



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

## Dissertação de Mestrado

ESTUDO DE MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA  
ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS:  
BIOFILME E RECIPIENTE CONFECCIONADOS DE  
FÉCULA DE INHAME

Biblioteca UFCCG  
SMBC\_CDSA  
CAMPUS DE SUMÉ  
Reg. 12444/13

RAFAELLY SOARES SILVA

Campina Grande  
Paraíba

UFCG

UFCG

UFCG/BIBLIOTECA/BC



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



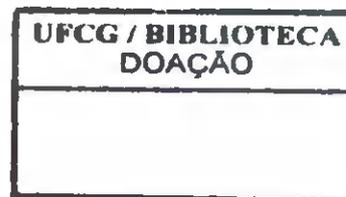
## DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO : PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO  
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**ESTUDO DE MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA ARMAZENAMENTO DE  
PRODUTOS AGRÍCOLAS: BIOFILME E RECIPIENTE CONFECCIONADOS DE  
FÉCULA DE INHAME**

*Dis  
631(043-3)  
S586e  
ex. 01*

**DÉBORA RAFAELLY SOARES SILVA**



Campina Grande, PB

AGOSTO - 2010

UFCG

UFCG

UFCG/BIBLIOTECA/BC

**ESTUDO DE MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA ARMAZENAMENTO DE  
PRODUTOS AGRÍCOLAS: BIOFILME E RECIPIENTE CONFECCIONADOS DE  
FÉCULA DE INHAME**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração:

**Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas**

Orientadores:

**Prof. Dr. Mário Eduardo Raugel Morcira Cavalcanti Mata**

**Prof. Dr. Maria Elita Martins Duarte**

Campina Grande, PB

AGOSTO – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586e Silva, Débora Rafaelly Soares.  
Estudo de materiais biodegradáveis para armazenamento de produtos agrícolas: biofilme e recipiente confeccionados de fécula de inhame / Débora Rafaelly Soares Silva. — Campina Grande, 2010.  
120 f.: il. col.

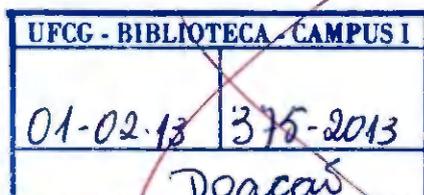
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Prof. Dr. Mario Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata e Prof. Dr.ª Maria Elita Martins Duarte

Referências.

1. *Dioscorea sp.* 2. Embalagem. 3. Propriedades mecânicas. 4. Aditivos. I. Título.

CDU – 62:633.685(043)





UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO MESTRADO**

**Débora Rafaelly Soares Silva**

**ESTUDO DE MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA ARMAZENAMENTO DE  
PRODUTOS AGRÍCOLAS: BIOFILME E RECIPIENTE CONFECCIONADOS DE  
FÉCULA DE INHAME**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata  
Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata – Orientador

APROVADO

Maria Elita Martins Duarte  
Dra. Maria Elita Martins Duarte – Orientadora

APROVADO

Josivanda P. Gomes  
Dra. Josivanda Palmeira Gomes – Examinadora

APROVADO

Severina de Sousa  
Dra. Severina de Sousa – Examinadora

Aprovado

AGOSTO - 2010

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, e pela presença constante em todos os momentos da minha vida.

A minha mãe, Dalva, pelo amor incondicional, pelo incentivo e apoio em todos momentos, principalmente nos mais difíceis. E a meus irmãos, por terem participado de perto, de tudo que vivi; por terem me apoiado e confortado nesta jornada. Enfim, a todos os meus familiares que, de alguma forma, contribuíram.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Profª. Drª. Maria Elita Martins Duarte, pela orientação e participação na execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

Aos professores do Mestrado em Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do curso de Engenharia Agrícola.

A todos os funcionários do Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) que colaboraram, de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação, pela amizade, apoio e incentivo e pelos bons momentos que passamos juntos.

Às amigas Kaline, Niédja e Patrícia, pela amizade construída desde a graduação e que, com certeza, continuará ao longo de nossas vidas, agradeço pelo convívio e apoio durante todos esses anos.

Enfim, a todos que, de alguma forma, colaboraram na execução deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos**

## **DEDICÁTORIA**

A minha mãe, **Dalva**, pelo exemplo de vida e caráter.

A meus irmãos, **Danyella** e **Rodolpho**, por serem meus companheiros em todos os momentos da vida.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ARMAZENAMENTO DE MAMÃO HAVAÍ COM BIOFILME DE FÉCULA DE INHAME</b>	
<b>RESUMO.....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xviii</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 - Mamão.....	3
2.2 - Alterações pós-colheita do mamão.....	4
2.2.1 - Perda de massa fresca.....	6
2.2.2 - Textura.....	7
2.2.3 - Coloração.....	8
2.2.4 - Acidez .....	9
2.2.5 - Sólidos solúveis totais.....	10
2.2.6 - Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).....	10
2.2.7 - Potencial hidrogeniônico (pH) .....	11
2.3 - Conservação pós-colheita.....	11
2.3.1 - Armazenamento refrigerado.....	11
2.3.2 - Atmosfera modificada.....	13
2.3.3 - Biofilmes de fécula de inhame.....	14
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 - Matéria-prima.....	16
3.1.1 - Extração da fécula de inhame.....	17
3.1.2 - Obtenção do biofilme de fécula de inhame.....	17
3.2 - Análises físicas.....	18
3.2.1 - Aparência dos frutos.....	18

3.2.2 - Avaliação da firmeza.....	18
3.2.3 - Cor.....	19
3.2.4 - Perda de massa.....	20
3.3 - Análises químicas e físico-químicas.....	20
3.3.1 - Acidez titulável (AT).....	20
3.3.2 - Sólidos solúveis (SS).....	20
3.3.3 - Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).....	21
3.3.4 - Potencial hidrogeniônico (pH).....	21
3.4 - Delineamento experimental.....	21
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
4.1 - Caracterização inicial dos frutos.....	22
4.2 - Análises físicas dos frutos.....	24
4.2.1 - Aspecto geral do mamão.....	24
4.2.2 - Perda de massa.....	29
4.2.3 - Textura.....	33
4.2.3.1 - Textura (peduncular).....	33
4.2.3.2 - Textura (mediana).....	36
4.2.3.3 - Textura (estilar).....	40
4.2.4 - Coloração da casca.....	44
4.2.5 - Coloração da polpa.....	49
4.3 - Análises físico-químicas.....	54
4.3.1 - Acidez.....	54
4.3.2 - Sólidos solúveis (SS).....	58
4.3.3 - Relação sólidos Solúveis e acidez titulável (SS/AT).....	61
4.3.4 - Potencial hidrogeniônico (pH).....	65
<b>5 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>

## CAPÍTULO II

<b>DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL A PARTIR DE FÉCULA DE INHAME</b>	
<b>RESUMO.....</b>	<b>80</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>81</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>84</b>
2.1 - Inhame .....	84
2.1.1 - Fécula de inhame.....	85
2.2 - Amido.....	86
2.2.1 - Gelatinização e retrogradação.....	89
2.3 - Embalagem.....	90
2.3.1 – Plastificantes.....	91
2.3.2 - Cera de carnaúba.....	92
2.4 - Liofilização.....	92
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>94</b>
3.1 - Elaboração das embalagens.....	94
3.2 - Preparação dos corpos de prova.....	95
3.3 - Caracterização físico-química da fécula de inhame.....	95
3.3.1 - Teor de água.....	95
3.3.2 - Cinzas.....	95
3.3.3 - Acidez total titulável.....	96
3.3.4 - Potencial hidrogeniônico (pH).....	96
3.3.5 - Amido.....	96
3.4 - Análises das embalagens.....	96
3.4.1 - Resistência à compressão.....	96
3.4.2 - Resistência à tração.....	97
3.4.3 - Absorção de água.....	98
3.4.4 - Análise estatística.....	98
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>99</b>
4.1 - Caracterização físico-química da fécula de inhame.....	99

4.2 - Resistência à compressão.....	100
4.3 - Resistência à tração.....	103
4.4 - Absorção de água.....	104
4.5 - Características das embalagens obtidas.....	106
<b>5 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>108</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>116</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1.3.1</b> - Frutos de mamão da variedade “Havaí” (Fonte: Autor).....	16
<b>Figura 1.3.2</b> - Frutos de mamão imersos em uma concentração de fécula de inhame (A), frutos de mamão armazenados em câmara tipo BOD (B) (Fonte: Autor).....	18
<b>Figura 1.3.3</b> - Texturômetro digital Stable Micro Systems, modelo TA.XTplus	19
<b>Figura 1.4.1</b> - Perda de massa (%) do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento .....	31
<b>Figura 1.4.2</b> - Valores da textura (N) na região peduncular do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento .....	35
<b>Figura 1.4.3</b> - Valores da textura (N) na região mediana do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento .....	39
<b>Figura 1.4.4</b> - Valores da textura (N) região estilar do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento.....	43
<b>Figura 1.4.5</b> - Coloração da casca, parâmetro L, do mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento .....	45
<b>Figura 1.4.6</b> - Coloração da casca, parâmetro <i>a</i> , do mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento .....	46
<b>Figura 1.4.7</b> - Coloração da casca, parâmetro <i>b</i> , do mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento .....	47
<b>Figura 1.4.8</b> - Coloração da casca, parâmetros (L, <i>a</i> , <i>b</i> ), em frutos de mamão	

	Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C. (A) parâmetro L, (B) parâmetro <i>a</i> e (C) parâmetro <i>b</i> .....	49
<b>Figura I.4.9 -</b>	Coloração da polpa, parâmetro L, do mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento .....	51
<b>Figura I.4.10 -</b>	Coloração da polpa, parâmetro <i>a</i> , do mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento .....	51
<b>Figura I.4.11 -</b>	Coloração da polpa, parâmetro <i>b</i> , do mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento .....	52
<b>Figura I.4.12 -</b>	Coloração da polpa, parâmetros (L, <i>a</i> , <i>b</i> ), em frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C. (A) parâmetro L, (B) parâmetro <i>a</i> e (C) parâmetro <i>b</i> .....	53
<b>Figura I.4.13 -</b>	Aeidez titulável (AT) do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento .....	56
<b>Figura I.4.14 -</b>	Sólidos solúveis (°Brix) do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento .....	60
<b>Figura I.4.15 -</b>	Relação SS/AT do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento .....	64
<b>Figura I.4.16 -</b>	pH do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento.....	68

## CAPÍTULO II

<b>Figura 2.2.1 -</b>	<b>Estrutura da amilose .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 2.2.2 -</b>	<b>Estrutura da amilopectina.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 2.3.1-</b>	<b>Molde (corpo de prova) (a) e molde nas dimensões do ensaio mecânico (b).....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 2.3.2-</b>	<b>Teste de resistência à compressão e flexibilidade dos corpos de prova através do texturômetro TA.XT plus.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 2.3.3 -</b>	<b>Teste de resistência à tração dos corpos de prova através do texturômetro TA.XT plus.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 2.4.1 -</b>	<b>Resistência à compressão (a) e flexibilidade (b) do isopor e das embalagens formuladas com diferentes concentrações de fécula de inhame.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 2.4.2 -</b>	<b>Resistência à tração do isopor e das embalagens formuladas com diferentes concentrações de fécula de inhame.....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 2.4.3 -</b>	<b>Absorção de água das embalagens com diferentes concentrações de fécula de inhame.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 2.4.4 -</b>	<b>Embalagem biodegradável (a) e presença de infestação fúngica na embalagem (b).....</b>	<b>107</b>

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1.4.1 -</b>	Características físicas e físico-químicas iniciais do mamão Havaí..	23
<b>Tabela 1.4.2 -</b>	Aparência dos frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	26
<b>Tabela 1.4.3 -</b>	Valores médios de perda de massa (%) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 27 dias de armazenamento.....	30
<b>Tabela 1.4.4 -</b>	Valores médios de perda de massa (%) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	32
<b>Tabela 1.4.5 -</b>	Valores médios de textura (região peduncular) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	34
<b>Tabela 1.4.6 -</b>	Valores médios de textura (N) região peduncular de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	36
<b>Tabela 1.4.7 -</b>	Valores médios de textura (região mediana) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	38
<b>Tabela 1.4.8 -</b>	Valores médios de textura (N) região mediana de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	40
<b>Tabela 1.4.9 -</b>	Valores médios de textura (região estilar) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	41

<b>Tabela 1.4.10 -</b>	Valores médios de textura (N) região estilar de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	44
<b>Tabela 1.4.11 -</b>	Valores médios de acidez titulável (%) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	55
<b>Tabela 1.4.12 -</b>	Valores médios de acidez titulável (%) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	57
<b>Tabela 1.4.13 -</b>	Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	59
<b>Tabela 1.4.14 -</b>	Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	61
<b>Tabela 1.4.15 -</b>	Valores médios da relação SS/AT de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	63
<b>Tabela 1.4.16 -</b>	Valores médios da relação SS/AT de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	65
<b>Tabela 1.4.17 -</b>	Valores médios de pH de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento.....	67
<b>Tabela 4.18 -</b>	Valores médios de pH de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.....	69

## **CAPÍTULO 11**

<b>Tabela 2.2.1 -</b>	<b>Caracterização da fécula de inhame (<i>Dioscorea sp.</i>).....</b>	<b>86</b>
<b>Tabela 2.4.1 -</b>	<b>Caracterização físico-química da fécula de inhame.....</b>	<b>100</b>

## APRESENTAÇÃO

O interesse no desenvolvimento de materiais biodegradáveis a partir de recursos renováveis tem aumentado nos últimos anos, a fim de minimizar o acúmulo de resíduos gerados por materiais convencionais, destacando-se entre as matérias-primas o amido, pela sua versatilidade e principalmente pelo baixo custo.

O amido ou fécula obtido de tubérculos de inhame pode ser considerado como uma alternativa viável para a confecção de filmes e revestimentos biodegradáveis. O conhecimento de novas técnicas utilizando revestimentos biodegradáveis tem contribuído para o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento, possibilitando a manutenção na qualidade de produtos agrícolas.

Visando obter informações que possam contribuir com os conceitos até então estudados a respeito das aplicabilidades da fécula de inhame, foram realizados estudos específicos que são abordados em dois capítulos. O primeiro capítulo retrata o armazenamento de mamão 'Havaí' com biofilme de fécula de inhame, enfatizando as modificações das características físicas e físico-químicas apresentadas pelos frutos durante o armazenamento. No segundo capítulo intitulado: Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de fécula de inhame, foram realizados estudos sobre as alterações das propriedades mecânicas das embalagens desenvolvidas a base de fécula de inhame, além da tentativa de confecção de um recipiente biodegradável.



**Dissertação de Mestrado: Estudo de materiais biodegradáveis para armazenamento de produtos agrícolas: biofilme e recipiente confeccionados de fécula de inhame**

**Autora: Débora Rafaelly Soares Silva**

**Orientadores: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata  
Prof. Dr. Maria Elita Martins Duarte**

## **CAPÍTULO 1**

### **ARMAZENAMENTO DE MAMÃO HAVAÍ COM BIOFILME DE FÉCULA DE INHAME**

#### **RESUMO**

A vida pós-colheita do mamão é relativamente curta, devido à alta perecibilidade apresentada por este fruto. A utilização de biofilmes pode proporcionar um aumento na vida pós-colheita destes frutos, sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do biofilme obtido da fécula de inhame, no prolongamento da vida útil e manutenção da qualidade pós-colheita do mamão “Havaí”, armazenado em diferentes temperaturas. Os frutos de mamão “Havaí” foram imersos em suspensões de fécula de inhame na concentração de 0, 2, 3 e 4%, e armazenados em câmara tipo BOD nas temperaturas 5, 10 e 15 °C, durante o período de 28 dias de armazenamento. Os frutos de mamão foram avaliados a cada 4 dias quanto a aparência externa, firmeza, coloração da casca e da polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), razão SST/AT e pH. A perda de massa do mamão “Havaí” foi feita a cada 3 dias. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3 x 8, (% de fécula x temperatura de armazenamento x período de armazenamento) com três repetições. Para análise de perda de massa o esquema fatorial adotado foi 4 x 3 x 10, sendo constituído por dez períodos de armazenamento. O mamão teve um melhor aspecto de conservação quando armazenado com biofilme de fécula de inhame na concentração de 2%, tornando o produto mais atraente e aumentando a vida pós-colheita, os frutos de mamão revestidos com os tratamentos de 3 e 4% de fécula de inhame apresentaram um aspecto de ressecamento devido ao encolhimento do biofilme com a temperatura. Os frutos submetidos a 5 °C desenvolveram sintomas de danos pelo frio a partir do 4º dia de armazenamento, agravando-se com a extensão do armazenamento. A melhor estimativa para a manutenção da qualidade e aumento da vida útil pós-colheita do mamão foi observada nos frutos submetidos a 10 °C, envolto em um biofilme de fécula de inhame na concentração de 2%. No armazenamento a 15 °C, observou-se os primeiros sinais de murchamento dos frutos aos oito dias de armazenamento, independente do tratamento utilizado.

**Palavras-chave:** material biodegradável, embalagem, fruto



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**M. Sc. Thesis: A Study on biodegradable material for storage of agricultural products:  
biofilm and package made from yam starch**

**Author: Débora Rafaelly Soares Silva**

**Supervisors: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Morcira Cavalcanti Mata**

**Prof. Dr. Maria Elita Martins Duarte**

## **CHAPTER I**

### **STORAGE OF HAWAII PAPAYA WITH YAM STARCH BIOFILM**

#### **ABSTRACT**

The postharvest life of papaya is relatively short due to the high perishability presented by such a product. The use of biofilms can provide an increase in the postharvest life of these fruits. The Hawaii papaya fruits were immersed in suspensions of yam starch at levels of 0, 2, 3 and 4%, and stored in an environmental chamber at the temperatures of 5, 10 and 15°C during the period of 28 days of storage. The papaya fruits were evaluated every four days regarding the external appearance, firmness, peel and pulp color, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), TSS/TA ratio and pH. The mass loss of Hawaii papaya was done every 3 days. The experiment was conducted according to full randomly experimental design in a 4 x 3 x 8 factorial design (% starch x storage temperature x storage period), with three replications. In order to analyze the mass loss, a 4 x 3 x 10 factorial design was adopted, consisting of ten periods of storage. The papaya presented a better aspect of conservation when stored in the biofilm of yam starch at the concentration of 2%, making the product more attractive and increasing its postharvest life. The papaya fruits coated with yam starch treatments of 3 and 4% displayed a drying aspect due to the shrinkage of the biofilm caused by the temperature. The fruits subjected to 5°C developed symptoms of chilling injury from the 4<sup>th</sup> day of storage, which were aggravated with the extension of the storage. The best estimate for the maintenance of quality and for the increase in postharvest shelf life of papaya was observed in fruits at 10°C, wrapped in a biofilm of yam starch at a concentration of 2%. In the storage at 15°C, the first signs of wilting could be observed at the 8<sup>th</sup> day of storage, regardless of the treatment used.

**Keywords:** biodegradable material; packaging; fruit.

## 1 - INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de mamão (*Carica papaya* L.), com um volume de produção, em 2007, de 1.811.535 toneladas (IBGE, 2009). Apesar de ser o maior produtor mundial de mamão, o Brasil ocupa o terceiro lugar entre os países exportadores, precedido pelo México e pela Malásia. Entre os principais problemas que contribuem para essa baixa exportação está a utilização de técnicas pouco eficientes em pós-colheita, o que prejudica a manutenção da qualidade dos frutos (JACOMINO et al., 2003).

O consumo de mamão no Brasil vem aumentando, sendo hoje a terceira fruta mais consumida, com apenas dois quilogramas por habitante por ano (RAGONHA, 2005). O consumo se dá, predominantemente, na forma *in natura* obtendo-se na maioria das vezes, baixo rendimento de polpa e elevada perda durante a realização do descascamento e retirada das sementes (ANDRADE, 2006). De toda a produção nacional da fruta, 95% são destinados ao mercado *in natura* e apenas 5% são aproveitados pela indústria (MONTEIRO, 2006). Entretanto, vários produtos ou subprodutos podem ser obtidos a partir dos frutos ou da planta de mamoeiro como, por exemplo, doces, compotas, geléias, néctar e papaína, os quais ainda são pouco explorados.

O mamão é um fruto climatérico, cujas transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita do fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela elevação da produção de etileno e pelo aumento na taxa respiratória. Dada a essa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento na vida útil, visando aos mercados interno e externo. Os principais fatores que depreciam a qualidade pós-colheita do mamão são o rápido amolecimento e a elevada incidência de podridões (JACOMINO et al., 2003).

A manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos é fundamental para o desenvolvimento da fruticultura brasileira. A utilização de técnicas mais eficientes incentiva o crescimento nas exportações de frutos tropicais como o mamão, além de melhorar as condições de distribuição desses produtos no mercado (REIS NETO, 2006).

