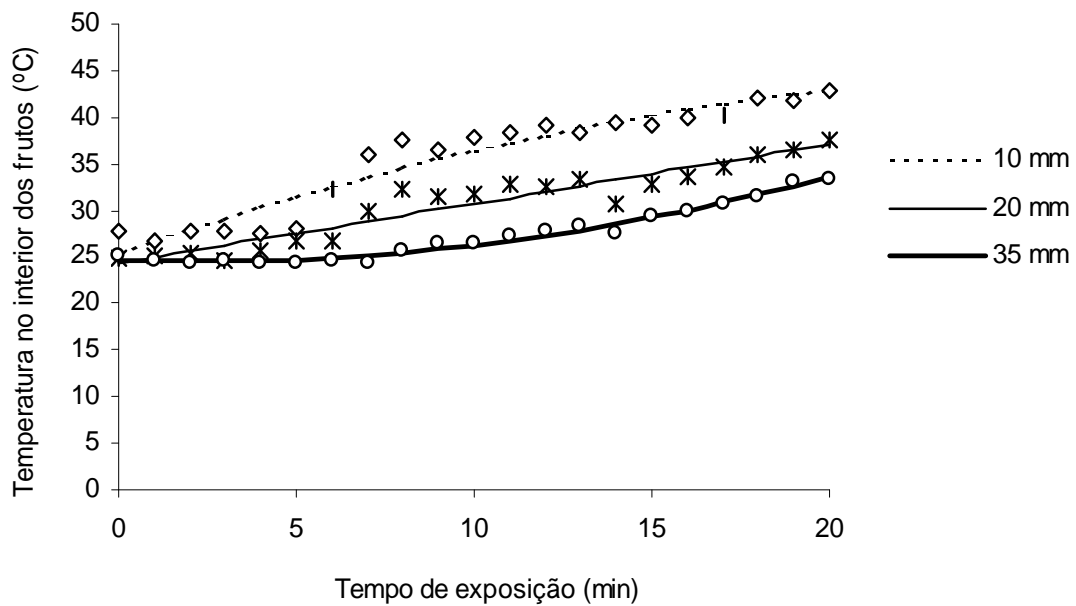
$$T_{20\text{ mm}} = 26,24 + 0,552^{**} t \quad r^2 = 0,885 \quad \text{Eq. (2)}$$

$$T_{35\text{ mm}} = 26,95 - 0,18^{**} t + 0,015^{**} t^2 \quad R^2 = 0,728 \quad \text{Eq. (3)}$$

Figura 8 - Variação da temperatura, em diferentes profundidades da polpa de mamões imersos em água com temperatura de  $48,21 \pm 0,52$  °C por 20 minutos, no equipamento de banho-maria.

### (b) Fluxo Hidráulico contínuo

Após 20 minutos os frutos submetidos ao tratamento com água quente no fluxo hidráulico contínuo, apresentaram uma média de temperaturas de 43, 38 e 33 °C nas mesmas profundidades dos frutos tratados no banho-maria. As variações das temperaturas internas dos frutos (10, 20 e 35 mm) submetidos ao fluxo hidráulico contínuo estão apresentadas na Figura 9. Nesta figura encontram-se também as equações que descrevem o comportamento da temperatura em função do tempo em diferentes profundidades do fruto.



$$T_{10\text{ mm}} = 25,30 + 1,36^{**}t - 0,024^{**}t^2$$

$$R^2 = 0,889$$

Eq. (4)

$$T_{20\text{ mm}} = 24,30 + 0,640^{**}t$$

$$r^2 = 0,886$$

Eq. (5)

$$T_{35\text{ mm}} = 24,57 - 0,11^{**}t + 0,028^{**}t^2$$

$$R^2 = 0,906$$

Eq. (6)

Figura 9 - Variação da temperatura, em diferentes profundidades da polpa de mamões expostos a água com temperatura de  $48,28 \pm 0,56$  °C por 20 minutos no equipamento de fluxo hidráulico contínuo.

A homogeneização das temperaturas durante o escoamento da água ao redor dos frutos foi considerada um fator importante para um bom desempenho do equipamento de fluxo hidráulico contínuo. Observa-se que as temperaturas no interior do fruto em posições e profundidades opostas foram similares, mostrando uniformidade da temperatura em torno do fruto (Figura 10).

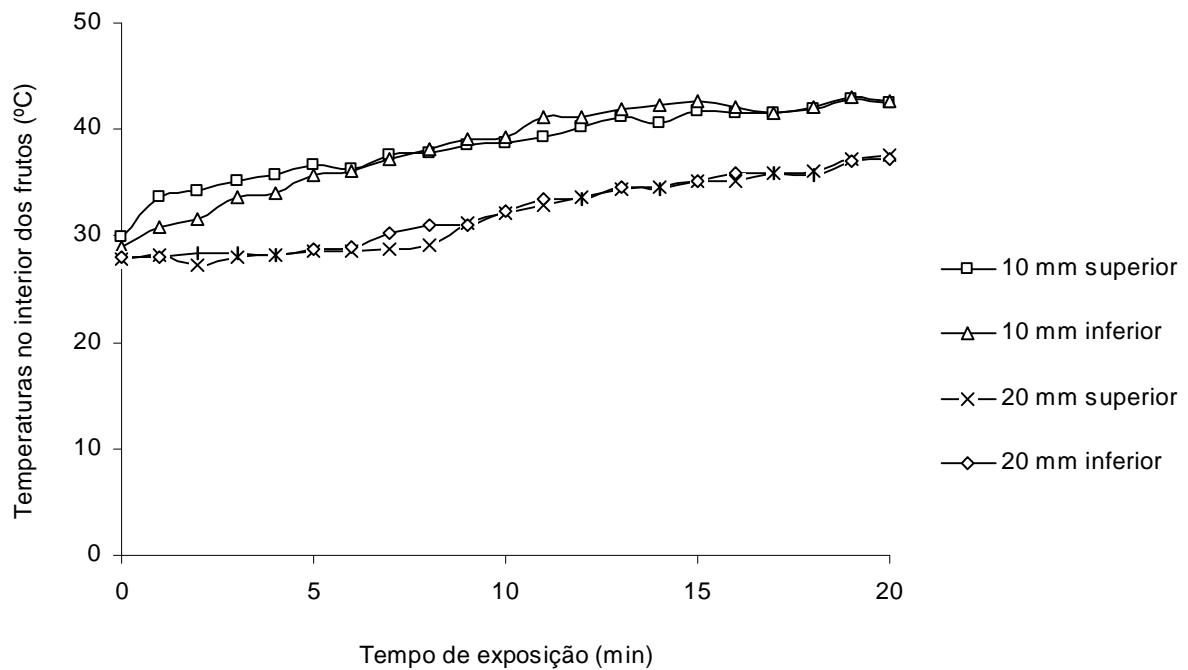


Figura 10 - Variação temperatura durante o processo de escoamento da água na superfície do fruto em diferentes posições e profundidades.

Com as temperaturas registradas foi possível, também, verificar que o isolamento térmico do equipamento foi suficiente para que o ambiente no interior do tubo de alumínio permanecesse saturado com o calor liberado pela água, proporcionando uma distribuição uniforme em torno de toda a superfície dos frutos.

### **Comparação da eficiência térmica dos equipamentos**

Os aquecimentos da polpa em frutos tratados por hidrotermia, tanto no banho-maria quanto no fluxo hidráulico contínuo apresentaram um gradiente de temperatura decrescente da casca para a cavidade central, sendo os níveis mais elevados na profundidade de 10 mm, região localizada no centro da polpa do fruto.



Para comparar a eficiência térmica dos equipamentos utilizou-se as equações de regressão determinadas para a profundidade de 10 mm, nos frutos tratados nos dois equipamentos. Essa profundidade foi escolhida, pelo motivo de ser a mais próxima da casca em comparação com as demais profundidades estudadas.

Utilizando-se das equações (1) e (4) foram calculadas as temperaturas a 10 mm de profundidade da polpa com a variação do tempo de imersão (banho-maria) e exposição (fluxo hidráulico contínuo). Com bases nessas equações, pode-se observar que ao final dos 20 minutos, os frutos tratados no banho-maria apresentavam temperaturas em torno de 41 °C, já para os frutos tratados no fluxo hidráulico contínuo a temperatura era de 43 °C, demonstrando que os frutos tratados em sistema de fluxo aquecem mais rápido que no método de banho-maria. Utilizando-se as mesmas equações observou-se que o tempo necessário para que os frutos tratados no fluxo hidráulico contínuo atingisse a temperatura dos frutos tratados no banho-maria (41°C), na profundidade de 10 mm, seria de 16 minutos e não de 20 minutos, havendo assim uma economia de tempo de tratamento.

### **3.3. Avaliação dos parâmetros físicos de qualidade**

#### **3.3.1. Escaldadura na casca dos frutos**

A aplicação dos tratamentos hidrotérmicos nos frutos usando os equipamentos em banho-maria e no fluxo hidráulico contínuo com as temperaturas médias de  $48,21 \pm 0,52$  °C e  $48,28 \pm 0,56$  °C respectivamente, não provocaram a ocorrência de escaldadura na casca dos frutos quando as avaliações foram feitas durante o período de armazenamento a  $10 \pm 0,2$  °C. No entanto, o mesmo não ocorreu durante o armazenamento a  $22 \pm 0,2$  °C, pois alguns frutos tratados no equipamento de fluxo hidráulico contínuo apresentaram escaldadura na casca.

A presença de escaldadura em alguns frutos tratados no fluxo hidráulico contínuo, pode ser explicado pelo motivo dos frutos tratados nesse sistema

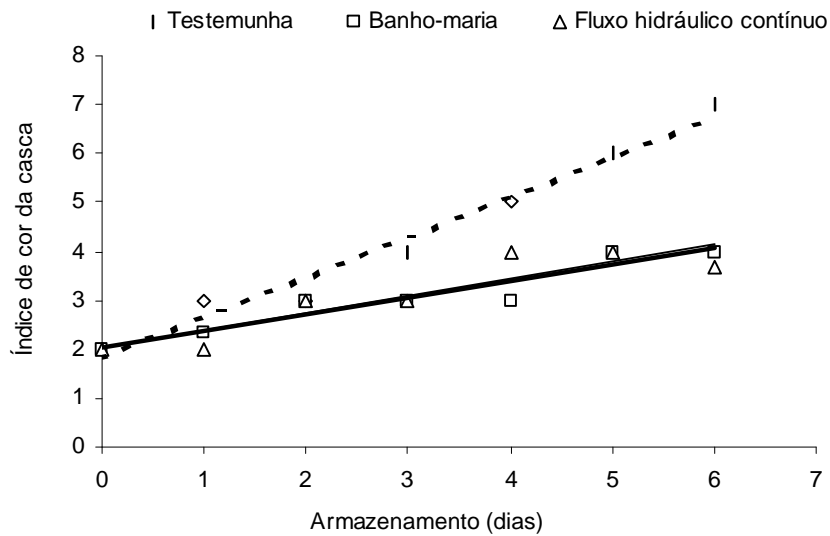
aquecerem mais rápido internamente, que os tratados pelo método de banho-maria.