Estudos têm demonstrado que a utilização de biofilmes pode proporcionar um aumento na vida pós-colheita de frutas, pois agem como embalagem, quando utilizado conjuntamente

com a refrigeração, promovem a redução da taxa de respiração, minimizam a perda de água e retardam a deterioração enzimática. Os biofilmes podem ser constituídos por diversos materiais biológicos, dentre eles destaca-se o amido, uma importante fonte de carboidratos presentes em grãos, cereais, raízes e tubérculos. De acordo com ALVES et al. (1999), o inhame vem sendo estudado como fonte alternativa de amido, em razão das suas propriedades desejáveis, como estabilidade a alta temperatura e baixo pH.

A fécula de inhame pode ser considerada matéria-prima adequada na elaboração de biofilmes comestíveis, por formar películas resistentes e transparentes, eficientes barreiras à perda de água, proporcionando bom aspecto e brilho intenso, tornando frutos e hortaliças comercialmente atrativos (CEREDA et al., 1992).

Portanto, os estudos têm demonstrado que, futuramente, os biofilmes deverão ser utilizados como embalagem de vários produtos agrícolas; no entanto, são necessários estudos detalhados desses biofilmes na cultura do mamão, para então se determinar a viabilidade de seu uso.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar, as características físico e físico-químicas dos frutos de mamão “Havai” revestidos com biofilme feito de fécula de inhame com diferentes concentrações (0, 2, 3 e 4%), armazenado durante 28 dias nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Mamão

A espécie *Carica papaya* (L.) é o mamoeiro mais cultivado em todo o mundo, tendo sido descoberto pelos espanhóis no Panamá. É planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, ou mais precisamente a bacia Amazônica Superior, onde a diversidade genética desta planta é máxima. O mamoeiro cultivado comercialmente pertence à família Caricaceae, a qual está dividida em cinco gêneros, com 31 espécies: *Carica* L. (21 espécies), *Jacaratia* A. DC. (6 espécies), *Cylicomorpha* Urb. (2 espécies), *Jarilla* Rusby (1 espécie) e *Horovitzia* Badillo (1 espécie) (TRINDADE, 2000).

O mamão tem grande aceitação no mercado interno e externo, por apresentar sabor agradável, teor de açúcar apropriado, baixa acidez, equilíbrio de nutrientes e a presença de vitaminas A e C, sendo o fruto bastante conhecido em virtude das propriedades nutricionais e benéficas à saúde humana, tais como sua função de reguladora do sistema gastro-intestinal (ARAUJO, 2007).

O mamoeiro é uma planta perene herbácea, de caule verde com até 8 m de altura com haste única, ereta, flexível, encimada por uma coroa de folhas grandes recortadas, apresenta flores brancas ou amareladas. Possui uma vida útil de três a quatro anos (SIMÃO, 1998). O fruto do mamoeiro é uma baga carnosa, derivada de um único ovário, normalmente com cinco carpelos. O fruto pode ser arredondado cilíndrico ou piriforme, de tamanho variável, polpa carnosa, de coloração vermelho-alaranjada com numerosas sementes pretas. A casca geralmente é fina, bastante resistente, aderida à polpa, lisa de cor verde escuro, que se vai tornando amarelada ou alaranjada, à medida em que o fruto vai amadurecendo (QUEIROZ, 2009).

As cultivares de mamoeiro mais exploradas no Brasil são classificadas em dois grupos, conforme o tipo de fruto: Solo e Formosa. As variedades do grupo Formosa são adequadas somente à comercialização no mercado interno, seus frutos são alongados, variando de 800 a 1500 gramas, enquanto que as do grupo Solo são comercializadas nos mercados interno e externo. O grupo Solo, no qual se encontra a maioria das cultivares de mamão utilizadas no

mundo apresenta, no Brasil um domínio quase que absoluto de duas cultivares: “Sunrise Solo” e “Improved Sunrise Solo Line 72/12”. As cultivares desse grupo são linhagens puras, isto é, possuem material geneticamente uniforme, fixado por sucessivas gerações de autofecundação (DANTAS, 2000). A cultivar ‘Sunrise Solo’ procedente da Estação Experimental do Havai (EUA), mais conhecida no Brasil como mamão Havai, Papaya ou Amazônia, é resultado do cruzamento do mamão ‘Pink Solo’ com a linhagem Katiya Solo (HAMILTON e ITO, 1986). Os frutos são piriformes, variando de 350 a 600 gramas, possui casca lisa e firme, polpa vermelho-alaranjada de boa qualidade e cavidade interna estrelada (SOUZA JR, 2000). A produção começa entre 8 e 10 meses após o plantio, produzindo em média 40t/ha/ano.

É uma variedade precoce, apresenta alta produtividade e frutos bem uniformes, teve rápida aceitação pelos consumidores e, por apresentar características que se adaptam melhor às exigências do mercado internacional, abriu novo e importante mercado externo para o Brasil (TRINDADE, 2000).

## 2.2 - Alterações pós-colheita do mamão

O mamão está sujeito a uma variedade de alterações físicas e químicas após a colheita, como modificações da textura, aroma, sabor e cor. Por isso, requer muita atenção no manuseio pós-colheita, pois sua susceptibilidade a vários fatores, como temperaturas extremas, baixa umidade, doenças e danos mecânicos, podem comprometer sua qualidade dificultando a comercialização e aumentando as perdas pós-colheita (MOLINARI, 2007).

É um fruto que se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, completando seu amadurecimento em aproximadamente uma semana sob condição ambiente. No entanto, vários fatores de pré e pós-colheita podem reduzir sua vida de prateleira. Esses fatores podem manifestar-se nos frutos, isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e/ou qualitativas nas diferentes fases da comercialização (COSTA e BALBINO, 2002).

Para a preservação da qualidade e minimização das perdas pós-colheita a conservação do produto, sob uma faixa de temperatura de refrigeração adequada para retirada do calor de campo, torna-se essencial. Os processos de deterioração e as perdas de qualidade nutricional aumentam devido à ação das enzimas atuantes no processo respiratório, cuja atividade

aumenta de duas a quatro vezes para cada aumento de 10°C, nas condições em que ela se encontra (KADER, 2002).

O processo respiratório envolve uma série de reações de oxirredução, cujos compostos orgânicos são oxidados a CO<sub>2</sub>, sendo este considerado o principal fator que contribui para as perdas pós-colheita de produtos perecíveis (MAHAJAN e GIOSWAMI, 2001). A respiração consiste na decomposição oxidativa de substâncias complexas presentes nas células, como o amido, açúcares e ácidos orgânicos em moléculas simples, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, com produção de energia (calor e ATP). A taxa de respiração depende tanto de fatores internos quanto de fatores externos. Entre os fatores internos estão a espécie, a cultivar e o estágio de desenvolvimento. Entre os fatores externos estão a temperatura, a composição atmosférica (concentrações de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e etileno) e os estresses (KLUGE et al., 2002).

Um fator determinante na longevidade da fruta após a colheita é o tipo ou padrão respiratório. Em função do padrão respiratório as frutas podem ser classificadas em climatéricas e não climatéricas. O mamão é classificado como fruta climatérica, ou seja, com elevada atividade respiratória durante a maturação, apresentando as seguintes fases: a) pré-climatérico; b) ascensão climatérica; c) pico climatérico; seguintes e d) pós-climatérico. No mamão, o pico climatérico ocorre simultaneamente com a fase de amadurecimento, ponto em que apresenta as melhores condições de qualidade para o consumo (MANICA et al., 2006).

No amadurecimento ocorrem reações de síntese e de degradação, em que a energia liberada nesse processo é utilizada para várias atividades fisiológicas e manutenção da integridade celular. A energia é suprida por alguns processos degradativos e grande demanda dessa energia ocorre no sistema para a continuação do processo, incluindo síntese protéica e produção de etileno, dentre outros. O etileno é conhecido como “hormônio do amadurecimento”, por desencadear as reações características do climatério, marcando a transição entre as fases de desenvolvimento e de senescência de frutos e outros órgãos vegetais (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O conhecimento das mudanças metabólicas que ocorrem durante a maturação, torna-se essencial para prolongar a conservação da qualidade dos frutos e prevenir os distúrbios fisiológicos. As características físicas, como a massa, textura e coloração influenciam na aceitabilidade dos frutos pelo consumidor e no rendimento industrial, enquanto as características físico-químicas, reveladas pelos teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez

total titulável (ATT) e a relação SST/ATT, são indicadoras das características organolépticas, importantes tanto na industrialização quanto no consumo dos frutos in natura (ALVARENGA e FORTES, 1985).

### 2.2.1 - Perda de massa fresca

Os produtos hortícolas, constituídos basicamente por conteúdo aquoso, apresentam teores de água superiores a 90% e, no caso do mamão, esse conteúdo é de 86%. O teor de água de um produto é composto principalmente pela água presente no interior das células, que é mantida através de forças osmóticas e se refere à água livre mas há uma pequena parcela de água ligada quimicamente, sendo mais estável e difícil de ser perdida. A perda deste conteúdo, além de refletir no decréscimo de peso dos produtos, trará como conseqüências, o enrugamento dos tecidos e a perda do brilho e da textura, características essas muito importantes para produtos comercializados com base na aparência. O produto armazenado pode perder seu conteúdo aquoso através dos processos de evaporação, perda da água de superfície do produto e transpiração, que compreende a liberação de vapor d'água dos espaços intercelulares para a atmosfera externa (KECHINSKI, 2007).

A perda de água de produtos armazenados não só resulta em perda de massa, mas também em perda de qualidade, sobretudo pelas alterações na textura. Porcentagens de perda de água podem ser toleradas mas aquelas responsáveis pelo murchamento ou enrugamento devem ser evitadas. O murchamento pode ser retardado ao se reduzir a taxa de transpiração, o que pode ser feito por aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura, redução do movimento do ar e uso de embalagens protetoras, como os filmes plásticos (BARROS et al., 1994).

O mamão, pelo fato de possuir casca fina, apresenta elevada perda de água pela transpiração (COSTA, 2002). RIBEIRO (2002), trabalhando com 'Tainung 01', em condições ambientais e sem tratamento pós-colheita, observou perda de massa crescente de 4,64% aos três dias, para 11,60% aos nove dias de armazenamento.

### 2.2.2 - Textura

Muitas vezes o termo textura tem sido confundido, com firmeza. A firmeza de polpa é um dos componentes da textura e sua determinação é uma maneira prática e objetiva de determinar a textura das frutas. A textura é mais complexa e de difícil determinação, uma vez que reflete a sensação produzida nos lábios, língua, mucosa da boca, dentes e ouvidos. Essas sensações são representadas pela dureza, maciez, fibrosidade, suculência, granulosidade, qualidade farinácea, resistência e elasticidade. A textura sofre modificações consideráveis durante o amadurecimento e conservação das frutas, sendo o amaciamento ou amolecimento dos tecidos a alteração mais marcante. O amolecimento de uma fruta pode ser resultante de três processos: perda excessiva de água dos tecidos, com diminuição da pressão de turgescência, o que ocorre em situações de armazenamento em baixa umidade relativa do ar; quebra do amido ou modificações observadas na lamela média e parede celular, devido principalmente à atividade enzimática (KLUGE et al., 2002).

A firmeza indica o estágio de maturação do fruto, é um dos principais atributos de qualidade, pois influencia na aceitabilidade dos consumidores. Frutos com baixa firmeza apresentam menor resistência ao transporte, armazenamento e manuseio (FAGUNDES e YAMANISHI, 2001).

A perda de firmeza da polpa é um dos resultados das alterações decorrentes do amadurecimento e confere importante significado comercial, por se tratar de um atributo de qualidade para a aceitação pelo consumidor. Além disso, o amaciamento excessivo é o principal fator responsável pelas limitações na vida útil, transporte e armazenamento, por favorecer a ocorrência de danos físicos durante o manuseio e por aumentar a suscetibilidade a doenças (GOULAO e OLIVEIRA, 2008). O amaciamento da polpa é o resultado de extensa modificação na parede celular que ocorre durante o amadurecimento de frutos e envolve mudanças na composição e organização das pectinas, hemiceluloses e polissacarídeos celulósicos da parede celular (DUAN et al., 2008).

A diminuição da firmeza da polpa do mamão é atribuída à atividade das pectinases, em especial a poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME). A ação da PG aumenta durante o amadurecimento, sendo mais pronunciada nas porções internas do pericarpo.

Observa-se durante o amadurecimento, diminuição de 20 a 30 vezes na firmeza da polpa do fruto (JACOMINO et al., 2003).

Em estudo realizado com o mamão 'Golden' colhido nos estádios 0, 1, 2 e 3, BRON e JACOMINO (2006) demonstraram que os mamões atingiram condição de consumo (firmeza da polpa = 20 N) em 7, 6, 4 e 3 dias, quando armazenados a 23°C.

### 2.2.3 - Coloração

A coloração da casca é uma característica muito usada para classificação de frutos no processo do amadurecimento, em que são observados estágio de maturação, ponto de colheita e qualidade comestível (MENDOZA e AGUILERA, 2004). É um importante atributo de qualidade e determina o valor comercial dos frutos, pois a cor é responsável pelo impacto visual mais marcante. Este é o principal parâmetro usado como critério de seleção pelos consumidores (LIMA, 2004).

O mamão tem, como característica, uma mudança gradual e desuniforme na cor da casca de verde para amarelo formando, inicialmente, estrias amarelas, partindo da região estilar para a inserção peduncular do fruto (OLIVEIRA et al., 2002).

A casca do mamão maduro mostra uma ampla variação de mistura de cores, do verde para o vermelho e amarelo. A coloração externa do fruto é um fator significativo para a preferência do consumidor. Os principais pigmentos no fruto são clorofila e carotenos, que são sintetizados pela via dos fenilpropanóides. Durante o amadurecimento a clorofila é rapidamente degradada. Entretanto, carotenóides da polpa continuam a aumentar nos frutos destacados quando o amadurecimento se inicia (RODRIGUES et al., 2003).

O desverdecimento e amarelecimento do mamão decorrem da degradação da clorofila e síntese de carotenóides, respectivamente. Durante este período a taxa respiratória aumenta rapidamente atingindo o máximo climatérico na plena maturação. Após o desverdecimento ocorre perda de massa, a polpa se torna mais macia, ocorrendo o desaparecimento do látex. A celulose e a pectina da parede celular são transformadas em compostos solúveis pela ação de enzimas, aumentando a acidez titulável devido ao aumento de ácidos orgânicos (DRAETTA et al., 1975).

Em seu estudo realizado por ALMEIDA et al. (2005), observaram que os frutos de mamoeiro cv 'Golden' apresentaram sintomas de injúria pelo frio durante o período de seis a doze dias de estocagem a 6 °C, caracterizados pelo escurecimento da casca.

#### 2.2.4 - Acidez

O mamão é um fruto de sabor adocicado, com baixa acidez, geralmente apresentando valores menores que 0,2% em ácido cítrico. No mamão predominam os ácidos cítricos e málico, seguidos do alfa-cetoglutárico em quantidade bem menor os quais, juntamente com o ácido ascórbico, contribuem com 85% do total de ácidos no fruto. Todavia, o conteúdo de ácido málico tende a decrescer sempre que o mamão amadurece (BALBINO e COSTA, 2003).

Os ácidos se degradam rapidamente depois da colheita, caso o fruto seja mantido em temperatura ambiente. Este decréscimo pode ser retardado pelo uso do frio ou com atmosferas controladas. A relação entre açúcares e ácidos é muito importante na caracterização das variedades dos frutos e, em geral, sua evolução, é inversa em respectivas concentrações: enquanto os açúcares aumentam com o amadurecimento, os ácidos diminuem (CARVALHO FILHO, 2000).

A acidez titulável do mamão aumenta com o amadurecimento até atingir aproximadamente 75% da coloração da casca amarela e a partir daí os níveis decrescem, exceto no interior do mesocarpo, onde a acidez titulável aumenta até o fruto atingir completo amarelecimento (BICALHO, 1998). O aumento da acidez titulável durante o amadurecimento ocorre, provavelmente, em decorrência da formação de ácido galacturônico, proveniente da degradação das pectinas. A diminuição da acidez está relacionada com o processo respiratório e o consumo dos açúcares. Os ácidos se constituem em uma excelente fonte de reserva energética para o fruto, através de sua oxidação no Ciclo de Krebs (BRON, 2006).

Em mamão 'Formosa' submetido a diferentes temperaturas, ROCHA et al. (2007), verificaram que os níveis de acidez dos frutos durante o armazenamento refrigerado foram inferiores quando comparados com os obtidos por ocasião da colheita.

### 2.2.5 - Sólidos Solúveis Totais

A porcentagem de sólidos solúveis (SS) é uma das principais características utilizadas para avaliar a qualidade dos frutos, expressa em °Brix. Por definição, °Brix corresponde à porcentagem de matéria seca nas soluções de sacarose quimicamente puras.

Na maioria dos alimentos a sacarose está presente com outros sólidos constituídos por açúcares, ou seja, em soluções não quimicamente puras (SOUZA e FERREIRA, 2004).

Os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas. Comumente, são expressos em °Brix e têm tendência de aumento com o avanço da maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O aumento no teor de sólidos solúveis pode ser atribuído ao acúmulo de açúcares e o aumento da acidez à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da parede celular, processos que ocorrem durante o amadurecimento do mamão, ainda que em pequena escala. A concentração de açúcares aumenta ligeiramente durante o desenvolvimento do fruto e acentuadamente com o início do amadurecimento do mesmo na planta (BALBINO e COSTA, 2003). Os principais carboidratos presentes na polpa do mamão são: sacarose, glicose e frutose (MARTINS e COSTA, 2003).

### 2.2.6 - Relação Sólidos Solúveis e Acidez Titulável (SS/AT)

A acidez e os sólidos solúveis são as variáveis que mais interessam à indústria de processamento de frutos. Também são variáveis que indicam o estágio de maturação fisiológica dos mesmos. A relação SS/AT é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Esta relação tende a aumentar durante o amadurecimento, devido ao aumento nos teores de açúcares e a diminuição dos ácidos. Desta forma, todos os fatores, sejam eles ambientais ou fisiológicos, que interferem no metabolismo dos açúcares e ácidos, estarão interferindo na relação SS/AT e, conseqüentemente, no sabor do fruto (HOJO, 2005).

### **2.2.7 - Potencial hidrogeniônico (pH)**

De acordo com GOMES (2002), pH é a acidez da fruta ou de um alimento qualquer, devendo-se ao fato de que os ácidos presentes nos alimentos se encontram parcialmente na forma molecular e, parcialmente, na forma dissociada, sendo esta que apresenta as propriedades ácidas.

De acordo com CECCHI (2003), a medida do pH é imprescindível para as determinações de deterioração do alimento com o crescimento de micro-organismos, atividade das enzimas, textura de geléias e gelatinas, retenção de sabor e odor de produtos de frutas, estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutos, verificação de estado de maturação de frutas e indicação de embalagem.

Segundo MANICA et al. (2006), o valor do pH do mamão varia entre 5,2 a 6,25 quando o fruto se encontra maduro.

## **2.3 - Conservação pós-colheita**

Diversos são os métodos de conservação pós-colheita, destacando-se o armazenamento refrigerado associado à atmosfera modificada, que contribuem para o prolongamento da vida útil e manutenção da qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças.

### **2.3.1 - Armazenamento refrigerado**

O armazenamento refrigerado (AR) consiste apenas na redução da temperatura e controle da umidade relativa. A grande vantagem deste método é ser mais econômico para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças frescas. Os demais métodos de controle do amadurecimento e das doenças são utilizados como complemento do abaixamento da temperatura (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo GONZÁLEZ e LOBO (2006), o emprego de baixa temperatura deve ser aplicado em toda a cadeia de comercialização, ou seja, durante o processamento, armazenamento e comercialização, uma vez que minimiza alterações fisiológicas indesejáveis e possibilita a elevação da vida útil de frutas e vegetais.

A diminuição da temperatura do produto vegetal logo após a colheita é fundamental para reduzir a respiração, produção de etileno e a transpiração, principais fatores da deterioração fisiológica desses produtos. Apesar do uso da refrigeração ser indispensável, para cada tipo de produto existe a faixa de temperatura adequada para evitar injúrias fisiológicas (SAAVEDRA DEL AGUILA, 2004)

Em frutos climatéricos a redução da temperatura retarda o próprio pico climatérico e, por conseguinte, o amadurecimento. Entretanto, as frutas tropicais são muito sensíveis ao frio, com temperaturas abaixo do limite crítico para cada espécie, podendo apresentar uma série de alterações indesejadas, como aumento na atividade respiratória e na produção de etileno, escurecimento da casca e/ou, da polpa, incapacidade para o amadurecimento normal, menor resistência ao ataque de micro-organismos e perda do aroma e sabor (SANTOS, 2008).

A temperatura tem efeito significativo na atividade respiratória do mamão, podendo provocar aumento ou redução no metabolismo, acelerando ou retardando a senescência; entretanto, existe um limite mínimo e máximo de temperatura com o qual não ocorrem danos no fruto. A temperatura mínima para o mamão a ¼ de maturação é 8 °C, porém em frutos verdes, mas fisiologicamente desenvolvidos, esta temperatura é de 10 °C (BLEINROTH e SIGRIST, 1995).