### **3.3.2. Índice de cor da casca**

Durante o período de armazenamento a  $10 \pm 0,2$  °C os tratamentos testemunha, banho-maria e fluxo hidráulico contínuo não provocaram diferenças nos frutos. Entretanto, quando armazenados a 22 °C, o período de tempo para o completo amarelecimento do mamão foi diferente para os frutos não tratados e os tratados termicamente.

O índice de cor da casca dos frutos durante os dias de armazenamento a  $22 \pm 0,2$  °C, é apresentado na Figura 11. Observa-se que o índice de cor da casca tende a aumentar com os dias de armazenamento. Observa-se, também, que no sexto dia de armazenamento, os frutos do tratamento testemunha atingiram o índice de cor “7” e aqueles tratados hidrotermicamente (banho-maria e fluxo hidráulico contínuo) atingiram o índice “4”.

Ao longo do armazenamento a  $22 \pm 0,2$  °C, do terceiro dia em diante, os índices de cor da casca dos frutos considerados como testemunha, foram maiores do que aqueles para frutos submetidos a tratamentos hidrotérmicos (banho-maria e fluxo hidráulico contínuo). Entretanto, não houve diferenças no índice de cor da casca dos frutos submetidos aos tratamentos hidrotérmicos em banho-maria e fluxo hidráulico contínuo, como pode ser visto na Figura 11. Nesta figura encontram-se também as equações que descrevem o comportamento da cor da casca dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos hidrotérmicos em função do tempo de armazenamento.



$$\hat{Y}_{\text{Testemunha}} = 1,82 + 0,82^{**}\text{Dia} \quad r^2 = 0,972 \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\hat{Y}_{\text{Banho-maria}} = 2,04 + 0,33^{**}\text{Dia} \quad r^2 = 0,907 \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\hat{Y}_{\text{Fluxo hidráulico contínuo}} = 2,02 + 0,36^{**}\text{Dia} \quad r^2 = 0,815 \quad \text{Eq. (9)}$$

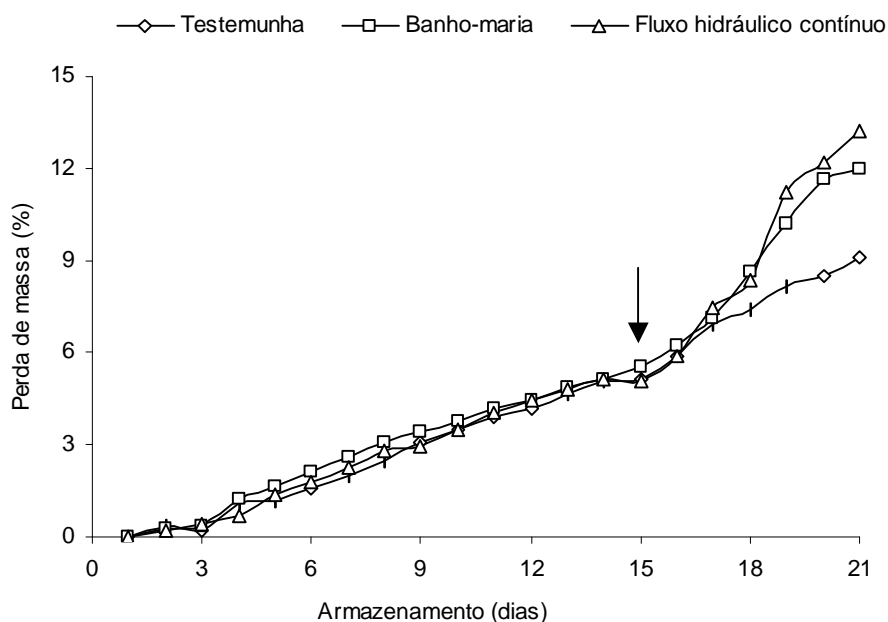
Figura 11 - Índice de cor da casca dos frutos submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos em função dos dias de armazenamento a  $22 \pm 0,2$ .°C.

As informações obtidas na Figura 11 indicam que o tratamento hidrotérmico para frutos de mamão da variedade 'Golden', inibe o processo de amarelecimento da casca.

Entre outros fatores que poderiam interferir no processo de amarelecimento da casca, considera-se que o aumento da temperatura atua na redução da atividade da enzima formadora de etileno (EFE) e, por consequência, no retardamento da síntese do etileno (hormônio responsável pelo processo de amarelecimento da casca dos frutos e vegetais). Segundo BALBINO (1997), o atraso no completo amarelecimento dos frutos pode ocorrer quando a mamão é submetido a banho térmico à uma temperatura acima de 45 °C por 20 minutos.

### 3.3.3. Perda de massa

Observa-se na Figura 12 o comportamento da perda de massa dos frutos durante os períodos de armazenamentos a  $10 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  e a  $22 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .



A seta indica o dia da retirada dos frutos da câmara a  $10 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Figura 12 - Perda de massa (%) acumulada do mamão após submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos durante o armazenamento por 15 dias a  $10 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  e 6 dias a  $22 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Constatou-se que durante os 15 dias que os frutos ficaram armazenados a  $10 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  não houve efeito significativo entre os tratamentos (Figura 12). Observa-se na Figura 12 que a partir do décimo oitavo dia de armazenamento a  $22 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  os frutos que sofreram tratamento hidrotérmico tiveram uma tendência de perder mais massa que os não tratados, indicando que os frutos tratados hidrotérmicamente nas condições do presente trabalho necessitariam permanecer armazenados em ambiente com alta umidade relativa associada a baixa temperatura (SCHEER, 1994), contribuindo para manutenção da qualidade do produto.

Como não houve diferença significativa entre os tratamentos durante o armazenamento a  $10 \pm 0,2$  °C, ajustou-se um só modelo em função do dia de armazenamento para os três tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Equação ajustada, referente a perda de massa (%) dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos hidrotérmicos e armazenados a  $10 \pm 0,2$  °C durante 15 dias

<b>Tratamento</b>	<b>Equação ajustada</b>
Testemunha	
Banho-maria	$\hat{Y} = 0,58 - 0,41 \text{ **Dia}$
Fluxo hidráulico contínuo	$r^2 = 0,990$

Como o comportamento da perda de massa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, em função do dia de armazenamento a  $22 \pm 0,2$ °C, foi diferenciado, ajustou-se equações para cada tratamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Equações ajustadas referentes a perda de massa (%) dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos hidrotérmicos e armazenados a  $22 \pm 0,2$  °C durante 6 dias

<b>Tratamento</b>	<b>Eq. Ajustada</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
Testemunha	$\hat{Y} = 1,10 - 0,46 \text{ **Dia}$	0,986
Banho-maria	$\hat{Y} = 2,29 - 0,65 \text{ **Dia}$	0,862
Fluxo hidráulico contínuo	$\hat{Y} = 2,24 - 0,68 \text{ **Dia}$	0,868

### 3.3.4. Testes de compressão

#### **(a) Firmeza da polpa (penetração)**

As avaliações feitas para a determinação da firmeza da polpa dos frutos quando armazenados a  $22 \pm 0,2$  °C demonstraram, que para a cv. Golden, os tratamentos com temperaturas na faixa de  $48,21 \pm 0,52$  °C (banho-maria) e  $48,2 \pm 0,56$  °C (fluxo hidráulico contínuo), proporcionaram um atraso no amaciamento da polpa. Na profundidade de 5 mm essa atraso ocorreu para todos os dias de armazenamento (Figuras 13). Indicando que a temperatura do tratamento hidrotérmico nos dois equipamentos, para a profundidade de 5 mm retardou a ação das enzimas responsáveis pela firmeza (amolecimento) da polpa.

Na profundidade de 5 mm nos frutos que sofreram tratamentos térmicos com banho-maria e fluxo hidráulico contínuo, as firmezas das polpas, não diferiram, entre si, porém, quando comparados com os frutos não tratados, houve diferença significativa (Figura 13).

Observa-se na tabela das características físicas do produto (Tabela 1), que a média de firmeza da polpa a 5 mm de profundidade se encontrava em torno de 86,30 N e que ao final do armazenamento a 10 °C, essa firmeza era 2,56 N para os frutos não tratados; 16,52 N para os tratados no banho-maria e 14,43 N para os tratados no fluxo hidráulico contínuo. Esses valores indicam que houve perda de firmeza nos frutos durante o armazenamento de 10 °C, e que essa perda foi mais acentuada nos frutos do tratamento testemunha. Esse comportamento permaneceu durante os seis dias de armazenamento a  $22 \pm 0,2$  °C (Figura 13).

É possível notar que, os frutos amaciaram durante o armazenamento a  $10 \pm 0,2$  °C, apesar de não ter havido alteração na coloração da casca, mostrando que os processos relacionados ao amadurecimento dos frutos agem de forma independentes.

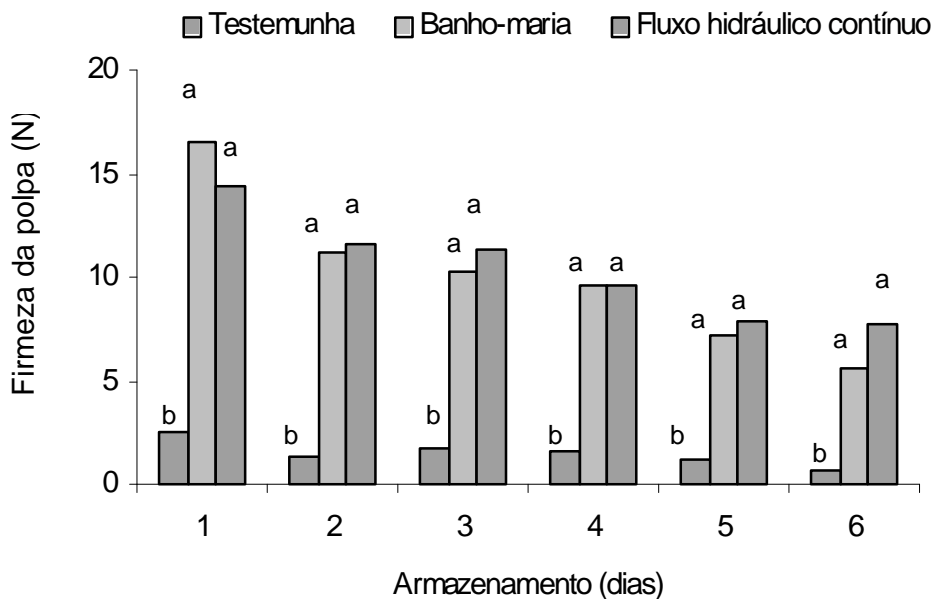


Figura 13 - Firmeza da polpa (N) a 5 mm de profundidade em frutos de mamão tratados no banho-maria, no fluxo hidráulico contínuo e testemunha, armazenados a  $22 \pm 0,2$  °C (barras seguidas de mesma letra, em cada dia de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade) .

Nota-se que na profundidade de 10mm os frutos estavam mais firmes que a 5 mm logo após saírem da câmara a  $10 \pm 0,2$  °C. Depois, a  $22 \pm 0,2$  °C, o amaciamento foi mais intenso próximo à cavidade central (10 mm), enquanto a periferia do fruto (5 mm) permaneceu um pouco mais firme, demonstrando que o efeito do tratamento hidrotérmico é maior nas regiões mais próxima a casca.