Segundo JACOMINO (2003), o armazenamento do mamão em temperatura de 7 °C somente é tolerado em condições normais, por frutos com mais de 50% de casca amarela, ou seja, a partir do estágio 3 de maturação. O mesmo autor relata que, para os estágios 1 e 2 de maturação, as temperaturas recomendadas para a conservação são 10 a 12 °C.

ROCHA et al. (2007), avaliaram a qualidade e a vida útil pós-colheita do mamão formosa armazenado sob temperaturas refrigeradas e notaram que a melhor estimativa foi obtida para os frutos submetidos a 10°C, 90 ± 5% UR, até 20 dias; após este período de armazenamento começaram a desenvolver sintomas de danos pelo frio, agravando-se com a extensão do armazenamento e, no armazenamento a 12°C, 90 ± 5% UR, observou-se um amadurecimento acelerado com amolecimento aquoso da polpa, a partir de 28 dias.

### 2.3.2 - Atmosfera modificada

O armazenamento em atmosfera modificada consiste no envolvimento de frutos com uma embalagem polimérica, a qual é posteriormente fechada para ocorrer a modificação das pressões parciais dos gases em seu interior (THOMPSON, 2002). Esta modificação da atmosfera ocorre devido ao balanço entre o consumo de  $O_2$  mais a liberação de  $CO_2$ , ambos decorrentes do processo respiratório dos frutos, e a permeabilidade do filme polimérico a esses gases. Assim, a intensidade da modificação da atmosfera depende da atividade respiratória do produto armazenado e da permeabilidade do filme polimérico (FONSECA et al., 2002).

A atmosfera modificada consiste numa técnica conservacional de frutas e hortaliças que vem sendo muito utilizada na preservação da qualidade. Este tipo de acondicionamento contribui para o decréscimo de perdas pós-colheita, por meio da redução da atividade metabólica e da perda de água, melhorando o aspecto comercial de frutas e hortaliças (VILA, 2004).

O armazenamento de frutas em atmosfera modificada vem sendo utilizado por pequenos e médios produtores, como alternativa para a conservação desses produtos perecíveis, uma vez que exige um investimento menos oneroso e menor nível de tecnologia que a atmosfera controlada (BRACKMANN et al., 2004). A atmosfera modificada, quando utilizada corretamente, torna-se muito eficiente em retardar o metabolismo e manter a qualidade do produto por períodos prolongados de armazenamento (CHEN et al., 2000).

Modificações na microatmosfera de armazenagem podem ser obtidas por meios ativos ou passivos. Na modificação passiva, a atmosfera é criada por meio da própria respiração do produto dentro da embalagem, até que se atinja um equilíbrio. No caso de uma modificação ativa, a atmosfera é criada inflando o espaço livre da embalagem com uma mistura gasosa predeterminada ou, ainda, por meio de um material contido em sachês ou incorporado diretamente à embalagem, capaz de promover alterações na composição gasosa, sendo que, em ambos os casos, uma vez que a atmosfera modificada se estabelece, ela é mantida por um equilíbrio dinâmico entre respiração e permeação (AZEREDO et al., 2000).

A aplicação de filmes poliméricos, ceras ou biofilmes em frutas e hortaliças, expostos a temperaturas baixas ou mesmo a temperatura ambiente, caracteriza a modificação da

atmosfera, provocando redução de perda de água e diminuição da atividade respiratória (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os biofilmes comestíveis, tendo o amido como biopolímero para sua formação, começam a serem estudados de forma mais intensa haja vista que apresentam, como característica, a capacidade de formar películas resistentes e transparentes, sendo eficientes barreiras à perda de água, proporcionando bom aspecto e brilho intenso, tornando frutos e hortaliças comercialmente atrativos (VILA, 2004).

Portanto, a escolha do tipo de filme é fundamental para o êxito do armazenamento, uma vez que a embalagem deve manter a atmosfera protetora durante o maior tempo possível para se obter a vida útil máxima, sem propiciar atmosfera tóxica ao produto (SALVEIT, 2003).

### **2.3.3 - Biofilmes de fécula de inhame**

Biofilmes são definidos como filmes finos preparados a partir de materiais biológicos derivados de polissacarídeos, proteínas ou lipídios os quais, quando usados como embalagem, agem como barreira a elementos externos como umidade, óleo e gases e, conseqüentemente, protegem o produto, aumentando a vida de prateleira (DEBEAUFORT et al., 1998; KROCHTA, 2002; PALMU et al., 2002). Entre as proteínas que podem formar filmes estão o glúten do trigo, as proteínas do leite, da soja e do milho, o colágeno e as gelatinas de origem animal. Entre os polissacarídeos estão os derivados de celulose, amido, alginatos, quitosanas, pectinas e diferentes gomas e, entre os lipídios, as ceras e os ácidos graxos (KROCHTA, 2002; THARANATHAN, 2003).

Os biofilmes apresentam bom aspecto, não são pegajosos, são brilhantes e transparentes, melhorando o aspecto visual dos frutos e, não sendo tóxicos, podem ser ingeridos juntamente com o produto protegido. O biofilme é removido com água e apresenta-se também como produto comercial de baixo custo (LEMOS, 2006).

A formação dos biofilmes ocorre na presença de macromoléculas, para formar uma rede polimérica, solvente e plastificante. A formação dos filmes geralmente envolve associações inter e intramoleculares ou ligações cruzadas de cadeias de polímeros, formando uma rede tridimensional semirrígida que retém o solvente (RINDLAV-WESTLING et al., 2003; THARAHATHAN, 2003).

Quanto à sua aplicação, os biofilmes podem ser de dois tipos: cobertura, quando são aplicados diretamente nas superfícies dos alimentos e são comestíveis, e filmes que possuem a capacidade de formar estruturas mecanicamente auto-sustentáveis, podendo ser comestíveis ou somente biodegradáveis (KROCHTA, 2002; PALMU, 2003).

O amido obtido de tubérculos de eará ou inhame (*Dioscorea alata*) se configura, pelo seu teor médio de amilose (30%), como alternativa interessante para a confecção de filmes e revestimentos biodegradáveis e/ou comestíveis (MALI e GROSSMANN, 2003).

O biofilme (película) de fécula de inhame é obtido através da geleificação do amido, que ocorre acima de 70 °C, com excesso de água. De acordo com FRANCO et al. (2001), essas temperaturas variam para diversas espécies de inhame, de 77,5 °C para *D. esculenta* a 82,8 para *D. alata*. A fécula gelatinizada que se obtém quando resfriada, forma películas em virtude das suas propriedades de retrogradação. Na retrogradação pontes de hidrogênio são formadas e o material disperso volta a se organizar em macromoléculas, originando uma película (OLIVEIRA, 2000).

GUEDES (2007), estudando o efeito do comportamento de mangas revestidas por biofilme nas concentrações 1, 2, 3 e 4% de fécula de mandioca, observou que as concentrações 3 e 4%, foram eficientes em retardar o metabolismo dos frutos de manga 'Rosa'.

Em frutos de mamão Formosa Tainung observou-se que a vida útil pós-colheita foi prolongada em quatro dias com revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca a 1 e 3%, sem terem sua qualidade prejudicada em função do retardamento do processo de maturação (PEREIRA et al., 2006).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### 3.1 Matéria-prima

Foi utilizado como matéria-prima, neste trabalho o mamão cultivar “Havaí”. Utilizaram-se para elaboração do biofilme de proteção dos frutos, tubérculos de inhame da variedade São Tomé, ambos provenientes do comércio do município de Campina Grande. Os frutos de mamão foram submetidos a um processo de seleção manual e visual, no momento da aquisição, com o objetivo de eliminar os frutos danificados e obter um lote uniforme, composto por frutos no estágio I de maturação, conforme a classificação proposta por FOLEGATTI e MATSUURA (2002) (Figura 1.3.1). Após a seleção os frutos foram higienizados mediante lavagem com detergente neutro e submetidos a imersão em solução de hipoclorito a 50 ppm, durante cinco minutos. Os tubérculos de inhame também foram submetidos aos processos de seleção e sanitização, antecedendo o procedimento de extração da fécula.



**Figura 1.3.1** - Frutos de mamão da variedade “Havaí” (Fonte: Autor)

### 3.1.1 - Extração da fécula de inhame

Para a extração da fécula de inhame foram utilizados tubérculos de inhame, preparados de acordo com a metodologia proposta por DAIÚTO e CEREDA (2003), apresentando algumas modificações.

Os tubérculos foram lavados em água corrente para eliminação de sujidades, descascados e cortados em frações menores; em seguida, mergulhados em uma solução de bissulfito de sódio a 0,5 M, como forma de inibir a ação enzimática. Os tubérculos foram triturados com uma solução NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup>. O material foi então filtrado em saco de organza e em seguida levado para decantação a uma temperatura de 5 °C, por aproximadamente 24 horas; após este período o sobrenadante foi descartado. A suspensão de amido foi tratada com água destilada. Este processo de suspensão e decantação foi repetido até a eliminação da mucilagem do amido.

O material recolhido foi colocado em bandejas e congelado a -18 °C; em seguida, a fécula de inhame congelada foi liofilizada em um equipamento Terroni modelo LB 1500, durante 24 horas, peneirado e embalado em sacos do tipo zip lock, até a confecção dos biofilmes.

### 3.1.2 - Obtenção e aplicação do biofilme de fécula de inhame

As concentrações de biofilme de fécula de inhame aplicadas nos frutos de mamão (2, 3 e 4%), foram obtidas a partir da diluição em 3 litros de água destilada das seguintes quantidades de fécula de inhame: 2% - 60 g; 3% - 90 g; 4% - 120 g (material seco). Estas concentrações de biofilme foram preparadas por aquecimento sob agitação constante até a completa gelatinização da fécula. Em seguida as concentrações foram mantidas em repouso até o resfriamento em temperatura ambiente.

Os frutos de mamão foram separados em grupos e submetidos a tratamentos por imersão em suspensões de 2, 3 e 4% fécula de inhame (Figura A) por 1 minuto e secados em temperatura ambiente, um grupo foi mantido sem recobrimento, constituindo o tratamento controle. Em seguida foram colocados em bandejas plásticas e armazenados em câmara tipo BOD (Figura B) nas seguintes temperaturas de 5, 10 e 15 °C.



**Figura 1.3.2** - Frutos de mamão imersos em uma concentração de fécula de inhame (A), frutos de mamão armazenados em câmara tipo BOD (B) (Fonte: Autor)

## 3.2 - Análises físicas

### 3.2.1 - Aparência dos frutos

A aparência dos frutos foi analisada através de imagens (registros fotográficos) obtidas do fruto durante o período de armazenamento. Para caracterização dos efeitos dos tratamentos sobre a qualidade visual das amostras, foram observadas as seguintes alterações na superfície dos frutos: incidência de doenças, abrangência das lesões na superfície do fruto, perda de turgidez e grau de maturação.

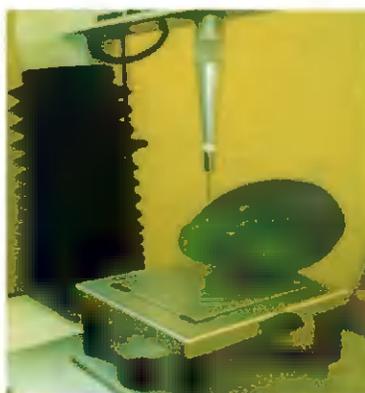
### 3.2.2 - Avaliação da firmeza

As modificações ocorridas na textura dos frutos de mamão durante o armazenamento, foram analisadas empregando-se um texturômetro TA.XT plus (Stable Micro Systems).

Realizaram-se testes destrutivos de força de resistência máxima oferecida pelo fruto para penetração. O teste de penetração foi realizado em frutos inteiros, utilizando-se uma haste cilíndrica de aço inoxidável de 2 mm de diâmetro, a uma velocidade de penetração de 1 mm/s

e distância percorrida de 10 mm de profundidade. As medições foram realizadas em três regiões distintas (peduncular, mediana e estilar) de cada fruto.

Em cada região foram realizadas repetições em triplicata em pontos equidistantes, obtendo-se um valor médio da força máxima de penetração (N) que expressa a resistênea do fruto à penetração.



**Figura 1.3.3** - Texturômetro digital Stable Micro Systems, modelo TA.XTplus

### 3.2.3 - Cor

A coloração da casca e da polpa foi determinada através do colorímetro de Hunter, modelo Hunterlab Miniscan. Inicialmente, o equipamento foi calibrado com duas superfícies; uma de porcelana branca e outra de porcelana preta, sendo expressas no módulo  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . As medidas foram feitas tomando-se três pontos equidistantes sobre a casca do fruto, no sentido do eixo rotacional do fruto na posição de repouso. Para determinação da coloração da polpa cortou-se o fruto na região central onde foram feitas três leituras. O colorímetro utilizado posiciona a cor num sistema tridimensional, sendo que o eixo " $a$ " representa a cromaticidade entre as cores verde e vermelha, o eixo " $b$ " entre o amarelo e o azul, e o " $L$ " o brilho. Neste experimento utilizou-se do eixo " $L$ " para representar o brilho do fruto, o eixo " $a$ " por representar a perda da cor verde e o eixo " $b$ " para representar a evolução do amarelo.

### 3.2.4 - Perda de massa

Avaliou-se a perda de massa considerando-se a diferença entre a massa inicial do fruto após o armazenamento refrigerado e aquela obtida ao final de cada período de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 27 dias) nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C, sendo expressa em porcentagem (%) e calculada pela seguinte expressão:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final})}{\text{massa inicial}} \times 100 \quad (1)$$

## 3.3 - Análises química e físico-químicas

Após as avaliações físicas a polpa comestível foi triturada em um liquidificador industrial; em seguida, foram realizadas as seguintes análises: acidez titulável, sólidos solúveis e pH. As análises foram feitas a cada quatro dias, até o fim do período de armazenamento, que compreendeu 28 dias.

### 3.3.1 - Acidez titulável (AT)

A acidez total titulável foi determinada pelo método acidimétrico utilizando-se uma solução tampão padronizada de NaOH 0,1N. Pesaram-se aproximadamente 5g da polpa homogeneizada em um béquer, adicionando 50 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína; em seguida, titulou-se com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N até atingir coloração rosa-claro. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico segundo o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### 3.3.2 - Sólidos solúveis (SS)

O teor de sólidos solúveis em °Brix foi determinado por leitura direta, através de um refratômetro manual de marca ATAGO. A leitura realizada foi corrigida de acordo com a

temperatura, utilizando-se a tabela contida no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### **3.3.3 - Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT)**

Os resultados foram expressos por meio do valor absoluto encontrado entre a relação do teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

### **3.3.4 - Potencial hidrogênio (pH)**

O pH foi realizado através do método potenciométrico, utilizando-se peagâmetro da marca Tecnal modelo Tec-200, calibrado com solução tampão de pH 7,00 e 4,00 e determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

## **3.4 - Delineamento experimental**

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), para as variáveis: cor, textura, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SS/AT e pH. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4 x 3 x 8, com três repetições. Os fatores estudados foram: a concentração do biofilme de fécula de inhame (0, 2, 3, e 4% de fécula), as temperaturas (5, 10 e 15°C) e os períodos de armazenamento (0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 dias). Para análise de perda de massa o esquema fatorial adotado foi 4 x 3 x 10, constituído de dez períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 27).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2010).

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização inicial dos frutos

Na Tabela 1.4.1 tem-se os valores médios da caracterização física e físico-química inicial dos frutos.

Os primeiros valores são de teor de sólidos solúveis e a acidez titulável, que são características importantes e interferem no sabor e aceitação dos mamões. Os valores médios dos sólidos solúveis totais e da acidez determinados para a polpa de mamão são, respectivamente, iguais a 14,97 °Brix e 0,149 % de ácido cítrico. Esses valores foram maiores do que os encontrados por MOLINARI (2007) para o mamão “Golden” que foram de 11,99 °Brix e 0,128, indicando que a variedade “Havai” tem sabor mais adocicado que a variedade “Golden” além de um quantitativo maior de ácido cítrico.

O valor de pH encontrado para o mamão Havai foi igual a 4,45. Este valor indica que a variedade “Havai” possui sabor mais ácido que a variedade “Golden” pois, de acordo com o trabalho feito por MOLINARI (2007), o valor do pH para esta variedade de mamão foi de 5,02; contudo, PINTO et al. (2006) obtiveram, em suas pesquisas com armazenamento de mamão “Golden” sob refrigeração, um valor de pH ainda maior, que foi de 6,20 para o tratamento controle do mamão revestido com filme plástico. Esta variação de pH encontrado em frutas de mesma variedade, reflete muito mais as condições climáticas e de insumos em que elas foram produzidas do que propriamente a característica de uma variedade; contudo, a afirmativa de que uma variedade é mais ácida do que outra possa ser dita, é necessário, para tanto, que um estudo sistêmico seja realizado com esse objetivo.

A razão SST/AT é um indicador da aceitação sensorial do fruto sendo mais representativa do que os dados isolados das medidas de açúcares ou da acidez total (PINTO et al., 2006). Observa-se que o valor médio da relação SST/AT do mamão Havai foi igual a 100,51, sendo este maior que o valor determinado por PEREIRA et al. (2006), que foi de 91,60 para o mamão ‘Formosa’ e inferior, portanto, ao valor de 164,3 obtido por PINTO et al. (2006) para o tratamento controle do mamão revestido por filme plástico e armazenado sob refrigeração.

Os parâmetros de cor (L, a, b) referentes à casca do fruto foram, respectivamente, de 40,74, -7,86, 33,59, cujos valores dos parâmetros foram menores do que os obtidos por OLIVEIRA (2002) ao caracterizar o estágio de maturação do mamão ‘Golden’, respectivamente, iguais a 54,55; -4,66; 24,82, exceto o parâmetro (b), que apresentou valor maior. O mamão “Havai” indicou um índice menor de luminosidade tendendo ao verde escuro porém, de acordo com o parâmetro “b”, o avanço da cor amarela neste fruto foi superior em relação à variedade “Golden”, determinada por OLIVEIRA (2002).

O tamanho e o peso são características físicas inerentes às espécies ou cultivares, além de utilizados como atributos de qualidade para seleção e classificação dos produtos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os valores referentes ao peso, diâmetro e comprimento do fruto, foram os seguintes 586,50 g; 99,00 mm e 132,70 mm; os valores obtidos referentes ao peso e diâmetro do mamão “Havai” foram maiores do que os reportados por BARBOSA (2006) para a mesma variedade; os valores do peso do fruto variaram entre 281,50 a 433,20 g; o diâmetro variou entre 45,00 a 58,00 mm; o valor referente ao comprimento foi inferior à faixa de variação encontrada pelo autor, ou seja, de 153,00 a 184,00 mm.

**Tabela 1.4.1 - Características físicas e físico-químicas iniciais do mamão Havai**

<b>Parâmetro</b>	<b>Média e Desvio Padrão</b>
Sólidos solúveis totais (°Brix)	14,97 ± 0,29
Acidez total titulável	0,149 ± 0,01
Relação SST/AT	100,51 ± 6,98
pH	4,45 ± 0,04
Cor da casca (L)	40,74 ± 0,23
Cor da casca (a)	-7,86 ± 0,12
Cor da casca (c)	33,59 ± 0,23
Peso do fruto (g)	586,50 ± 46,66
Diâmetro do fruto (mm)	99,00 ± 6,24
Comprimento do fruto (mm)	132,70 ± 12,90

## 4.2 - Análises físicas dos frutos

### 4.2.1 - Aspecto geral do mamão

As perdas na qualidade visual dos frutos de mamão “Havai” durante o armazenamento no período de 28 dias para cada tratamento, podem ser observadas na Tabela 1.4.2.

A partir do 4º dia de armazenamento foram observadas mudanças físicas para os frutos dos tratamentos controle (sem biofilme) e 2% de fécula de inhame armazenados na temperatura de 5°C, em que ambos apresentaram indícios de enrugamento. Os frutos revestidos com os tratamentos de 3 e 4% de fécula de inhame nas temperaturas de 5 e 10 °C, apresentaram aspecto de ressecamento do biofilme aos oito dias de armazenamento; comportamento semelhante foi observado por VICENTINI (1999), quando trabalhou com pimentão na concentração de 5% de fécula de mandioca.

A perda de qualidade visual foi mais acentuada na temperatura de 5°C, tornando os frutos impróprios para comercialização, a partir do 8º dia de armazenamento, para os tratamentos controle e 2% de fécula, a qualidade do mamão foi reduzida devido a danos pelo frio, apresentando estágio avançado de murchamento e escurecimento dos frutos. Para os frutos de mamão “Havai” revestidos com biofilmes nas concentrações de 3 e 4% de fécula de inhame, o efeito da injúria foi retardado; provavelmente essas concentrações promoveram uma barreira contra os danos provocados pelo frio. RIBEIRO (2002), estudando o mamão ‘Formosa’, híbrido ‘Tainung 01’, na temperatura ambiente, sem nenhum tratamento pós-colheita, observou que aos nove dias de armazenamento os frutos estavam impróprios para o consumo.