Na profundidade de 10 mm pode-se observar que a tendência da firmeza da polpa frutos tratados hidrotérmicamente no banho-maria e no fluxo hidráulico contínuo foi o mesmo encontrado na profundidade de 5 mm, até o terceiro dia de armazenamento. No quarto dia de avaliação o tratamento no banho-maria não diferiu do testemunha e do fluxo hidráulico contínuo. A partir do quarto dia os valores médios de firmeza dos frutos submetidos a tratamentos hidrotérmicos não diferiram significativamente dos frutos não tratados (Figura 14).

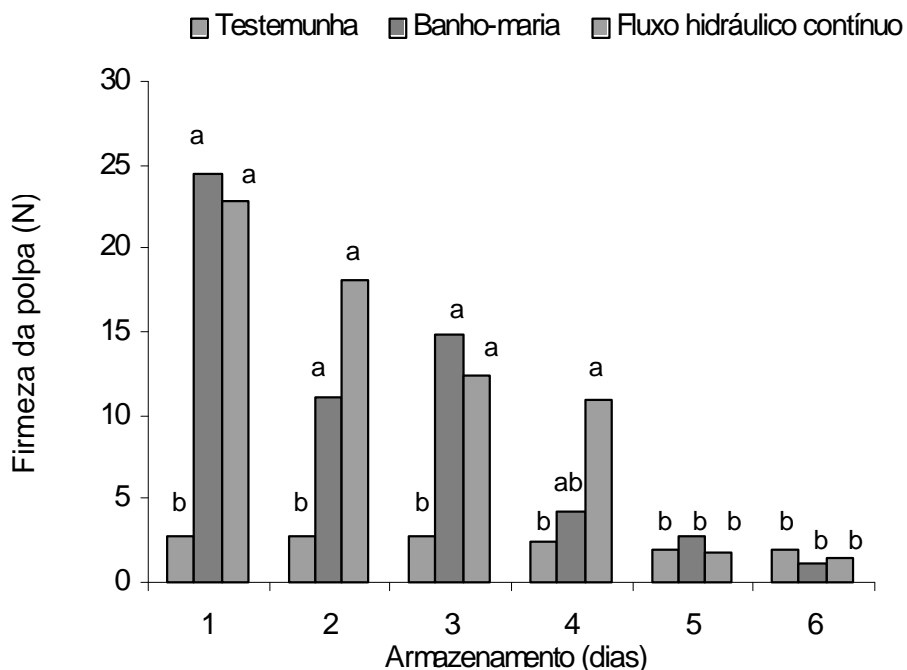


Figura 14 - Firmeza da polpa (N) aplicada a 10 mm de profundidade em frutos de mamão tratados no banho-maria, no fluxo hidráulico contínuo e testemunha, armazenados a  $22 \pm 0,2$  °C (barras seguidas de mesma letra, em cada dia de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade) .

BALBINO (1997), em estudo com frutos de mamão da cv. Sunrise Solo Improved Line 71/12, observou que frutos dessa cultivar quando tratados em banho-maria com temperatura de 48 a 49,5 °C e refrigerados por 17 dias, apresentaram, menor firmeza da polpa, em relação ao testemunha e àqueles submetidos a tratamento hidrotérmico de 43 a 47 °C. Porém com a cv. Golden isso não ocorreu, pois, os frutos tratados hidrotérmicamente nos dois equipamentos, com temperaturas em torno de 48 °C, apresentaram mais firmes que o testemunha, logo após o período de refrigeração.

O comportamento da firmeza da polpa na profundidade de 10 mm foi o mesmo na profundidade de 5 mm, com relação a perda de firmeza durante o armazenamento a 10 °C, sendo mais acentuada nos frutos do tratamento testemunha.



### **(b) Compressão com placas planas e paralelas**

As avaliações de força de compressão em frutos de mamão demonstraram que, apesar da cor da casca dos frutos tratados no banho-maria e no fluxo hidráulico contínuo estarem no estágio de maturação inferior à dos frutos não tratados, o comportamento mecânico (compressão com placas planas e paralelas) não diferiu significativamente. Realizou-se teste de média e pode-se verificar que as médias da força de compressão no final do sexto dia de avaliação não diferiram com os tratamentos, como representa a Tabela 7.

Tabela 7- Valores médios da força de compressão (N) aplicada nos frutos de mamão após serem submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos e armazenados durante seis dias a  $22 \pm 0,2$  °C

<b>Tratamento</b>	<b>Força de compressão (N)</b>
Testemunha	38,01 a
Banho-maria	42,78 a
Fluxo hidráulico contínuo	44,26 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O comportamento da força de compressão nos frutos de mamão submetidos aos diferentes tratamentos em função dos dias de armazenamento está representado na Figura 15.

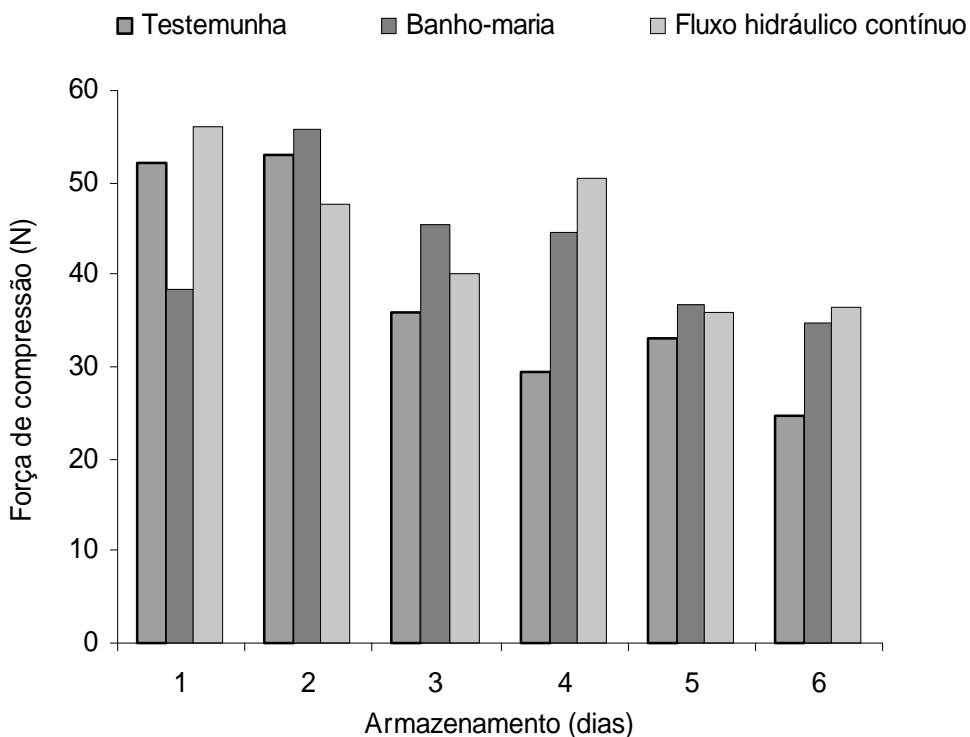


Figura 15 - Valores médios de força de compressão (N) em frutos de mamão submetidos aos diferentes tratamentos hidrotérmicos quando armazenados a  $22 \pm 0,2$  °C durante 6 dias.

Para os valores da força de compressão, à medida que se aumenta a cor do produto, a força de compressão tende a diminuir. Porém, a diferença entre os índices de cor da casca dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, não interferiu de maneira significativa (teste de Tukey, a 5 % de probabilidade), na avaliação da força de compressão, não sendo, portanto, um parâmetro para indicar o comportamento mecânico de um fruto quando submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos.

Os valores das forças de compressão em função do dia de armazenamento podem ser representado pela equação (regressão linear) na Tabela 8. Como não houve interferência do estágio de maturação na variável estudada, foi ajustada equação de regressão referentes aos três tratamentos.

Tabela 8 - Equações de regressão para a variável força de compressão (N) em frutos de mamão, submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos

<b>Variáveis</b>	<b>Equação de regressão</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
Força de compressão (N)	$\hat{Y} = 55,054 - 3,82 **Dia$	0,856

#### 4. CONCLUSÕES

A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos na avaliação da qualidade dos frutos de mamão da variedade 'Golden', nas condições específicas do presente trabalho, permitiram concluir que:

- o equipamento desenvolvido neste trabalho mostrou-se como um eficiente método alternativo para tratamento hidrotérmico em frutos de mamão. O uso do equipamento de fluxo hidráulico contínuo permitiu uma maior transferência de calor da água para o fruto de mamão proporcionando uma distribuição homogênea da temperatura no interior dos frutos;
- os tratamentos hidrotérmicos com banho-maria e com fluxo hidráulico contínuo retardaram o processo de amarelecimento dos frutos quando comparados com os não tratados hidrotermicamente;
- os tratamentos hidrotérmicos retardaram a perda de firmeza da polpa dos frutos na profundidade de 5 mm de profundidade, do primeiro ao sexto dia de armazenamento a  $22 \pm 0,2$  °C e na profundidade de 10 mm, somente até o quarto dia;
- a diferença entre os índices de cor da casca dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, não interferiu de maneira significativa na avaliação da força de compressão, não sendo, portanto, um parâmetro para indicar o comportamento mecânico (compressão com placas planas) de um fruto quando submetidos a diferentes tratamentos hidrotérmicos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.207-225, 1999.

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. **Agricultural Engineers Yearbook**. St. Joseph: Michigan, 796 p, 2000.

AKAMINE, E.K.; ARISUMI, T. Control of postharvest storage decay of fruit 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.

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 a aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.24, p.136-146, 2000.

BOLLEN, A.F.; RUE, B.T. D. Hydrodynamic heat transfer- a technique for disinfection. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p.133-141, 1999.

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, 1981.

CORRÊA, P. C. **Estudio de los índices de madurez e calidad del aguacate tratado por frio mediante ensayos no destructivos.** Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 1992.

COSTA, A. de F.S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: COSTA, A. de F. S.; BALBINO, J. M. DE S. coord. **Mamão: pós-colheita.** Cruz das Almas: EMBRAPA, 2002. p.12-18. (EMBRAPA. Séries Frutas do Brasil 21).

COUTO, S.M., BATISTA, C.S., DEVILLA, I.A., PEIXOTO, A.B. Comportamento mecânico de frutos de café-módulo de deformidade. **(Dados não Publicados)**, Viçosa, MG, 26p., 2001.

COUEY, H.M. Comparison of hot-water spray and immersion treatments for control of postharvest decay of papaya. **Plant Dis.**, v.5, n.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, n.5, p.1307-1314, 1986.

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.1-23, 2002.

HAYES, C.F.; CHINGON, H.T.G., NITTA, F.A.; WANG, W.J. Temperature control as an alternative to ethylene dibromide fumigation for the control of fruit flies (diptera: Tephritidae) in papaya. **J. Econ. Entomol.**, v.77, n.3, p.683-686, 1984.

IBGE-SIDRA (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ), 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

JACOBI, K.K.; MACRAE, E.A.; HETHERINGTON, S.E. Postharvest heat desinfestation treatments of mango fruit. **Scientia Horticulturae**, v.89, p.171-193, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO. Delegacia Federal de Agricultura no espírito Santo. Serviço de Defesa Agropecuária. Seção de Sanidade Vegetal. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/html/textomamao.htm>> Acesso em: 19 maio 2003.

MANGAN, L.R.; HALLMAN, J.G. Temperatura Treatments for Quarantine Security: New Approaches for fresh Commodities In: Hallman, G.J. and Denlinger, D.L. **Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management**. Westview Press. p.201-234, 1998.