Os frutos submetidos a temperatura de 15 °C, independente do tratamento, começaram a apresentar os primeiros sinais de murchamento aos oito dias de armazenamento, verificando-se diminuição do avanço da cor amarela da casca e inibição do amadurecimento dos frutos com o aumento do tempo de armazenamento.

Na temperatura de 10 °C foi observada maior manutenção da qualidade pós-colheita do mamão, ao longo do armazenamento. Este resultado é semelhante ao constatado por JACOMINO et al. (2003), que verificaram haver uma faixa de temperatura para a conservação do mamão recomendando, em suas conclusões, a utilização de temperaturas entre 10 e 12 °C.

Os autores relatam também que, dependendo do estágio de maturação e da qualidade fitossanitária, o mamão pode ser conservado por até 28 dias.

Observa-se ainda, na Tabela 1.4.2 que no 24º dia de armazenamento a maioria dos frutos de mamão não apresentava condições satisfatórias para o consumo, verificando-se um elevado grau de murchamento e sinais de contaminação fúngica. No entanto, os frutos de mamão com tratamento controle e os revestidos com biofilme com 2% de fécula de inhume, na temperatura de 10°C, se apresentaram visualmente com aparência e coloração aceitáveis para comercialização, sem sinais de contaminação fúngica. A melhor característica de conservação do mamão quanto ao aspecto visual, foi constatada quando o fruto foi revestido com um biofilme de fécula de inhame na concentração de 2%, o que o tornou mais atraente, aumentando sua vida pós-colheita até os 24 dias de armazenamento.

Ao final dos 28 dias de armazenamento nenhum dos tratamentos empregados apresentou mamões com qualidade aceitável para comercialização. Em sua grande maioria, os frutos foram descartados em razão de defeitos de mancha, enrugamento e murchamento, além da desuniformidade na cor da sua casca.

**Tabela 1.4.2** - Aparência dos frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Temperatura 5°C	Tratamentos	Armazenamento (dias)							
		0	4	8	12	16	20	24	28
	Controle								
2% de fécula de inhame									
3% de fécula de inhame									
4% de fécula de inhame									

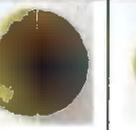
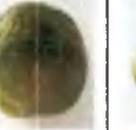
..... continuação

**Tabela 1.4.2 - Aparência dos frutos de mamão Havai revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento**

	Tratamentos	Armazenamento (dias)							
		0	4	8	12	16	20	24	28
Temperatura 10°C	Controle								
	2% de fécula de inhame								
	3% de fécula de inhame								
	4% de fécula de inhame								

..... continuação

**Tabela 1.4.2** - Aparência dos frutos de mamão Havai revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Temperatura 15°C	Tratamentos	Armazenamento (dias)							
		0	4	8	12	16	20	24	28
	Controle								
2% de fécula de inhame									
3% de fécula de inhame									
4% de fécula de inhame									

#### 4.2.2 - Perda de massa

Na Tabela 1.4.3 se encontram os valores de perda de massa do mamão tratado com diferentes percentuais de biofilmes de fécula de inhame. Verifica-se, nessa tabela, um aumento percentual de perda de massa dos frutos de mamão “Havai” com o decorrer do armazenamento em todos os tratamentos, acentuando-se a partir do 9º dia. Os frutos de mamão envoltos pelo biofilme na concentração de 3% de fécula de inhame apresentaram menor perda de massa e apresentando uma perda de massa de 18,56% aos 27 dias de armazenamento, enquanto as maiores perdas foram verificadas nos frutos tratados com 2% de fécula de inhame, os quais apresentaram uma perda de massa de 28,58% ao final do armazenamento. A observação de que uma quantidade maior de biofilme diminui a perda de massa dos frutos, também foi constatada por HENRIQUE e CEREDA (1999) que verificaram menor índice de perda de peso para frutos de morango quando tratados com um biofilme contendo 3% de fécula de mandioca, havendo conseguido com que esses frutos de morango pudessem ser armazenados durante 10 dias.

Ao final dos 28 dias de armazenamento os frutos de mamão apresentavam perda de massa de 23,90, 28,58, 18,56 e 22,63% para os tratamentos controle, 2, 3 e 4% de biofilme, respectivamente. Segundo CENCI (2002), perdas de massa maiores do que 5% já são suficientes para a depreciação do mamão; entretanto, alguns produtos ainda são comercializáveis com até 10% de perda do teor de água.

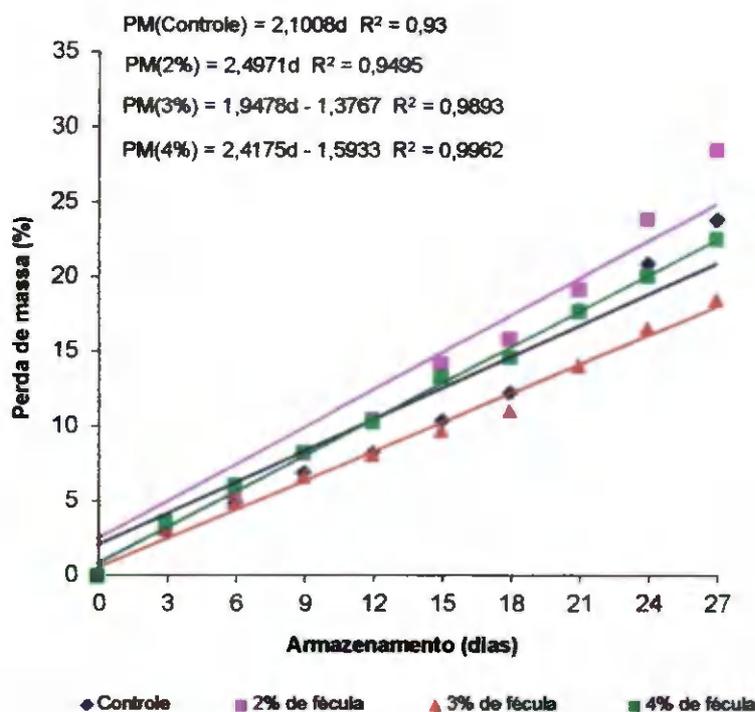
No período final de avaliação a perda de massa para os frutos revestidos com 2% de fécula de inhame foi 54% maior em relação aos frutos tratados com 3% de fécula de inhame, fato que pode ser atribuído ao aumento da espessura do revestimento que, provavelmente, promoveu uma redução da perda de água pelos frutos de mamão. De acordo com a Figura 1.4.1 observa-se que houve uma perda de massa significativa dos frutos de mamão, no final do período de armazenamento, para todos os tratamentos e que essa perda de massa aumenta linearmente com o aumento do período de armazenamento, para todos esses tratamentos, sendo observada maior perda de massa para os frutos de mamão revestidos com 2% de fécula de inhame pois, à medida em que os frutos foram amadurecendo os biofilmes foram perdendo sua permeabilidade aumentando, portanto, a transpiração e respiração e, conseqüentemente, ocorrendo maior perda de massa dos frutos (LEMOS, 2006).

**Tabela 1.4.3** - Valores médios de perda de massa (%) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 27 dias de armazenamento

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
Controle	0,00aJ	3,08dI	4,91dH	6,94cG	8,25cF	10,41cE	12,28cD	17,89bC	20,93bB	23,90bA
2% de fécula	0,00aJ	3,18cI	5,66bH	8,28bG	10,54aF	14,25aE	15,91aD	19,25aC	23,95aB	28,58aA
3% de fécula	0,00aJ	3,27bI	4,98cH	6,71dG	8,17dF	9,76 dE	11,11dD	14,13dC	16,67dB	18,56dA
4% de fécula	0,00aJ	3,67aI	6,15aH	8,33aG	10,34bF	13,36bE	14,68bD	17,75cC	20,12cB	22,63cA

DMS para colunas = 0,0370; DMS para linhas = 0,0457 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



**Figura 1.4.1** - Perda de massa (%) do mamão Havai submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Na Tabela 1.4.4 estão os dados médios obtidos ao final do experimento referentes à perda de massa, em relação às temperaturas de armazenamento. Observam-se, nesta tabela diferenças significativas entre as três temperaturas estudadas para todos os tratamentos analisados, sendo que os frutos de mamão armazenados à temperatura de 5 °C apresentaram médias de 16,54; 20,59; 6,36 e 9,32% para os tratamentos controle, e com biofilme contendo 2, 3 e 4% de fécula de inhame, respectivamente. Os tratamentos controle e com o revestimento do mamão com 2% de fécula de inhame, quando associados com a temperatura de 5 °C, não foram efetivos na contenção de perda de massa não promovendo, portanto, uma barreira efetiva contra a perda de água. Este aumento substancial na perda de massa na temperatura de 5 °C afetou a aparência dos frutos, descaracterizando totalmente sua qualidade.

Para os frutos de mamão armazenados a 10°C, as médias foram de 6,90; 8,29; 10,01 e 10,47% para os tratamentos controle, 2, 3, e 4%, respectivamente. Observa-se, assim, uma

contenção maior da perda de massa para os tratamentos mantidos a esta temperatura; entretanto, houve uma influencia negativa com o incremento dos biofilmes, promovendo maiores perdas de massa quando os mamões foram tratados com 3 e 4% de fécula de inhame em comparação com os do tratamento controle e dos protegidos com biofilme contendo 2% de fécula de inhame. Os dados obtidos neste trabalho se assemelham aos encontrados por ROCHA et al. (2005), uma vez que os autores obtiveram os menores índices de perda de massa para o mamão formosa, quando submetidos a armazenagem nas temperaturas de 8 a 10 °C.

Com relação à perda de massa dos frutos de mamão armazenados na temperatura de 15°C, constatou-se uma perda maior de massa com o aumento das concentrações de fécula de inhame do biofilme, quando os frutos tratados com 4% de fécula apresentaram, então, um percentual médio de 15,31%. Comportamento semelhante foi observado por LEMOS (2006), em que os tratamentos com fécula de mandioca apresentaram maiores valores de perda de massa dos pimentões em relação ao tratamento controle. A refrigeração, associada à atmosfera modificada através da aplicação dos biofilmes em todas as concentrações, não promoveu redução da perda de massa, uma vez que as maiores médias de perda de massa foram obtidas para esses frutos.

**Tabela 1.4.4** - Valores médios de perda de massa (%) de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C

Tratamentos	Temperatura (°C)		
	5	10	15
Controle	16,54 bA	6,90 dC	9,14 dB
2% de fécula	20,59 aA	8,29 cC	10,01 cB
3% de fécula	6,36 dC	10,01 bB	11,64 bA
4% de fécula	9,32 cC	10,47 aB	15,31 aA

DMS para colunas = 0,0203; DMS para linhas = 0,0185 (DMS: Desvio mínimo significativo)\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

### 4.2.3 - Textura

#### 4.2.3.1 - Textura (peduncular)

De acordo com a análise de variância, verifica-se que o parâmetro de textura, firmeza, foi afetado significativamente pela interação entre fatores tratamento, temperatura e tempo de armazenamento. Na Tabela 1.4.5 se encontram os valores médios da textura referentes à região peduncular dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, ao longo do armazenamento.

No 1º dia de avaliação os frutos de mamão “Havaf” dos tratamentos controle, com 2 e 4% de biofilme de fécula de inhame tiveram médias maiores de textura (esforço a penetração) do que os frutos revestidos com biofilme contendo 3% de fécula de inhame; entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, exceto para os frutos de mamão tratados com 3% fécula de inhame. Os frutos de mamão dos tratamentos controle e com biofilme contendo 3% de fécula de inhame tenderam a apresentar maior firmeza que os demais tratamentos durante o armazenamento.

No período final de armazenamento, aos 28 dias, os frutos sofreram uma perda de firmeza em relação ao período inicial de armazenamento, igual a 41,4; 43,5; 45,7 e 67,3% para os tratamentos controle, com biofilme contendo 2, 3 e 4% de fécula de inhame, respectivamente, resultado este inferior aos valores obtidos por PINTO et al. (2006), em experimento com mamão, os quais, no quarto dia de armazenamento, observaram perda de firmeza de 50,4, 59,27 e 83,0% para os frutos embalados com Xtend®, PEBD e o controle, respectivamente.

Na Figura 1.4.2 se encontra a redução da firmeza dos frutos de mamão para todos os tratamentos em função do período de armazenamento. Os frutos de mamão revestidos com 4% de fécula de inhame apresentaram perdas intensas de ordem linear para a firmeza, cujos valores foram inferiores aos demais tratamentos, desde o 4º dia de avaliação. Observa-se que os valores de firmeza dos frutos do tratamento controle foram superiores aos obtidos para os mamões revestidos com biofilmes com 3% de fécula de inhame, exceto entre o 12º e o 16º dia de armazenamento.

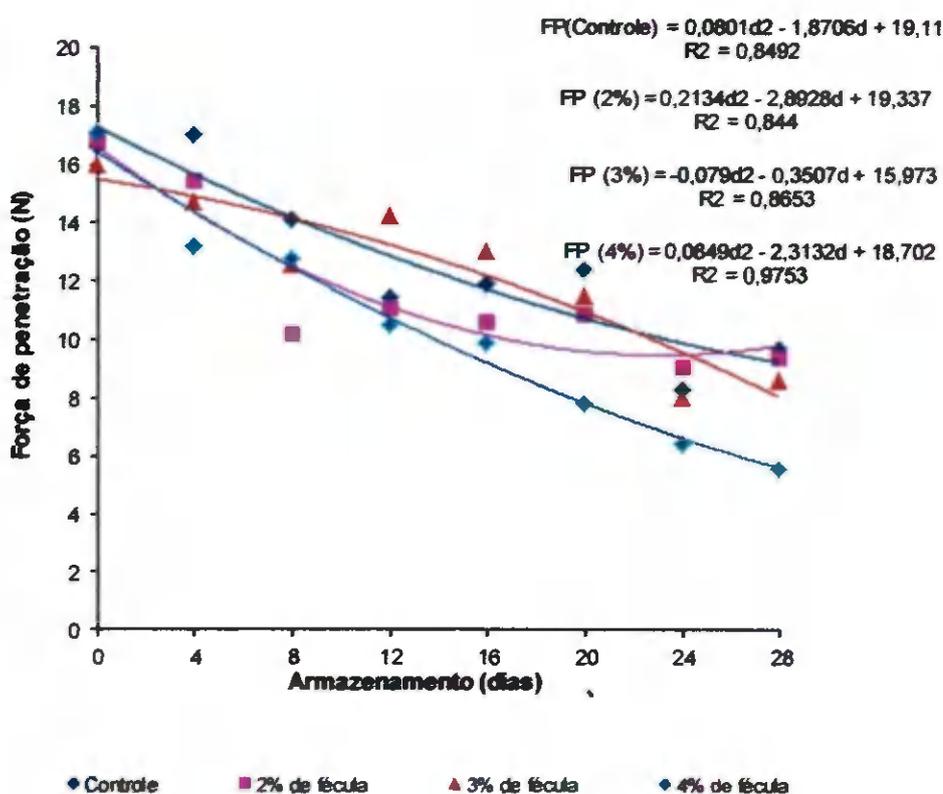
**Tabela 1.4.5** - Valores médios de textura (região peduncular) de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	16,68aA	17,04aA	14,17aB	11,46bD	11,98bCD	12,45aC	8,33 bF	9,77 aE
2% de fécula	16,82aA	15,53bB	10,28cD	11,17bC	10,71cCD	10,94cC	9,14 aE	9,50aE
3% de fécula	16,02bA	14,78cB	12,59bC	14,29aB	13,06 aC	11,53bD	8,09 bF	8,69 bE
4% de fécula	17,15aA	13,22dB	12,84bB	10,56cC	9,96 dD	7,87 dE	6,46 cF	5,61 cG

DMS para colunas = 0,5021; DMS para linhas = 0,5933 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os dados obtidos neste trabalho têm comportamento contrário aos obtidos por PEREIRA et al. (2006) pois, em seus estudos, os autores verificaram que os frutos de mamão revestidos com os tratamentos 1 e 3% de fécula de mandioca apresentaram maior firmeza do que mamões do tratamentos controle e dos revestidos com biofilme com 2% de fécula de mandioca.



**Figura 1.4.2** - Valores da textura (N) na região peduncular do mamão Havaí, submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Na Tabela 1.4.6 se encontram os valores médios da textura na região peduncular dos frutos de mamão Havaí tratados com biofilme de fécula de inhame, nas concentrações de 0, 2, 3 e 4% para as diferentes temperaturas de armazenamento, observando-se a existência de diferenças significativas entre os diversos tratamentos. Nos frutos de mamão acondicionados em temperatura de 5 °C, constata-se um aumento da firmeza proporcional ao aumento das

concentrações de fécula de inhame do biofilme; provavelmente os biofilmes de fécula de inhame nas diferentes concentrações promoveram alguma barreira, diminuindo os danos provocados pelo frio nos frutos. Os maiores valores de firmeza foram observados nos frutos acondicionados a 10 °C, presumindo-se que, provavelmente, esta temperatura quando associada com o biofilme de fécula de inhame, promoveu um retardo maior no amadurecimento dos frutos de mamão.

Analisando-se a textura dos frutos de mamão armazenados na temperatura de 15 °C, constata-se redução deste parâmetro com o aumento das concentrações de fécula de inhame do biofilme, caso em que utilização dos biofilmes de fécula de inhame associados ao armazenamento refrigerado a 15 °C, não proporcionou um retardo da perda de firmeza dos frutos de mamão.

**Tabela 1.4.6** - Valores médios de textura (N) região peduncular de frutos de mamão Havai revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C

Tratamentos	Temperaturas		
	5°C	10°C	15°C
Controle	8,49 dC	15,89 aA	13,82 aB
2% de fécula	10,75 cB	15,32 bA	9,22 bC
3% de fécula	13,35 bB	15,36 bA	8,43 cC
4% de fécula	14,01 aA	11,05 cB	6,31 dC

DMS para colunas = 0,3074; DMS para linhas = 0,2801 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.2.3.2 - Textura (mediana)

A firmeza (resistência à penetração) dos mamões medidos na região mediana, armazenados em diferentes temperaturas e tratados com biofilme com diferentes

concentrações de féculas de inhame encontra-se na Tabela 1.4.7, na qual se observa que existem diferenças estatísticas entre os tratamentos durante o armazenamento, sendo a textura afetada significativamente pela interação entre esses fatores.

Os frutos de mamão revestidos de biofilme com 2 e 3% de fécula de inhame apresentaram aumento da textura (força a penetração) na região mediana, entre o 12° e o 16° dia de armazenamento, porém os valores obtidos foram inferiores aos encontrados no início do armazenamento. Os frutos de mamão tratados com biofilme com 4% de fécula de inhame tiveram valores inferiores aos demais tratamentos, a partir do 4° dia de avaliação.

Ao final do armazenamento os frutos tratados com 3% de fécula apresentaram maior textura quando comparados com os demais tratamentos, provavelmente por terem apresentado menor perda de massa, tornando-os mais resistentes à força de penetração.

O aumento da resistência a força de penetração provocada por tratamentos visando proteger o fruto ou dar maior longevidade ao produto pós-colheita, também foi diagnosticado por ANDRADE (2006) que, estudando o efeito de aditivos químicos nos mamões, observou um aumento gradual da textura dos frutos quando tratados com  $\text{CaCl}_2$  (1%) e  $\text{CaCl}_2$  (1%) mais ácido ascórbico (0,5%) ao longo do armazenamento.

Observa-se na Figura 1.4.3, a qual retrata a força de penetração no mamão Havai revestido com diferentes biofilmes feitos de fécula de inhame, ao longo do período de armazenamento, que ao longo desse tempo os frutos do tratamento controle apresentaram maior firmeza em relação aos frutos revestidos nas diferentes concentrações de fécula de inhame. Esta maior firmeza obtida para o tratamento controle, pode ser atribuída, provavelmente, à perda de massa obtida para este tratamento promovendo, desta forma maior enrugamento do fruto, dificultando a penetração. Os frutos de mamão tratados com 2 e 3% de fécula de inhame, tiveram valor de firmeza maior do que os revestidos com biofilme com 4% de fécula de inhame. Tal fato sugere que o biofilme na concentração de 4% de fécula de inhame atuou como barreira à troca gasosa, favorecendo o acúmulo de  $\text{CO}_2$  no fruto e, conseqüentemente provocando o seu amaciamento.

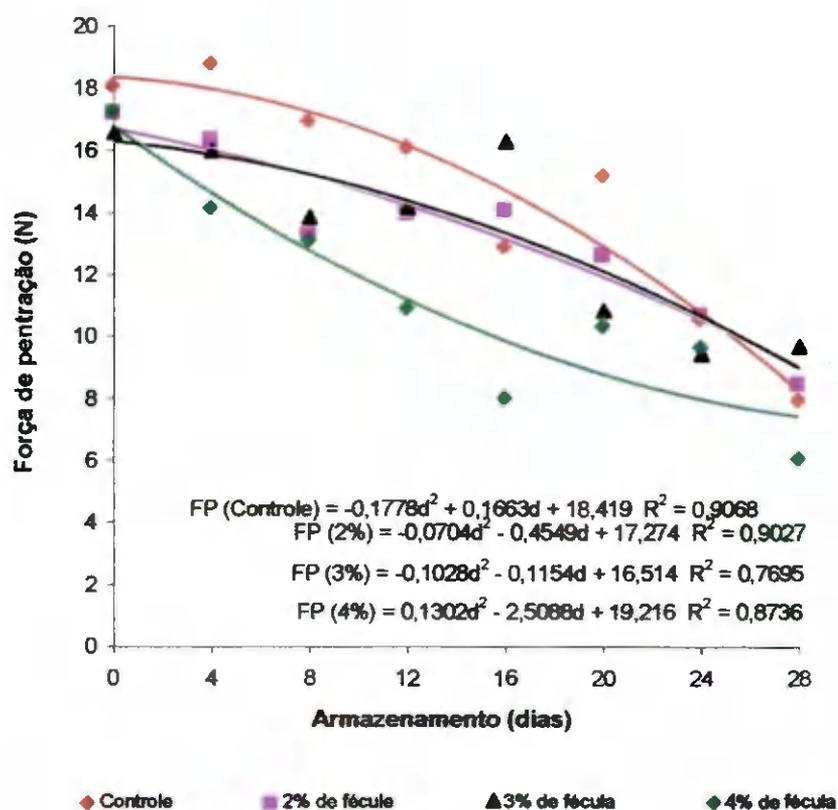
REIS et al. (2006) estudando a aplicação de biofilme feito de fécula de mandioca em pepino japonês, observaram que os valores de firmeza do pepino eram menores quando aplicava-se a película com 4% de mandioca em comparação com os tratamentos controle, e com os pepinos tratados com biofilmes contendo 2 e 3% de fécula de mandioca.

**Tabela 1.4.7 - Valores médios de textura (região mediana) de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento**

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	18,14aB	18,86aA	17,02 aC	16,17 aD	12,97cF	15,26aE	10,62 aG	8,03bH
2% de fécula	17,28bA	16,41bB	13,47bcD	14,07bCD	14,18 bC	12,72 bE	10,77aF	8,55bG
3% de fécula	16,57cA	15,98bA	13,88 bB	14,19bB	16,31aA	10,87cC	9,47bD	9,72 aD
4% de fécula	17,31bA	14,23cB	13,18 cC	10,98cD	8,06dF	10,40cD	9,72bE	6,10 cG

DMS para colunas = 0,5431; DMS para linhas = 0,6418 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



**Figura 1.4.3** - Valores da textura (N) na região mediana do mamão Havaí submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Na Tabela 1.4.8 estão os valores médios referentes ao comportamento da textura (resistência à penetração) dos frutos de mamão submetidos aos diferentes tratamentos e armazenados em diferentes temperaturas. Observa-se, nesta tabela comportamento semelhante entre a região peduncular e mediana dos frutos, cujos maiores valores da Textura (resistência à penetração) foram obtidos nos frutos acondicionados a 10 °C; entretanto, os valores da região mediana foram superiores em relação aos da peduncular; enquanto, os frutos submetidos a temperatura de 5 °C, tiveram maior resistência de casca devido aos sintomas das injúrias causadas pelo frio.

REIS NETO (2006), observou que a temperatura de 7 °C, aliada à atmosfera modificada, conservou melhor o mamão cv. "Golden" até o 20º dia de armazenamento, obtendo maior esforço à penetração na casca.

Para os frutos acondicionados a 15 °C, verifica-se que houve uma redução dos valores de esforço à penetração nos frutos de mamão com o aumento nesses frutos das concentrações de fécula de inhame do biofilme. Portanto, o biofilme de fécula de inhame em todas as concentrações, não foi efetivo na contenção de perda de textura (esforço à penetração) dos frutos armazenados a esta temperatura, cuja maior média foi obtida para o tratamento controle.

**Tabela 1.4.8** - Valores médios de textura (N) região mediana de frutos de mamão Havai revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5°, 10° e 15°C

Tratamentos	Temperaturas (°C)		
	5	10	15
Controle	12,37dC	17,61 aA	13,91 aB
2% de fécula	13,11 cB	17,08 bA	10,11 bC
3% de fécula	14,80 bB	16,25 cA	9,07 cC
4% de fécula	15,65 aA	10,73 dB	7,37 dC

DMS para colunas = 0,3326; DMS para linhas = 0,3030 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.2.3.3 - Textura (estilar)

A textura (resistência à penetração) dos frutos de mamão na região estilar, foi afetada significativamente pela interação entre os fatores tratamento, temperatura e tempo de armazenamento, apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, dentro de cada tempo de armazenamento (Tabela 1.4.9).

Os valores médios iniciais da força a penetração nos frutos de mamão foram de 17,53; 16,90; 16,91 e 17,32N, nos tratamento controle, e os frutos revestidos com biofilme contendo 2, 3 e 4% de fécula de inhame, respectivamente. No final do armazenamento, os valores médios da força a penetração nos frutos de mamão observados na região estilar, foram de 10,24; 7,68; 8,88 e 5,62 N.

**Tabela 1.4.9** - Valores médios de textura (região estilar) de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	17,53aA	16,01aB	14,71aC	13,23bD	13,21bD	13,65aD	10,27bE	10,24aE
2% de fécula	16,90bA	14,45bB	12,98cC	12,79bC	13,23bC	11,03bD	8,79cE	7,68 cF
3% de fécula	16,91bA	13,48cC	14,09bBC	14,54aB	14,05aBC	10,06cE	10,78abD	8,88 bF
4% de fécula	17,32abA	13,37cB	12,73 cB	11,14cC	8,75 cD	8,70 dD	10,87 aC	5,62 dE

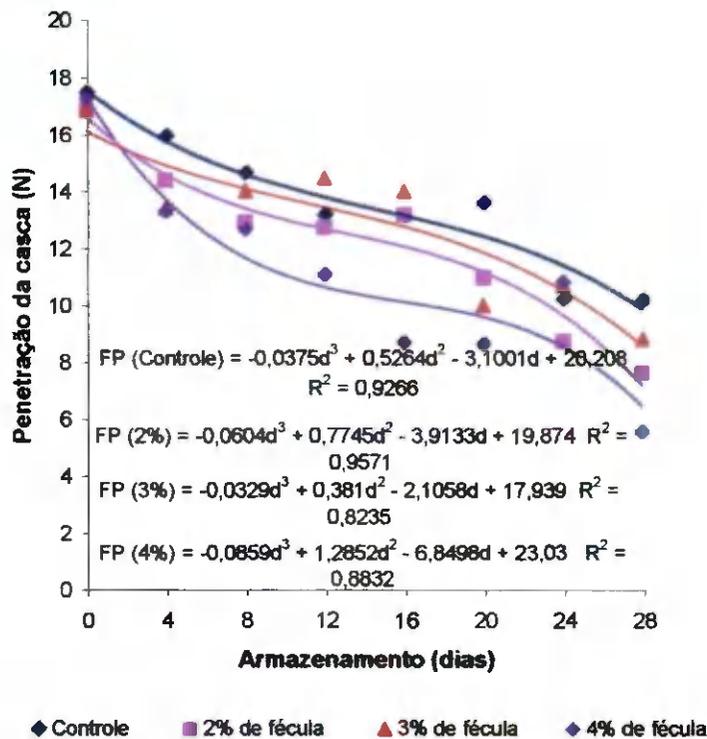
DMS para colunas = 0,5497; DMS para linhas = 0,6496 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

INFCG/RRRI/OTFCA/BCI

Observa-se, portanto, que ao final do armazenamento houve diminuição acentuada na resistência dos frutos, indicada pela resistência à penetração nos frutos de mamão, independentemente do tratamento utilizado. De acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005), a diminuição da Textura (esforço a penetração) ou amaciamento de frutos, ocorre devido à degradação da parede celular por meio do aumento da atividade enzimática, associada a outros processos, como a hidrólise de amido e perda de água, contribuindo para o amaciamento do fruto.

Na Figura 1.4.4 tem-se que os frutos de mamão do tratamento controle tiveram maior resistência à penetração em relação aos frutos dos demais tratamentos. Este comportamento pôde ser também observado nas avaliações realizadas nas regiões peduncular (Figura 4.2) e mediana (Figura 4.3) dos frutos. Entretanto, se constata, na região mediana a necessidade de uma maior força de penetração (firmeza) quando se compara com as outras regiões do fruto (peduncular e estilar). O fato de o tratamento controle ter mais resistência a penetração do que quando o produto é tratado com biofilme, também foi observado por LEMOS (2006), quando trabalhou com pimentões, e observou que o biofilme de fécula de mandioca nas concentrações 3, 4 e 5 % não foi efetivo na prevenção do amaciamento após 20 dias de armazenamento, com relação ao tratamento controle.



**Figura 1.4.4** - Valores da textura (N) na região estilar do mamão Havai submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Na Tabela 1.4.10 se encontra a Força de penetração (textura) dos frutos de mamão na região estilar, armazenados nas temperaturas 5, 10 e 15 °C observando-se que a textura do mamão apresentou comportamento semelhante ao observado na textura do mamão na região mediana; entretanto, os valores médios da textura obtidos na região estilar do mamão ficaram abaixo dos obtidos na sua região mediana.

Verificou-se nas regiões peduncular, mediana e estilar dos frutos de mamão armazenados na temperatura de 10 °C, que a textura (firmeza) foi superior quando comparada aos frutos de mamão armazenados nas demais temperaturas (5 e 15 °C); apesar disto, há de se observar, ainda, que no tratamento controle os valores de textura (resistência à penetração) são superiores aos dos frutos de mamão “Havai” tratados com biofilme feito de fécula de inhame,

sendo que este retardo ocorreu, sem dúvida, em razão da perda de massa, que resultou em murchamento da casca.

BRON (2004) verificou, estudando o mamão “Golden”, que os frutos colhidos mais maduros perdem a firmeza (textura) da polpa mais rapidamente, quando são armazenados no ambiente a 23°C. Esta perda foi de 60% na textura (firmeza), no 2º dia.

**Tabela 1.4.10** - Valores médios de textura (N) região estilar de frutos de mamão Havai revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C

Tratamentos	Temperaturas (°C)		
	5	10	15
Controle	9,67 dC	17,19 aA	13,95 aB
2% de fécula	10,30 cB	16,43 bA	9,97 bC
3% de fécula	16,04 aA	14,20 cB	8,31 cC
4% de fécula	14,30 bA	11,65 dB	7,25 dC

DMS para colunas = 0,3366; DMS para linhas = 0,3067 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

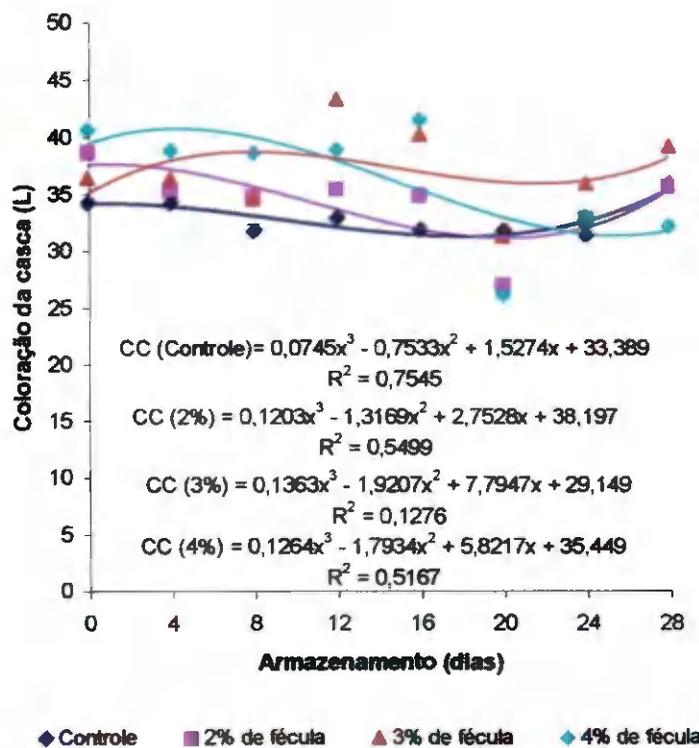
#### 4.2.4 - Coloração da casca

A cor dos frutos de mamão submetidos aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame foram avaliadas em termos de L, a e b. O parâmetro L indica luminosidade, diferenciando cores claras de escuras; seu valor varia de zero para cores escuras (preto) a 100 para cores claras (branco); os valores de Luminosidade (L) dos frutos são apresentados na Figura 1.4.5.

Observam-se, ao longo do armazenamento, oscilações no parâmetro luminosidade, em todos os tratamentos, iniciando-se com tendência de queda até o 8º dia de armazenamento, seguido de um aumento no 12º dia de armazenamento, foi observado uma nova diminuição do

parâmetro (*L*) até o 20º dia; verificou-se, então, um incremento até o período final do armazenamento. OLIVEIRA JÚNIOR (2002), estudando a conservação pós-colheita de mamão ‘Golden’ sob atmosfera modificada nas temperaturas de armazenamento de 5 e 10 °C, observou, por meio do índice (*L*), que praticamente não houve diferença entre os tratamentos.

Os frutos dos tratamentos controle apresentaram maior retardo do parâmetro (*L*) quando comparados aos tratamentos com diferentes concentrações de fécula de inhame, cujo fato demonstra tendência de escurecimento dos frutos (controle) durante o armazenamento catalizado, provavelmente, pela ação de enzimas oxidativas, como a polifenoloxidase e peroxidase, que formam pigmentos escuros na superfície do fruto (CHITARRA LEME, 2008).



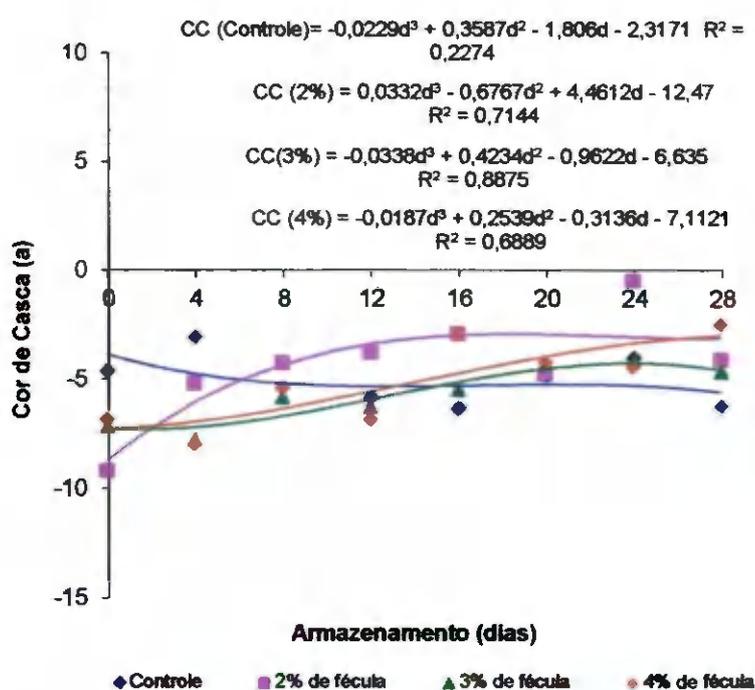
**Figura 1.4.5** - Coloração da casca, parâmetro *L*, do mamão Havai revestido com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

A alteração na coloração dos frutos é uma das principais mudanças que ocorrem no amadurecimento e cuja alteração acontece devido à degradação da clorofila (aumento do valor

*a*) e síntese de outros pigmentos, como antocianinas e carotenóides (GIRARDI et al., 2000). O parâmetro (*a*) assume valores que variam de -80 a +100, os quais quando positivos, tendem ao vermelho e os negativos ao verde.

Os frutos mantiveram a pigmentação verde durante todo o período de armazenamento, em todos os tratamentos, conforme indicado pelos valores negativos do parâmetro de Hunter (*a*) (Figura 1.4.6). Entretanto, os frutos revestidos com biofilme nas concentrações de 2, 3 e 4% de fécula de inhame, apresentaram valores mais elevados em relação ao tratamento controle, a partir do oitavo dia de armazenamento. Estes resultados discordam dos obtidos por PEIXOTO (2008), visto que os frutos de mamão 'Golden' tratados com 1-MCP apresentaram uma retenção maior na coloração verde da casca, em relação aos frutos controle.

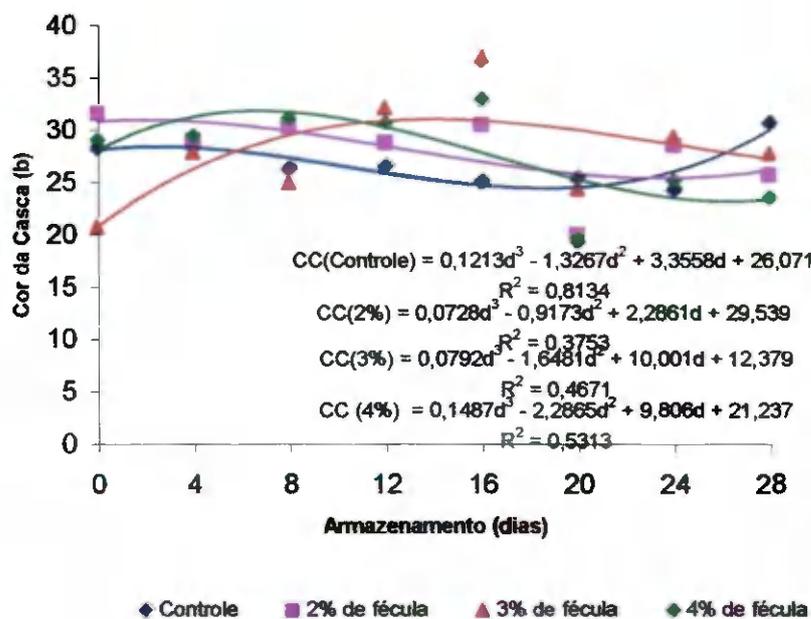
REIS NETO (2006) observou que os frutos de mamão embalados com PEBD, com e sem os sachês absorvedores de etileno, foram eficientes em manter a coloração verde dos frutos, durante o período de 20 dias em armazenagem refrigerada a temperatura de 7 °C.



**Figura 1.4.6** - Coloração da casca, parâmetro *a*, do mamão Havai revestido com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

O parâmetro (*b*) indica a evolução da cor amarela, valores de (+*b*) positivos indicam tendência ao amarelo e (-*b*) negativos para o azul.

Na Figura 1.4.7 constata-se que os valores médios do parâmetro (*b*) dos frutos em todos os tratamentos foram positivos durante o armazenamento, ou seja, mais próximos do amarelo. Os tratamentos 2 e 4% de fécula apresentaram valores mais elevados do parâmetro (*b*) no início do armazenamento, entretanto, com o avanço de armazenamento ambos tenderam ao declínio; no 16º dia os frutos revestidos com biofilme de 3% de fécula apresentaram a maior média em relação aos demais tratamentos, mas indicaram uma contenção com o decorrer do armazenamento. A evolução da cor amarela foi retardada em todos os tratamentos, e os frutos apresentaram um desenvolvimento desuniforme da coloração. PEIXOTO (2008), estudando a conservação pós-colheita de mamão ‘Golden’ tratado com I-MCP, observou que, durante o armazenamento sob refrigeração (11 °C), os frutos no estágio de maturação E2 (com 10 a 25% da cor da casca amarela) não apresentaram evolução na coloração da casca, mantendo a coloração inicial até o 16º dia de armazenamento.



**Figura 1.4.7** - Coloração da casca, parâmetro *b*, do mamão Havai revestido com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Na Figura 1.4.8, se acham os valores médios da coloração da casca dos frutos de mamão revestidos com biofilme fécula de inhame em diferentes concentrações, referentes aos parâmetros *L*, *a*, *b*.

Analisando-se a coloração da casca, fica evidente que a luminosidade (parâmetro *L*) dos frutos armazenados na temperatura de 5 °C, apresentou valores inferiores aos dos tratamentos submetidos às temperaturas de 10 e 15 °C, devido aos sintomas de danos pelo frio observados nesses frutos, caracterizado pelo escurecimento da casca (Figura 1.4.8 A).

ALMEIDA et al. (2005), também observaram que os frutos de mamão cv ‘Golden’ armazenados na temperatura de 6 °C apresentaram sintomas de injúria pelo frio, caracterizados pelo escurecimento da casca.