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.

MORETTI, L. C. Danos Mecânicos. **Mamão: pós-colheita**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2002. p.21-23. (EMBRAPA. Séries Frutas do Brasil 21).

NASCIMENTO, A.S. do. Produção de mamão no Sul da Bahia visando o mercado norte-americano. **Bahia Agrícola**, v.5, n.2, p.24-25, 2002.

NERY-SILVA, F.A.; MACHADO, J. da C.; LIMA, L.C.de O.; RESENDE, M.L.V. de. Controle Químico da podridão peduncular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. **Ciênc. Agrotec.**, v. 25, n.3, p. 519-524, 2001.

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.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Heat shock in field grown ripening papaya fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.115, p.123, 1990.

RAGA, A.; YASUOKA, S.T.; AMORIM, E.O.; SATO, M.E.; FILHO, N.S.; FARIA, J.T. de. Sensibilidade de ovos de *Ceratitidis capitata* (Wied., 1824) irradiados em dieta artificial e em frutos de manga (*Mangifera indica* L.). **Sci. Agric.**, v.53, n.1, 1996.

SCHEER, A. Reducing the water loss of horticultural and arable products during long term storage. **Acta Hort.**, v. 368, p. 511-522, 1994.

SHELLIE, K. C.; MANGAN, R. L. Postharvest desinfestation heat treatments: response of fruit and fruit fly larvae to different heating media. **Postharvest Biology and Technology**, v.21, p. 51-60, 2000.

STUDMAN, C. J. Fruit and Vegetables. Handbook of Agricultural Engineering. Agro Processing Engineering. Volume IV. Capítulo 3. Published by: American Society of Agricultural Engineers (ASAE). pg.243-403, 1999.

TATAGIBA, J. da S.; OLIVEIRA, A.A.R. Tratamentos Pós-colheita. **Mamão: fitossanidade**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2000. p.12-14. (EMBRAPA. Séries Frutas do Brasil 11).



WADDELL, B.C.; JONES, R.J.; PETRY, R.J.; SALES, F.; PAULAUD, D.; MAINDONALD, J.H.; LAIDLAW, W.G. Thermal conditioning in *Bactrocera tryoni* eggs (Diptera: Tephritidae) following hot-water immersion. **Postharvest Biology and Technology**, n.21, p.113-128, 2000.

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

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VENTURE, J.A.; VALE, F.X.R. do. Controle de Doenças em Pós-colheita de Frutas tropicais. In: **ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado – Frutas Tropicais – Doenças e Pragas**. Viçosa-MG: UFV. p.443-501, 2002.

## APÊNDICE

## APÊNDICE

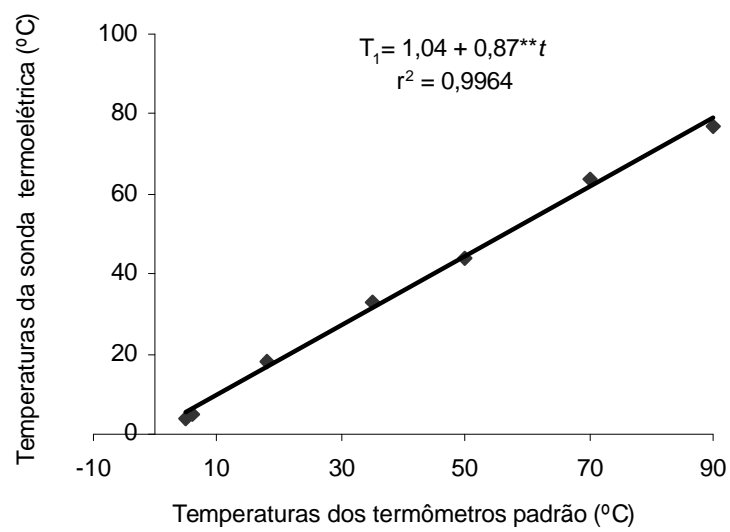


Figura 1A – Equação de calibração ajustada para a sonda termoeletrica (1) tipo “T” (hipodermica).

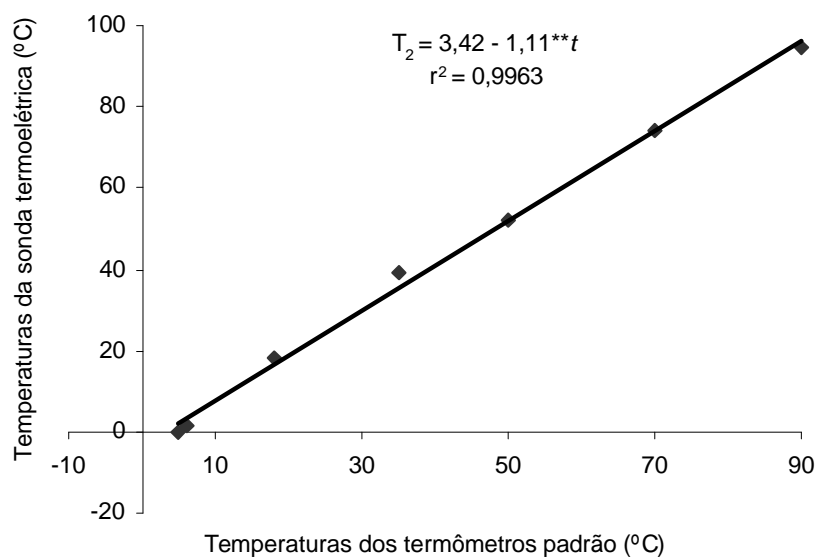


Figura 2A – Equação de calibração ajustada para a sonda termoeletrica (2) tipo “T” (hipodermica).

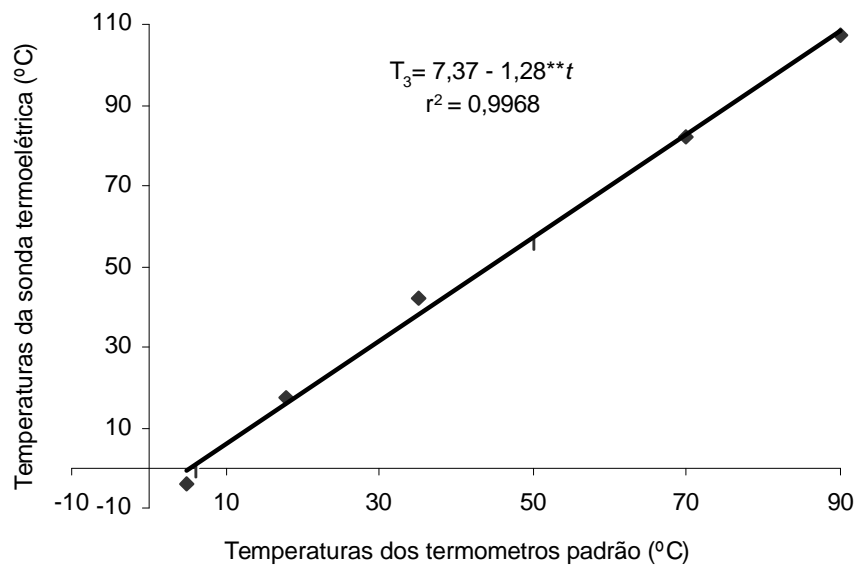


Figura 3A – Equação de calibração ajustada para a sonda termoeletrica (3) tipo “T” (hipodermica).

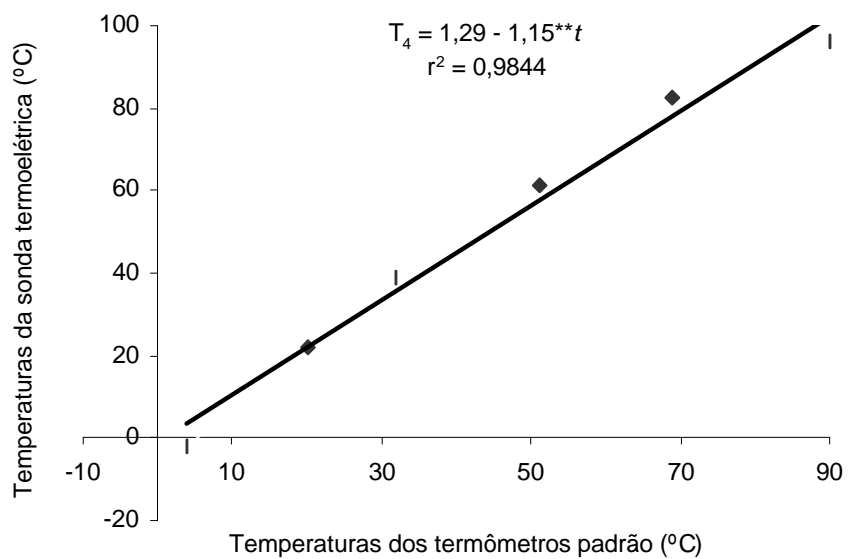


Figura 4A – Equação de calibração ajustada para a sonda termoeletrica (4) tipo “T” (hipodermica).

Tabela 1A - Análise de variância da perda de massa dos frutos armazenados a 10°C

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Q.M</b>
Trat (T)	2	1507,0180 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	2619,1730
Dias (D)	14	343,8649**
TxD	28	6,1292 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	84	32,5497
cv(%) Parcela 15,41		
cv(%) Subparcela 1,72		

\*\* F significativo a nível de 5%

<sup>ns</sup> F não significativo a 5%

Tabela 2A - Análise de variância da perda de massa dos frutos armazenados a 22°C

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Q.M</b>
Trat (T)	2	347,582 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	9	3115,025
Dias (D)	5	249,758**
TxD	10	127,812**
Resíduo (b)	45	27,585
cv(%) Parcela 17,00		
cv(%) Subparcela 1,59		

\*\* F significativo a nível de 5%

<sup>ns</sup> F não significativo a 5%

Tabela 3A-Valores médios de firmeza da polpa (N) em diferentes profundidades em frutos de mamão submetidos a tratamentos hidrotérmicos no banho-maria (T2), no fluxo hidráulico contínuo (T3) e testemunha (T1)

Armazenamento (dia)	Profundidade (5 mm)			Profundidade (10 mm)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	2,56b	16,52a	14,43a	2,80b	24,44 a	22,81a
2	1,68b	11,16a	11,63a	2,80b	14,86 a	18,15 a
3	1,68b	10,27a	11,40a	2,70b	11,16a	12,37a
4	1,12b	9,54a	9,54a	2,41b	4,18ab	10,93a
5	1,16b	7,21a	7,88a	1,90b	2,80b	1,80b
6	0,70b	5,58a	7,77a	1,90b	1,16b	1,50b

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

Tabela 4A - Análise da variância para as variáveis do ensaio de compressão

FV	GL	Quadrados médios	
		Força de compressão	Deformação específica
TRAT (T)	2	192,0871 <sup>ns</sup>	0,00002063 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	96,1470	0,00009478
Dia (D)	5	536,7899 <sup>**</sup>	0,00004423
TxD	10	137,9468 <sup>ns</sup>	0,00005139 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	30	72,8104	0,00005517 <sup>ns</sup>
cv parcela (%)		23,50	7,26
cv subparcela (%)		20,46	5,54

<sup>\*\*</sup> F significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> F não significativo ao nível de 5% de probabilidade