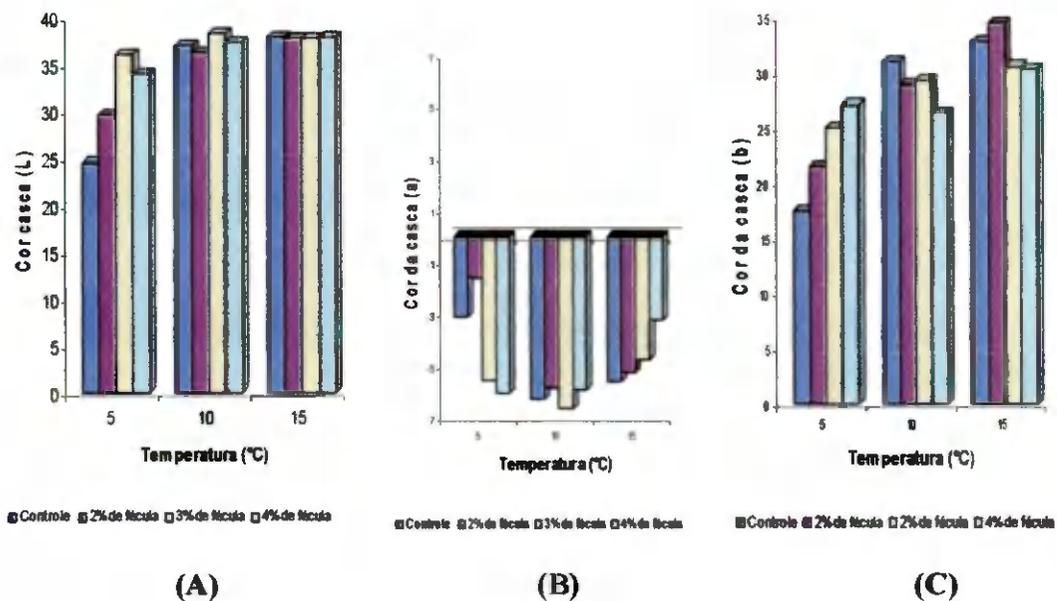
Com relação ao índice (*a*), observou-se perda gradual do verde dos frutos armazenados nas temperaturas de 10 e 15 °C para todos os tratamentos, quando então a coloração evoluiu de forma desuniforme na transição para cor amarela; supõe-se que o armazenamento refrigerado deve ter afetado o processo de amadurecimento do fruto (Figura 1.4.8 B). Segundo JACOMINO et al. (2003), em frutos climatéricos o abaixamento da temperatura retarda o pico climatérico e, por conseguinte, o amadurecimento.

Os frutos de mamão submetidos a temperatura de 5 °C, mantiveram a pigmentação verde durante todo o período de armazenamento, apresentando frutos com a coloração verde escuro intensa no final do armazenamento; este fato caracteriza a incidência de dano pelo frio.

Com o índice de cor da casca (parâmetro *b*) dos frutos de mamão “Havai” armazenados a 5 °C, não se observa uma evolução da cor verde para amarela, comportamento este mais acentuado nos tratamentos controle e 2% de fécula de inhame, embora tenha sido observado nos demais tratamentos (Figura 1.4.8 C).

Para os frutos de mamão armazenados nas temperaturas de 10 e 15 °C, verificam-se valores superiores aos obtidos pelos frutos armazenados a 5 °C; entretanto, notou-se um retardo no desenvolvimento da cor amarela durante o armazenamento; é provável que os frutos de mamão armazenados nessas temperaturas tenham apresentado um retardo no desenvolvimento normal do amadurecimento.

Em frutos de mamão revestidos com biofilme de fécula de mandioca PEREIRA et al. (2006), verificaram uma redução na degradação da clorofila na casca, mas sem prejuízo para a coloração final dos frutos.



**Figura 1.4.8** - Coloração da casca, parâmetros (L, a, b), em frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C. (A) parâmetro L, (B) parâmetro a e (C) parâmetro b

#### 4.2.5 - Coloração da polpa

Verifica-se na Figura (1.4.9), que os valores médios do índice de luminosidade obtidos para os frutos de mamão “Havai” nos tratamentos (0, 2, 3 e 4%) de fécula de inhame, sofreram redução ao longo do armazenamento, efeito este mais acentuado nos frutos submetidos aos tratamentos 3 e 4% de fécula de inhame, cujo resultado indica que houve um leve escurecimento da polpa dos frutos de mamão em virtude, sem dúvida, do armazenamento; entretanto, os maiores índices de luminosidade foram obtidos para os frutos revestidos com os biofilmes nos tratamentos 3 e 4% de fécula de inhame, entre o 4º e o 12º dia de armazenamento, além de tendência de queda a partir do 12º dia de armazenamento.

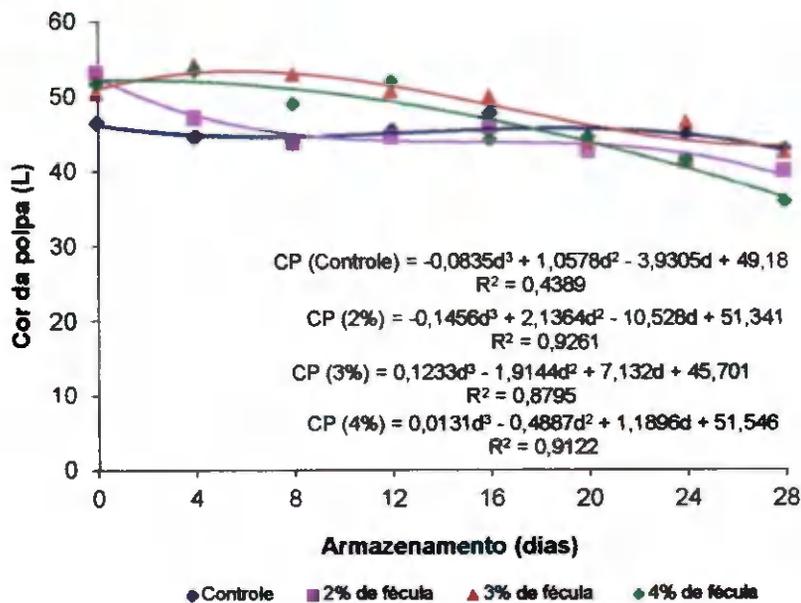
ANDRADE (2006), avaliando a coloração da polpa de mamão quanto à luminosidade, verificou que para este parâmetro existe uma queda gradual em todos os tratamentos (controle, CaCl (1%) e ácido ascórbico (0,5%)) ao longo do período de armazenamento.

Em relação ao parâmetro (*a*), os frutos revestidos com biofilme de fécula de inhame apresentaram valores superiores em relação ao tratamento controle durante o período de armazenamento; entretanto, em todos os tratamentos inclusive no controle verificou-se uma contenção do índice de cor da polpa ao longo do armazenamento (Figura 1.4.10). Os tratamentos retardaram a evolução da coloração da polpa do mamão “Havaí” porém não afetaram a coloração vermelho-alaranjada dos frutos no final do armazenamento.

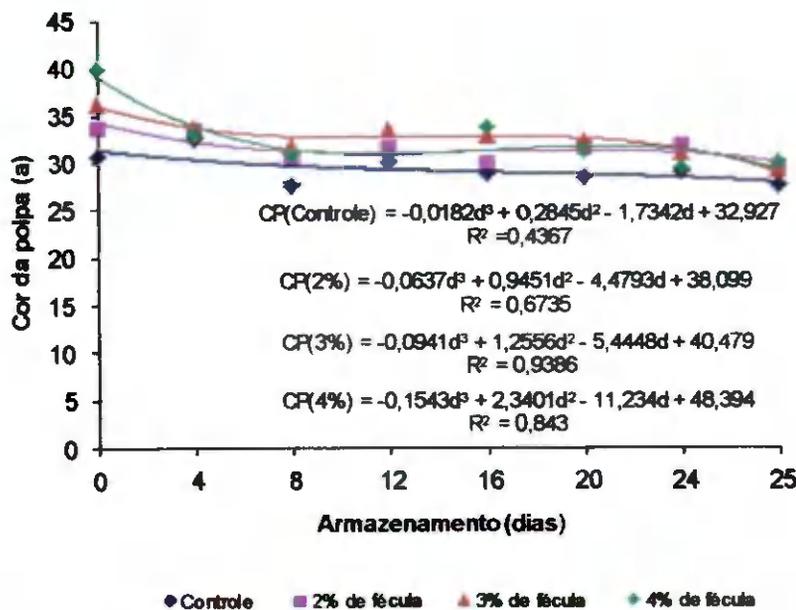
De acordo com ZHOU e PAULL (2001), a cor da casca do mamão se altera rapidamente após a colheita, enquanto a cor da polpa e o teor de açúcares se mantêm constantes.

PEREIRA (2004), estudando a aplicação de revestimento em mangas verificou que a suspensão de fécula de mandioca a 1% retardou a evolução da coloração da polpa mas não afetou a coloração, ao longo do armazenamento; a suspensão a 3% inibiu o desenvolvimento normal da coloração da polpa, apresentando polpa com pouca pigmentação e aspecto pálido e esverdeado.

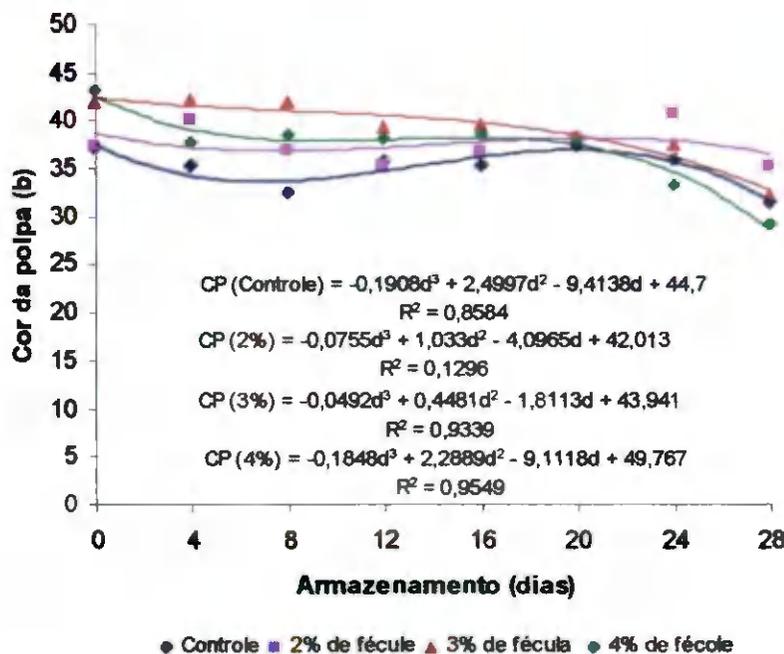
Em relação ao parâmetro (*b*) observa-se diferença significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento, em que os valores tenderam a diminuir, indicando um retardo na evolução da cor da polpa do mamão “Havaí” (Figura 1.4.11). Os frutos tratados com 3% e 4% de fécula de inhame apresentaram valores mais elevados do parâmetro (*b*) no início do armazenamento; apesar disto, com o avanço do período de armazenamento, tenderam a se aproximar dos valores dos frutos dos tratamentos controle e do recoberto com biofilme contendo 2% de fécula. A partir do 4º dia de armazenamento as médias dos tratamentos apresentaram queda significativa alcançando, no 28º dia, valores inferiores aos obtidos no início do armazenamento; tal fato demonstra que a coloração da polpa dos frutos tendeu a se tornar mais avermelhada.



**Figura 1.4.9** - Coloração da polpa, parâmetros (L) em frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento



**Figura 1.4.10** - Coloração da polpa, parâmetros (a) em frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento



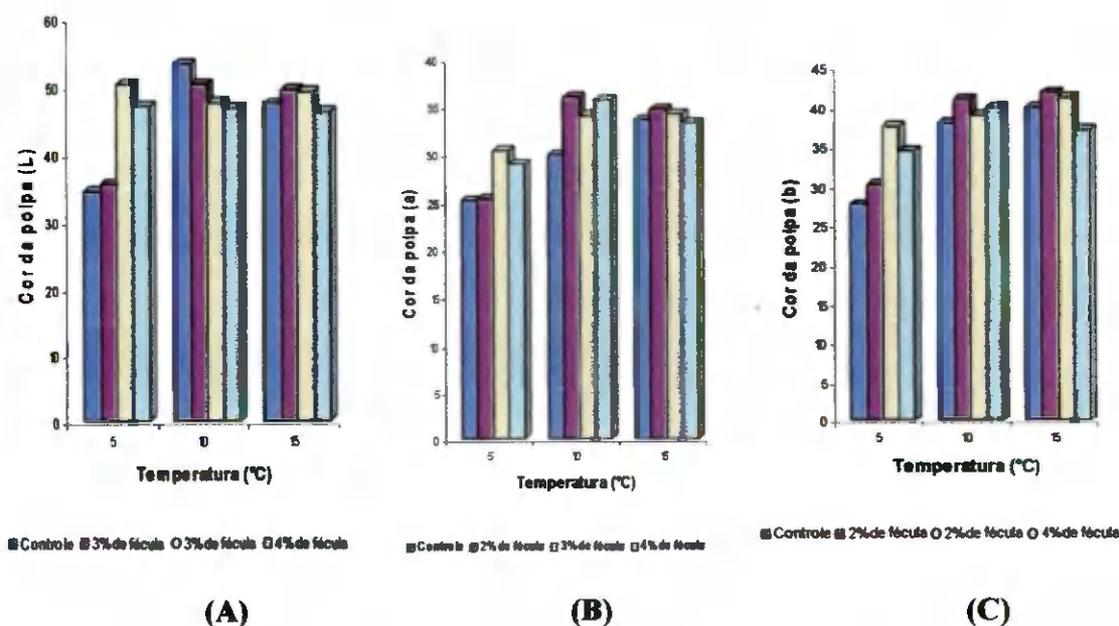
**Figura 1.4.11** - Coloração da polpa, parâmetros (*b*) em frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

O índice de luminosidade (*L*) da polpa do mamão “Havai” (Figura 1.4.12 A), foi menos intenso nos tratamentos controle e quando se usa um biofilme contendo 2% de fécula de inhame para a temperatura de 5 °C, devido aos sintomas de injúria pelo frio, que foram constatados nesses frutos. Apesar dos frutos de mamão revestidos com os biofilmes nas concentrações de 3 e 4% de fécula de inhame terem apresentado índice de luminosidade superiores, também foram observados danos pelo frio nestes frutos, porém, menos severos em relação aos frutos dos tratamentos controle e 2% de fécula. Nos frutos de mamão armazenados a 10 °C, verifica-se tendência de queda dos valores médios da luminosidade com o aumento das concentrações de fécula de inhame, quando então os frutos do tratamento controle apresentaram valores mais elevados, visto que seu amadurecimento ocorreu normalmente.

Os menores valores do parâmetro (*a*) foram encontrados nos frutos de mamão sob a temperatura de 5 °C (Figura 1.4.12 B); sugere-se, novamente, um efeito negativo desta temperatura em todos os tratamentos, porém mais acentuado nos tratamentos controle e

quando o mamão recebe o biofilme contendo 2% de fécula de inhame. Para os frutos de mamão submetidos às temperaturas de 10 e 15 °C, constatou-se aumento na intensidade da cor, normal ao amadurecimento.

Com relação ao parâmetro (*b*) verificou-se comportamento semelhante aos parâmetros (*L*, *a*) em relação aos frutos de mamão armazenados na temperatura de 5 °C, em que os índices obtidos para todos os tratamentos foram inferiores aos valores médios encontrados para as temperaturas de 10 e 15 °C (Figura 1.4.12 C). Para os frutos submetidos a essas temperaturas, observou-se evolução da cor da polpa vermelho-alaranjado, característica desta cultivar no período final de armazenamento.



**Figura 1.4.12** - Coloração da polpa, parâmetros (*L*, *a*, *b*), em frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C. (A) parâmetro *L*, (B) parâmetro *a* e (C) parâmetro *b*

### 4.3 - Análises físico-químicas

#### 4.3.1 - Acidez titulável (AT)

As medidas de acidez titulável do mamão “Havaí” apresentaram valores máximos na fase inicial do armazenamento, em todos os tratamentos 0, 2, 3 e 4% de fécula de inhame (Tabela 1.4.11); observa-se redução da acidez entre o 8º e o 16º dia de armazenagem, tanto para os frutos do tratamento controle como para os revestidos com fécula de inhame. Comportamento semelhante foi observado por PINTO et al. (2006), avaliando a acidez do mamão armazenado sob atmosfera modificada.

Houve um incremento da acidez entre o 20º e o 24º dia de armazenamento, sendo esta variação mais acentuada nos frutos revestidos com 4% de fécula de inhame. Segundo LEE e KADER (2000), o teor de ácido ascórbico tende a aumentar durante o amadurecimento dos frutos do mamoeiro. Observa-se, no 20º dia de armazenamento, que não houve diferença significativa entre as médias da acidez dos frutos submetidos aos tratamentos controle, 2 e 3% de fécula, com valores de 0,116, 0,112 e 0,110% de ácido cítrico, respectivamente.

No final do armazenamento, foram obtidos os seguintes teores de acidez de 0,093; 0,098; 0,094 e 0,156 % de ácido cítrico, para os frutos de mamão “Havaí” submetidos aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula, respectivamente. Os frutos envoltos com biofilme na concentração de 4% de fécula tiveram os maiores níveis de acidez durante o período de armazenamento, fato que pode ser atribuído à concentração do biofilme, podendo ter interferido no resfriamento do fruto ou, possivelmente, agido como isolante térmico, fazendo com que este apresente maior atividade metabólica maior e, conseqüentemente, também maior liberação de ácidos.

**Tabela 1.4.11 - Valores médios de acidez titulável (%) de frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento**

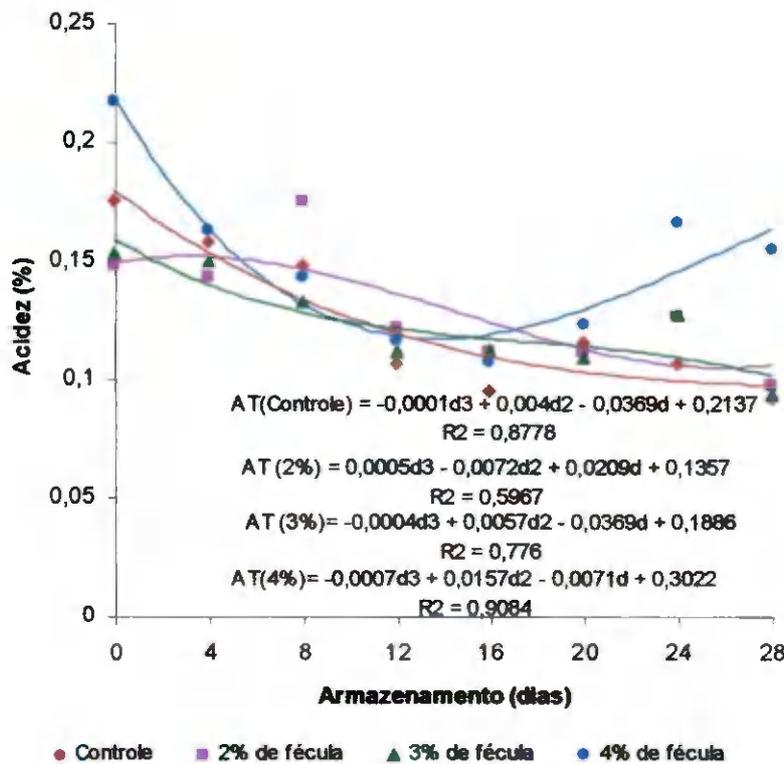
Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	0,176bA	0,159 aB	0,149bC	0,107bE	0,096cF	0,116bD	0,107cE	0,093bF
2% de fécula	0,149cB	0,144cB	0,176aA	0,122aCD	0,112aD	0,112bD	0,127bC	0,098bE
3% de fécula	0,154cA	0,151bA	0,134cB	0,112aC	0,113abCD	0,110bD	0,128bB	0,094bE
4% de fécula	0,218aA	0,164aBC	0,144bD	0,117aE	0,108bF	0,124aE	0,167aB	0,156aC

DMS para colunas = 0,0069; DMS para linhas = 0,0082 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tem-se, na Figura 1.4.13, os valores médios da acidez dos frutos de mamão submetidos aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento. Observa-se que esses frutos apresentaram irregularidade no teor da acidez, oscilando durante o período de armazenamento. Comportamento semelhante foi observado por SANTOS (2008), que verificou no mamão “Formosa” o aumento no teor de acidez seguido de um decréscimo.

Verifica-se incremento no teor de acidez do mamão “Havai”, em duas fases distintas: na fase inicial, conforme (COSTA e BALBINO, 2002) pode ser devido à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da parede celular, processos que ocorrem durante o amadurecimento do mamão, ainda que em pequena escala. No final do armazenamento ocorreu um novo incremento devido provavelmente, à intensificação da atividade metabólica característica, do pico climatérico do mamão.



**Figura 1.4.13** - Acidez titulável (AT) do mamão Havai submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Na Tabela 1.4.12 se encontram os valores médios da acidez titulável do mamão “Havaí” armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C.

Os níveis de acidez dos frutos submetidos a temperatura de 5 °C, foram inferiores aos valores obtidos nas temperaturas de armazenamento 10 e 15 °C, evidenciando o fato de que as menores temperaturas retardam o amadurecimento do fruto em razão da redução nas atividades metabólica e respiratória dos frutos. Na temperatura de 10 °C obteve-se o valor mais elevado de acidez para os frutos de mamão revestidos com 4% de fécula de inhame, enquanto os tratamentos controle e 3% de fécula apresentaram valores semelhantes havendo, entretanto, diferenças significativas.

Na temperatura de 15 °C observa-se um incremento dos níveis de acidez dos mamões com o aumento das concentrações de fécula de inhame. PEIXOTO (2008) observou que o tratamento com I-MCP resultou em frutos de mamão com acidez mais elevada, em relação ao controle.

**Tabela 1.4.12** - Valores médios de acidez titulável (%) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C

Tratamentos	Temperaturas (°C)		
	5	10	15
Controle	0,114 bB	0,132 bA	0,129 dA
2% de fécula	0,127 aB	0,114 cC	0,152 bA
3% de fécula	0,100 cC	0,131 bB	0,145 cA
4% de fécula	0,126 aB	0,161 aA	0,162 aA

DMS para colunas = 0,0042; DMS para linhas = 0,0039 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.3.2 - Sólidos solúveis (°Brix)

A análise de variância mostrou efeito significativo para interação entre os três fatores estudados para o teor de sólido solúveis dos frutos de mamão “Havaí”. Observa-se a ocorrência de variação no teor de sólido solúveis nos frutos do tratamento controle, com diminuição até o 4º dia de armazenamento, seguido de um incremento no 8º dia e queda até o 24ª dia de armazenamento. Os frutos de mamão revestidos com biofilme de fécula de inhame indicaram comportamento semelhante com incremento do teor de sólidos solúveis entre o 8º e o 16º dia para os tratamentos 3 e 4% de fécula e diminuição até o 24º dia, seguido de um aumento até o último dia de armazenamento (Tabela 1.4.13).

O teor de sólidos solúveis dos frutos de mamão no período final de armazenamento, foi de 10,88; 13,61; 11,69 e 14,02 °Brix, para os tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula. Os frutos do tratamento controle apresentaram o menor teor de sólidos solúveis. Portanto, o biofilme com fécula de inhame não foi efetivo na contenção do aumento do teor de sólidos solúveis e, conseqüentemente, no amadurecimento dos frutos de mamão. Esses resultados foram contrários aos obtidos por PINTO (2006), ao constatar um incremento no teor de sólidos solúveis dos frutos do tratamento controle, no final da estocagem, em relação aos frutos de mamão embalados com os filmes Xtend® e PEBD.

Na Figura 1.4.14 se observa que os frutos de mamão “Havaí” tratados com biofilme de fécula de inhame, apresentaram comportamento semelhante relativo ao teor de sólidos solúveis, oscilando durante o período de armazenamento; verificou-se o incremento no teor de sólidos solúveis no início do armazenamento. O teor de sólidos solúveis aumenta com o transcorrer da maturação, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou, ainda, pela excessiva perda de água dos frutos, promovendo um maior acúmulo maior dos mesmos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

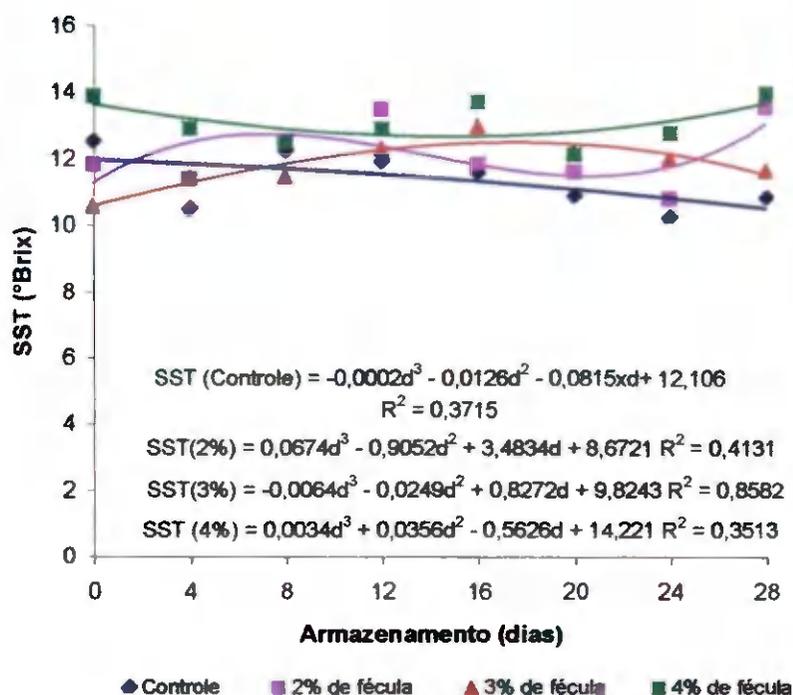
Para os frutos de mamão do tratamento controle verificou-se comportamento linear, com tendência de contenção do teor de sólidos solúveis ao longo do armazenamento.

**Tabela 1.4.13 - Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) de frutos de mamão Havaí, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento**

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	12,58bA	10,53cF	12,29bB	11,97dC	11,62dD	10,93cE	10,28dG	10,88dE
2% de fécula	11,88cC	11,45bE	12,60aB	13,54aA	11,89cC	11,66bD	10,84cF	13,61bA
3% de fécula	10,62dF	11,49bE	11,52cE	12,37cB	13,03bA	12,26aB	12,06bC	11,69cD
4% de fécula	13,93aA	12,97aC	12,54aD	12,95bC	13,76aB	12,19aE	12,83aC	14,02aA

DMS para colunas = 0,1239; DMS para linhas = 0,1465 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



**Figura 1.4.14** - Sólidos solúveis (°Brix) do mamão Havai submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento.

Para os frutos de mamão armazenados na temperatura de 5 °C, observam-se diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula, sendo estas de 10,14; 11,35; 9,55 e 10,73°Brix, respectivamente (Tabela 1.4.14). Referidos valores foram inferiores quando comparados com os dos tratamentos acondicionados a 10 e 15 °C, fato que pode ser atribuído aos danos provocados pelo frio. Segundo CHITARRA e CHITARRA (2005), as baixas temperaturas de estocagem têm a capacidade de retardar a atividade metabólica, reduzindo a síntese e a degradação dos polissacarídeos e carboidratos.

Nas temperaturas de 10 e 15 °C o teor de sólidos solúveis dos frutos evoluiu proporcionalmente com a utilização do biofilme de fécula de inhame. Portanto, a utilização do biofilme de fécula de inhame associada com a refrigeração, pode promover uma atividade metabólica maior dos frutos. LEMOS (2006) também observou aumento de sólidos solúveis dos frutos de pimentão ‘Magali R’ cobertos com biofilme de fécula de mandioca em relação ao tratamento controle, durante o armazenamento.

Os valores médios de sólido solúveis dos frutos revestidos com biofilme de fécula de inhame armazenados a 10 e 15 °C, se mantiveram acima de 11 °Brix, superiores, portanto, ao teor mínimo exigido para exportação, que é de 11,5 °Brix (JACOMINO et al., 2003).

**Tabela 1.4.14** - Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C

Tratamentos	Temperaturas (°C)		
	5	10	15
Controle	10,14 cC	11,00 dB	13,01 cA
2% de fécula	11,35 aC	11,88 cB	13,31 bA
3% de fécula	9,55 dC	12,77 bB	13,32 bA
4% de fécula	10,73 bC	14,07 aB	14,65 aA

DMS para colunas = 0,0759; DMS para linhas = 0,0692 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.3.3 - Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT)

A análise de variância mostrou efeito significativo para a interação da relação entre sólidos solúveis e acidez titulável dos frutos de mamão “Havaí”. Na Tabela 1.4.15 observam-se os valores médios da relação SS/AT dos frutos, ao longo do armazenamento, submetidos aos diferentes tratamentos com fécula de inhame.

No início da maturação até o 16° dia de armazenamento, ocorreu tendência de aumento em todos os tratamentos aos quais os frutos de mamão foram submetidos, conforme PINTO et al. (2006); esta tendência de aumento decorre do consumo de ácidos orgânicos para sustentar o processo de amadurecimento, cujo efeito foi mais acentuado para os frutos revestidos com o biofilme com 4% de fécula, atingindo o valor de 130,36 no 16° dia de armazenamento. PINTO

et al. (2006) obtiveram resultado semelhante para os frutos de mamão embalados com o filme Xtend®, atingindo valores máximos em dezesseis dias de estocagem refrigerada.

Posteriormente, a relação SS/AT apresentou queda expressiva entre o 16º e o 24º dia de armazenamento, em todos os tratamentos que os frutos foram submetidos. No final do armazenamento foi constatado um novo incremento. Os frutos revestidos com 2% de fécula de inhame atingiram o valor máximo de 150,43, valor pode ser atribuído ao elevado grau de amadurecimento apresentado pelo fruto. OLIVEIRA JR. et al. (2006) observaram que, no 12º dia, os frutos de mamão apresentaram valores extremos da relação SST/AT, indicando que os frutos já estavam impróprios para o consumo.

A relação SS/AT é um bom indicador da aceitação sensorial do fruto, seus índices são mais utilizados para determinação da maturação e da palatabilidade dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na Figura 1.4.15 se encontram os valores médios da relação SS/AT dos frutos de mamão submetidos aos diferentes tratamentos. Os frutos dos tratamentos controle (0%) e 3% de fécula de inhame apontaram comportamento semelhante, com tendência de aumento da relação SS/AT durante o armazenamento, diferindo dos tratamentos 2 e 4% de fécula, que não apresentaram regularidade na variação da relação SS/AT, oscilando durante o período de armazenamento.

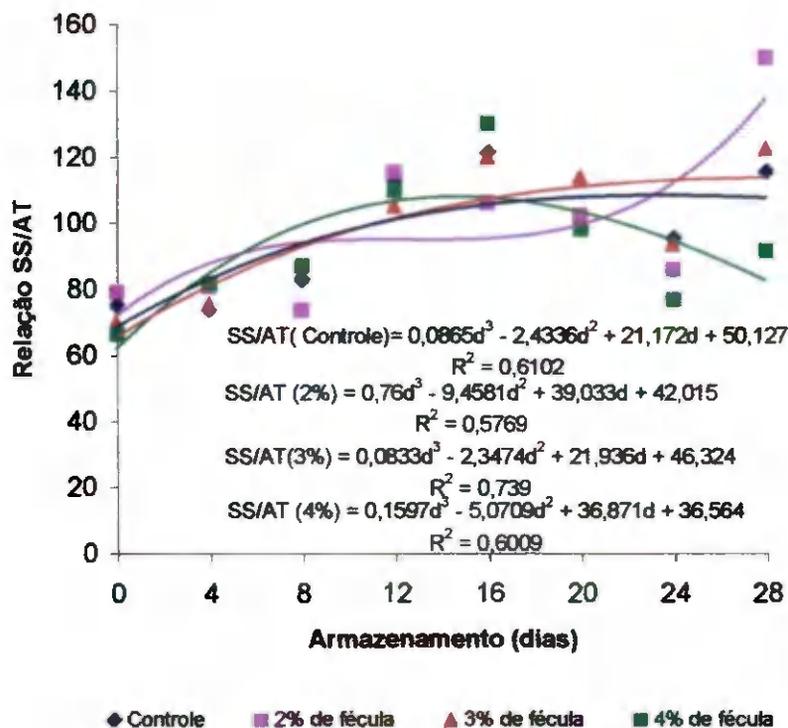
Contrariamente, SANTOS (2006), ao avaliar a relação entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável da polpa de mamões Formosa, verificou que há um aumento progressivo ao longo dos tempos de avaliação.

**Tabela 1.4.15** - Valores médios da relação SS/AT de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	75,53abE	74,25cE	83,16aD	113,13aB	121,62bA	99,67bC	95,64aC	115,85cAB
2% de fécula	79,45aEF	81,46abDE	74,20bF	115,74aB	106,56cC	102,70bC	86,25bD	150,43aA
3% de fécula	70,50bcF	76,00 bcF	85,67aE	105,58bC	120,46bAB	114,17aB	94,02aD	122,96bA
4% de fécula	66,93cG	82,05 aEF	87,42aDE	110,35abB	130,36 aA	98,27bC	77,16cF	91,90dCD

DMS para colunas = 5,6076; DMS para linhas = 6,6264 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



**Figura 1.4.15** - Relação SS/AT do mamão Havaí submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Observam-se, na Tabela 1.4.16 observa-se diferenças significativas da relação SS/AT do mamão “Havaí” entre as temperaturas (5, 10 e 15°C) e os tratamentos estudados, exceto no tratamento com 4% de fécula, quando os valores da razão SS/AT foram de 92,78 e 92,98 para as temperaturas de 5 e 15°C, respectivamente.

Os valores médios da relação SS/AT dos frutos armazenados na temperatura de 5 °C foram de 91,46; 98,16; 101,26 e 92,78 para os tratamentos controle, 2, 3, 4% de fécula, apresentando diferenças significativas entre todos os tratamentos. Referidos valores foram superiores aos encontrados por NASCIMENTO et al. (2009) que obtiveram o valor médio de 90,20 para os frutos de mamão armazenados em geladeira com temperatura em torno de 6 a 8 °C, aos 28 dias de armazenamento.

Os frutos revestidos com biofilme de fécula de inhame armazenados a 10 °C, apresentaram os maiores valores da razão SST/AT, indicando que esta temperatura promoveu a manutenção da qualidade dos frutos em comparação com as demais temperaturas de

armazenamento. Os tratamentos 2 e 3% de fécula de inhame apresentaram um incremento da relação SS/AT para os frutos armazenados na temperatura de 10 °C, diferindo dos tratamentos controle e 4%, os quais mantiveram valores aproximados.

Nos frutos armazenados na temperatura de 15 °C, foram observadas diferenças significativas entre os valores médios dos tratamentos, que foram de 108,24; 91,73; 93,36 e 92,98 para os tratamentos controle, 2, 3, 4% de fécula, respectivamente. Observa-se que os frutos de mamão revestidos com fécula de inhame e armazenados na temperatura de 15 °C tiveram retardo do amadurecimento dos frutos quando comparados ao tratamento controle, devido aos valores inferiores da razão SS/AT encontrados para os frutos tratados com fécula de inhame.

**Tabela 1.4.16** - Valores médios da relação SS/AT de frutos de mamão Havai, revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C

Tratamentos	Temperaturas (°C)		
	5	10	15
Controle	91,46 bB	92,37 cB	108,24 aA
2% de fécula	98,16 aB	108,89 aA	91,73 bC
3% de fécula	101,26 aA	101,38 bA	93,36 bB
4% de fécula	92,78 bA	93,40 cA	92,98 bA

DMS para colunas = 3,4340; DMS para linhas = 3,1287 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.3.4 - Potencial hidrogeniônico (pH)

De acordo com a análise de variância, a variável pH dos frutos de mamão “Havai”, foi afetada significativamente pela interação entre fatores tratamento, temperatura e tempo de armazenamento. Observa-se, na Tabela 1.4.17, que no 4º dia de armazenamento houve um

incremento nos índices de pH dos frutos em todos os tratamentos, seguido de uma tendência de queda até o 16º dia, quando não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos 2 e 3% de fécula de inhame; posteriormente, os índices de pH dos frutos apresentaram nova tendência de aumento, que foi registrada até o período final de armazenamento.

No final da avaliação os índices de pH dos frutos foram de 5,28; 5,31; 5,11 e 4,85, para os tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula, respectivamente; observam-se, porém, diferenças significativas entre os tratamentos. PINTO et al. (2006), também constataram diferenças significativas para os frutos de mamão 'Golden' acondicionados em dois tipos de embalagens Xtend®, PEBD e o controle, cujos respectivos valores de 6,06; 5,54 e 5,38, foram superiores aos encontrados neste estudo.

Verifica-se, na Figura 1.4.16, uma oscilação nos valores médios de pH, ocorrendo aumento nos primeiros dias de armazenamento, seguido de um declínio a partir do 8º dia de armazenamento e, logo em seguida um aumento dos valores médios de pH.

FONSECA et al. (2006) observaram, estudando a influência da atmosfera controlada em frutos de mamão, aumento gradual dos índices de pH até o quarto dia de avaliação, seguido de redução suave do pH para os frutos da cultivar Sunrise Solo.

Para os frutos dos tratamentos controle e os recobertos 2% de fécula de inhame, verificaram-se os maiores valores de pH, de 5,34 e 5,31; em que os resultados foram próximos dos obtidos por RODOLFO JÚNIOR et al. (2007), que reportaram o valor máximo de 5,20 para o mamão cultivar Formosa e 5,40 para a cultivar Sunrise Solo.

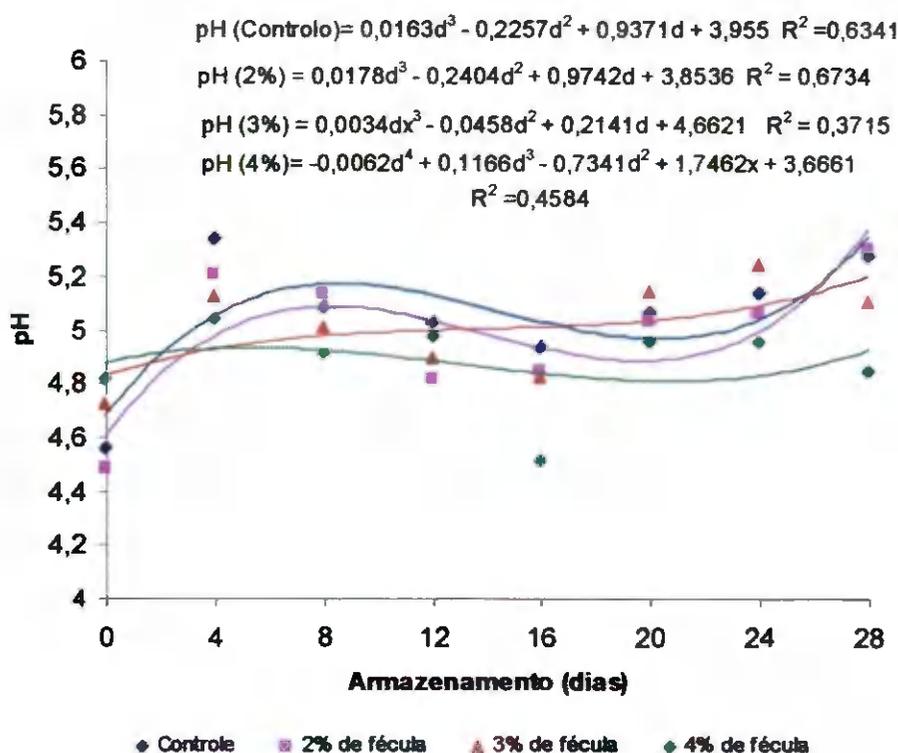
Segundo ALMEIDA et al. (2006), as variações de pH ao longo do armazenamento podem ser atribuídas à degradação inicial e à posterior síntese de ácidos orgânicos com diferentes potenciais de dissociação iônica.

**Tabela 1.4.17** - Valores médios de pH de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, durante 28 dias de armazenamento

Tratamentos	Período de Armazenamento (dias)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Controle	4,56cG	5,34aA	5,09bD	5,03aE	4,94aF	5,07bDE	5,14bC	5,28aB
2% de fécula	4,49dF	5,21bB	5,14aC	4,82dE	4,85bE	5,04 bD	5,07cD	5,31aA
3% de fécula	4,73bF	5,13cB	5,02cC	4,90cD	4,83bE	5,15 aB	5,27aA	5,11bB
4% de fécula	4,82aD	5,05dA	4,92dC	4,98bB	4,52cE	4,96 BC	4,96dBC	4,85cD

DMS para colunas = 0,0411; DMS para linhas = 0,0486 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



**Figura 1.4.16** - pH do mamão Havaí submetido aos tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula de inhame, durante 28 dias de armazenamento

Para os frutos de mamão armazenados nas temperaturas refrigerada de 5, 10 e 15 °C, foram observadas diferenças significativas em todos os tratamentos (Tabela 1.4.18).

Verifica-se que os maiores índices de pH foram obtidos para os frutos de mamão armazenados a 5°C para os tratamentos controle, 2, 3 e 4% de fécula; esses valores foram, respectivamente, 5,25; 5,21; 5,29 e 5,04. A temperatura de armazenamento influenciou o índice de pH dos frutos de mamão promovendo um aumento deste índice com a diminuição da temperatura.

Os frutos armazenados nas temperaturas de 10 e 15 °C apresentaram comportamento semelhante e os maiores índices de pH foram obtidos para o tratamento controle, seguido de tendência de queda dos níveis de pH com o incremento das concentrações de fécula de inhame. A temperatura de armazenamento influenciou no pH dos frutos, constatando-se que o aumento da temperatura promoveu uma contenção dos índices de pH, em todos os tratamentos.

**Tabela 1.4.18** - Valores médios de pH de frutos de mamão Havaí revestidos com biofilme de fécula de inhame em diferentes concentrações, armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15°C

Tratamentos	Temperaturas (°C)		
	5	10	15
Controle	5,25 bA	5,03 aB	4,89 aC
2% de fécula	5,21 cA	4,97 bB	4,80 cC
3% de fécula	5,29 aA	4,91 cB	4,87 bC
4% de fécula	5,04 dA	4,81 dB	4,80 cB

DMS para colunas = 0,0252; DMS para linhas = 0,0229 (DMS: Desvio mínimo significativo)

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

## 5 - CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, conclui-se que:

- O biofilme elaborado com 2% de fécula de inhame associado à temperatura de 10 °C foi mais eficaz em retardar o metabolismo dos frutos de mamão, em relação aos demais biofilmes feitos nas concentrações de 3 e 4% de fécula de inhame, e quando submetidos as temperaturas de 5, 10 e 15 °C, respectivamente.
- O biofilme de fécula de inhame, em todas as concentrações propostas (2, 3 e 4%), utilizados em frutos de mamão, associado ao armazenamento refrigerado a temperatura de 10 °C, prolongou a vida útil dos frutos por um período de tempo de 24, 20, 12, dias, respectivamente.
- A temperatura de armazenamento de 5 °C não viabilizou a conservação pós-colheita dos frutos de mamão, com nenhum biofilme, nas concentrações de fécula de inhame utilizadas (2, 3 e 4%), acarretando um enrugamento acelerado dos frutos do mamão, tornando-os impróprios para consumo.
- Ao final do período de 28 dias de armazenamento nenhum fruto de mamão recoberto com biofilme feito de fécula de inhame nas diferentes concentrações (0, 2, 3, 4%) e submetido a armazenagem com diferentes temperaturas (5, 10 e 15 °C), apresentou frutos de mamão com qualidade suficiente para comercialização.

**6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALMEIDA, R. F. de; Martins, M. L. L.; Resende; E. D. de; Vitorazi, L.; Almeida Carlos, L. de; Pinto, L. K. de A. Influência da temperatura de refrigeração sobre as características químicas do mamão cv. "Golden". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 26, n. 3, 2006.

ALMEIDA, R. F.; RESENDE, E. D.; VITORAZI, L.; CARLOS, L. A.; PINTO, L. K. A.; SILVA, H. R. F.; MARTINS, M. L. L. Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 17-20. 2005.

ALVARENGA, L. R.; FORTES, J. M. **Cultivares de fruteiras de clima temperado**. Informe Agropecuário, v. 11, n. 124, p. 3-11, 1985.

ALVES, R.M.L.; Grossmann, M.V.E.; Silva, R.S.S.F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 67, n. 2, p. 123, 1999.

ANDRADE, S. R. R. **Processamento mínimo de mamão (*Carica papaya* L.): efeitos de aditivos químicos e atmosfera modificada na qualidade do produto**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARAÚJO, F. A. R. **Biofertilizante bovino e adubação mineral no mamoeiro e na fertilidade do solo**. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura Tropical). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB.

AZEREDO, H.M.C. de; FARIA, J.A.F.; AZEREDO, A.M.C. de. Active packaging for foods. **Ciência Tecnologia dos Alimentos**, v. 20, n. 3, p.337-341, 2000.

BALBINO, J.M.S.; COSTA, A.F.S. **Crescimento e desenvolvimento dos frutos do mamoeiro do 'Grupo Solo' e padrão de qualidade** In: Martins, D.S., COSTA, A.F.S. (eds.) A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória - ES, p. 389-401, 2003.

BARBOSA, J.A. **Procedência, qualidade e perdas pós-colheita de frutas tropicais na Empresa de Abastecimento e Serviços Agrícolas de Campina Grande - PB**. 2006. 244 f. (Tese de Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

BARROS, J. C. da S. M. de; GOES, A. de; MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Agricola**, v.51, p. 363-368, 1994.

BICALHO, U. de O. **Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de PVC**. 1998. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M. *Materia-prima*. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. Campinas, 1995. cap. 2, p. 179-254 (Serie Frutas Tropicais, 7).

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A. Armazenamento de nêspersas (*Rriobotryia japonica*, Lindl.) cv. Mizuho em atmosfera modificada. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 9, n.2, p.18-24, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017 p.

BRON, I.U. **Amadurecimento do mamão ‘Golden’: ponto de colheita, bloqueio da ação do etileno e armazenamento refrigerado**. 2006. 66 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRON, I.U.; JACOMINO, A.P. Ripening and quality of ‘Golden’ papaya fruit harvested at different maturity stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 3, p. 89-396, 2006.

CARVALHO FILHO, C. D. **Conservação de cerejas (*Prunus avium L.*), cv. Ambrunés, utilizando coberturas comestíveis**. 2000. 123 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. HeLoísa Máscia Cecchi.- 2º. Ed.rev. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 207 p.

CENCI, S. A.; FONSECA, M. J. de OLIVEIRA; FREITA-SILVA, O. Procedimentos pós-colheita. In: FOLEGATTI, M. I. DA SILVEIRA; MATSUURA, F. C. A. U. **Mamão: Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, cap. 5, p. 24-38 (Frutas do Brasil, 21).

CEREDA, M. P.; BERTOLINI, A. C.; EVANGELISTA, R. M. Uso do amido em substituição as ceras na elaboração de “películas” na conservação póscolheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7., 1992, Recife. **Anais...** Recife, 1992, p.107.

CHEN, X.; HERTOOG, M.L.A.T.M.; BANKS, N.H. The effect of temperature on gas relations in MA packages for capsicums (*Capsicum annum L.*, cv. Tasty): an integrated approach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.20, p.71-80, 2000.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHITARRA LEME, S. **Qualidade de pimentão armazenado sob refrigeração em atmosfera modificada**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COSTA, F. B. da. **Armazenamento refrigerado do mamão Havai 'Golden' produzido na Chapada do Apodi**. 2002. 60f. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia), Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró.

COSTA, A.F.S.; BALBINO, J.M.S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. (Ed.). **Mamão: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).

DANTAS, J. L. L. **Mamão produção**. In: FRUTAS DO BRASIL, 3, 2000, Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 2000. CD-ROM.

DAIÚTO, E. R.; CEREDA, M. P. Extração de fécula de inhame (*Dioscorea* sp.). In: **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, v.3 cap. 8, p. 176-190. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas).

DRAETTA, I.S.; SHIMOKOMAKI, M.; YOKOMIZO, Y.; FUJITA, J.T.; MENEZES, H.C.; BLEINROTH, E.W. Transformações bioquímicas do mamão (*Carica papaya*) durante a maturação. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v.6 p.395-408, 1975.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packaging: a review. **Critical Reviews in Food Science**, v. 38, p. 299-313, 1998.

DUAN, X.; CHENG, G.; YANG, E.; YI, C.; RUENROENGKLIN, N.; LU, W.; LU, Y.; JIANG, Y. Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit. **Food Chemistry**, Washington, v. 111, p. 144-148, 2008.

FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'Solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.541-545, 2001.

FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. **Mamão Pós-colheita**. Embrapa Mandioca Fruticultura: Brasília, 2002. 59p.

FONSECA, M. J. DE O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A.; CECON, P. R.; SMITH, R. E. B. Conservação pós-colheita de mamão 'sunrise solo' e 'Golden' em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 154 - 161, 2006.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, n. 52, p.99-119, 2002.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VIOPOUX, O.; SARMENTO, S. B. S. Estruturas dos grânulos de amido. Propriedades gerais do amido. In: CEREDA, M. P. – **Caracterização das metéria-primas**.

São Paulo: Fundação Cargill, 2001, v 1, cap. 5 p. 88-100 (Série Culturas de Tuberosas Latino Americanas).

GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2000. p. 36. (Circular Técnica, 28).

GOMES, P. M. de A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C) desidratada em leite de jorro**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GONZÁLEZ, M.; LOBO, M. G. Estado actual de los productos mínimamente procesados en España. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTOS MÍNIMOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4, 2006, São Pedro. **Palestras, Recados, Flxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. p. 77-92.

GOULAO, L.F.; OLIVEIRA, C.M. Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. **Trends in Food Science and Tecnology**, Cambridge, v. 19, p. 4-25, 2008.

GUEDES, P. A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga cv. Rosa**. 2007. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

HAMILTON, R.A., ITO, P. **Sunrise solo. a different colored solo papaya**. Havai: Hawaii Agric. Exp. Sta., 1986. 5 p. (Circular 69).

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilme na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv. IAC Campinas. **Ciência e Teenologia de Alimentos**, Campinas, n. 19, n. 2, p. 231-233, 1999.

HOJO, E. T. D. **Qualidade de mangas ‘Palmer’ tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração**. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Produção Agrícola Municipal. 2009. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2010.

JACOMINO, A. P.; BRON, I.U.; KUGLE, R. A. Avanços em tecnologia pós-colheita de mamão. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interuo**. Vitória: Incaper, 2003. p. 282.

KADER, A.A. **Postarvest & tecnology of horticultural crops**. California: University of California, 2002, p. 519.

KECHINSKI, C. P. **Avaliação do uso de ozônio e de ontros tratamentos alternativos para a enervação do mamão papaia (*Carica papaya* L)**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002, 214 p.

KROCHTA, J. M. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status and opportunities. In: GENNADIOS, A. **Protein-based films and coatings**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2002. 672 p.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 207-220, 2000.

LEMS, O. L. **Utilização de biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita do pimentão 'Magali R'**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

LIMA, K. S. C. et al. Efeito de baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 183-193, 2004.

MANICA, I.; MARTINS, D. dos S ; VENTURA, J. A. **Mamão: tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. p. 9-361.

MAHAJAN, P.V.; GOSWANI, T.K. Enzyme kinetics based modeling of respiration rate of apple. **Journal Agricultural Engineering Research**, Amsterdam, v.79, n.4, p. 399-406, 2001.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 24, p.7055-7011, 2003.

MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003.

MENDOZA, F.; AGUILERA, J. M. Application of image analysis for classification of ripening bananas. **Journal of Food Science**, New York, v. 69, n. 2, p. 471-477, 2004

MOLINARI, A. C. F. **Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita do mamão 'Golden' tipo exportação**. 2007. 128 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MONTEIRO, S. **Frutas frescas: vitórias e desafios**. Frutas e derivados. IBRAF– Instituto Brasileiro de Frutas, ano 1, Ed. 2, 2006.

NASCIMENTO, P. de O.; SIQUEIRA, A. P. de O.; OLIVEIRA, L. F. M. de; GOMES FILHO, A.; OLIVEIRA, J. G. Qualidade de amostras de mamão 'Golden' armazenados sob diferentes

temperaturas. **Papaya Brasil: Pesquisa científica e a crise no mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2009.

OLIVEIRA, M.A.B.; VIANNI, R.; SOUZA, G.; ARAÚJO, T.M.R. Caracterização do estágio de maturação do papaya 'Golden' em função da cor. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 24, n. 2, p. 559-561, 2002.

OLIVEIRA, M. A. **Comportamento pós-colheita de pêssegos (*Prunus persica* L. Balstsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial**. 2000. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; COELHO, E. M.; COELHO, F. C. Caracterização pós-colheita de mamão armazenado em atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.3, p. 660-664, 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G. **Conservação pós-colheita de mamão (*Carica Papaya* L.) utilizando atmosfera modificada em diferentes temperaturas de armazenamento**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

PALMU, P. S. T. **Preparação, propriedades e aplicação de biofilmes comestíveis à base de glúten de trigo**. 2003. 244 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PALMU, P. T.; FAKHOURI, M. F.; GROSSO, C. R. F. Extensão da vida útil de frutas tropicais. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, p. 12-17, 2002.

PEIXOTO, A. de M. **Fisiologia e conservação pós-colheita de mamão 'goldeu' tratado com 1-metilciclopropeno em diferentes estádios de maturação**. 2008. 165f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

PEREIRA, M.E.C.; SILVA, A.S. da; BISPO, A.S.R.; SANTOS, D.B. dos; SANTOS, S.B. dos; SANTOS, V. J. dos. Amadurecimento de mamão Formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S.; SANTOS, V. J.; SOUZA, E. G.; LEDO, C. A. S.; LIMA, M. A. C.; AMORIM, T. B. F. Aplicação de revestimento comestível para conservação pós-colheita da manga 'Tommy Atkins' em temperatura ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18, 2004, Florianópolis, **Anais...**, Florianópolis-SC, 2004.

PINTO, L. K. de A.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D. de; ALMEIDA, R. F. de; VITORAZI, L.; PEREIRA, S. M. de F. Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, P. 744-748, 2006.

- QUEIROZ, Ronialison Fernandes. **Desenvolvimento do fruto de mamão Formosa 'Tainnng 01'e pouto ideal de colheita**. 2009. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.
- RAGONHA, E. **Estudo do mercado interno visando a comercialização do mamão (Carica papaya) dos grupos solo e formosa**. Toda Fruta, 2005. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 12 de dez. 2009.
- REIS NETO, S. A. **Qualidade pós-colheita do mamão (Carica papaya L.) cv. Golden armazenado sob atmosferas modificadas**. 2006. p. 8-15. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- REIS, K. C.; ELIAS, H. H. S.; LIMA, C. O.; SILVA, J. D.; PEREIRA, J. **Pepino japonês (Cucumis sativus L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca**. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.30, n.3, p.487-493, 2006.
- RIBEIRO, M. D. **Estudos preliminares do comportamento do mamão Formosa armazenado em condições ambientais**. 2002, 39 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, ESAM, Mossoró.
- RINDLAV-WESTLING, A.; STADING, M.; GATENHOLM, P. **Crystallinity and morphology in films of starch, amylose and amylopectin blends**. *Biomacromolecules*, v. 3, p. 84-91, 2003.
- ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; NASCIMENTO, S. R. C.; NUNES, G. H. S. **Qualidade do mamão 'formosa' submetido a diferentes temperaturas de refrigeração**. *Revista Caatinga*. Mossoró, v. 20, n. 1, p. 75-80, jan./mar. 2007.
- ROCHA, R.H.C.; NASCIMENTO, S.R.C.; MENEZES, J.B.; NUNES, G.H.S.N.; SILVA, E.O. **Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 386-389, 2005.
- RODOLFO JÚNIOR, F.; TORRES, L. B. de V.; CAMPOS, V. B.; LIMA, A. R. de; OLIVEIRA; A. D. de; MOTA, J. K. de M. **Caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados na Empasa de Campina Grande-PB**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.9, n.1, p.53-58, 2007.
- RODRIGUES, A. C. C.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. **Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing**. *Journal of Food Engineering*, v. 59, n. 2-3, p. 129-135, 2003.
- SAAVEDRA DEL AGUILA, J. **Processamento mínimo de rabanete: estudos físico-químico, fisiológicos e microbiológicos**. 2004. 123 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SALVEIT, M.E. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? *Postharvest biol. technology*. v.27, p. 3-13, 2003.

SANTOS, E. C. dos. **Vida útil pós-colheita de mamão Formosa ‘Tainung 01’ tratado com 1-Metilciclopropeno**. 2008. 95 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

SANTOS, C. E. M. **Qualidade pós-colheita do mamão Formosa ‘Tainung’ influenciado pelo tipo de embalagem usada no transporte rodoviário**. 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, G. G.; DINIZ, R. G.; SILVA, M. E. Avaliação química do mamão papaia (*Carica Papaya L.*) em diferentes estádios de maturação. *Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia*, Vitória, n. 3, p.1-7, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: *World Congress on Computers in Agriculture*, 4, Orlando-FL-USA: *Anais...* Orlando: American Society of Agricultural Engineers, p.393-396, 2010.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALG, 1998. p. 541-575.

SOUZA, L.M. de; FERREIRA, K. S. Características físicas na polpa dos frutos de mamão sadios e acometidos com manchas fisiológicas. In: *Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 18, 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBF, 2004. CDROM.

SOUZA JUNIOR., M. T. Mamão transgênico. *Bioteecnologia Ciência & Desenvolvimento*. n. 13, ano 2. p. 132-137, 2000 (Encarte Especial).

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, v. 14, p. 71-78, 2003.

THOMPSON, J.F. Storage Systems. In: KADER, A.A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. Oakland: University of California, p.113-134, 2002.

TRINDADE, A. V. **Mamão. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa - Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). - Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil; 3).

VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M. R. de; CEREDA, M. P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum L.*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 127-130, 1999.

VIEIRA, A.P. VIEITES, R.L., EVANGELISTA, R.M. Película de fécula de mandioca no abacaxi minimamente processado. In: *Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 17. Fortaleza, 2000. *Anais...* Fortaleza: SBCTA, 2000. p. 3.61.

VILA, M. T. R. **Qualidade pós-colheita de goiahas 'Pedro Sato' armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca.** 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ZHOU L.; PAULL, R.E. Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 126, p. 351-357, 2001.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**Dissertação de Mestrado: Estudo de materiais biodegradáveis para armazenamento de produtos agrícolas: biofilme e recipiente confeccionados de fécula de inhame**

**Autora: Débora Rafaelly Soares Silva**

**Orientadores: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavulcanti Mata**

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Elita Martins Duarte**

## **CAPÍTULO II**

### **DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL A PARTIR DE FÉCULA DE INHAME**

#### **RESUMO**

As embalagens biodegradáveis obtidas a partir de amido ou fécula, podem ser consideradas alternativa economicamente viável na redução dos impactos ambientais provocados pelas embalagens convencionais. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma embalagem biodegradável, obtida a partir da fécula de inhame e avaliar o efeito da incorporação de aditivos (plastificante e cera de carnaúba) nas propriedades mecânicas das embalagens. As embalagens biodegradáveis foram obtidas a partir da solução de fécula de inhame suspensa em água (nas concentrações de 14, 16 e 18% de fécula de inhame). Os resultados indicaram que as embalagens que receberam as concentrações de 14% de fécula com cera e 16% de fécula com cera e glicerina, foram as mais resistentes à compressão. Com o aumento da concentração de fécula de inhame ocorreu diminuição da resistência à tração das embalagens. As embalagens contendo cera de carnaúba em sua composição apresentaram uma maior resistência à tração, em ambas as concentrações e a adição da cera de carnaúba promoveu aumento da rigidez das embalagens, em todas as concentrações estudadas. O aumento das concentrações de fécula de inhame contribuiu positivamente, reduzindo a absorção de água pelas embalagens. As embalagens biodegradáveis obtidas neste trabalho, independente das formulações utilizadas, apresentaram fissuras e deformidades na estrutura, tornando-se inapropriadas para uso.

**Palavras-chave:** *Dioscorea sp*, aditivos, propriedades mecânicas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



M. Sc. Thesis: **A Study on biodegradable material for storage of agricultural products:  
biofilm and container made from yam starch**

Author: **Débora Rafaelly Soares Silva**

Supervisors: **Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**

**Prof. Dr. Maria Elita Martins Duarte**

## CHAPTER H

### THE DEVELOPMENT OF BIODEGRADABLE PACKAGING FROM YAM STARCH

#### ABSTRACT

The biodegradable packaging made from starch or amyllum may be considered an economically viable alternative to the reduction of the environmental impacts caused by conventional packaging. This study aimed at developing a biodegradable package obtained from yam starch and at evaluating the effect of the incorporation of additives (plasticizers and carnauba wax) on the mechanical properties of the packages. The biodegradable packages were obtained from the solution of yam starch suspended in water (at the concentration of 14, 16 and 18% of yam starch). The results indicated that the packages which received concentrations of 14% of yam starch with wax and of 16% of starch with wax and glycerin were more resistant to compression. The increase in the concentration of yam starch caused the decrease in the tensile strength of the packages. Packages containing carnauba wax in its composition showed a higher tensile strength at both concentrations. Further, the addition of carnauba wax led to an increase in the rigidity of the packages in all concentrations studied. The increase in the concentrations of yam starch contributes positively, reducing the absorption of water by the packages. The biodegradable packages obtained in this work, regardless of the formulations used, present cracks and deformities in the structure, making them inappropriate for use.

**Keywords:** *Dioscorea sp*; additives; mechanical properties.

## 1 - INTRODUÇÃO

O inhame (*Dioscorea spp*), pertencente à família Dioscoreaceae, é originário das regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios. O gênero *Dioscorea* é composto de aproximadamente 600 a 900 espécies, com potencial econômico para os setores alimentício, medicinal e ornamental. Estima-se que ocorram no Brasil entre 150 e 200 espécies de *Dioscorea*, único gênero da família presente em todas as regiões do país (PEDRALLI, 2002). Em termos de produção e área plantada, os países africanos como Nigéria e Costa do Marfim, dominam o cenário internacional (FAO, 2009). Nacionalmente, o nordeste é o maior produtor, concentrando 90% de todo o inhame produzido, sendo o Estado da Paraíba responsável pela maior produção, seguido de Pernambuco e Bahia (OLIVEIRA, 2006).

As túberas de inhame são ricas em vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, adermana), carboidratos (amido, principalmente), e minerais, além de apresentarem propriedades medicinais e baixos teores de gordura (SANTOS et al., 2007).

O amido é o principal componente das túberas de inhame (OLIVEIRA et al., 2002), sendo encontrada em algumas espécies de *Dioscorea*, uma média de amido que varia entre 70,4 a 73,4 g/100 g. Na espécie *Dioscorea cayennensis* o amido é o principal componente da matéria seca das túberas, com teores variando entre 75,6 a 84,3 g/100 g (WANASUNDERA e RAVINDRAN, 1994).

O amido, além de ser empregado nas indústrias de alimentos, cosméticos, produtos farmacêuticos, papel e têxtil, tem sido utilizado também como material termoplástico para aplicações em embalagens, tubetes para plantação, pratos e talheres. Isso porque é totalmente biodegradável, não tóxico, renovável, tem um custo relativamente baixo e é um importante segmento da economia (DA ROZ, 2003).

Atualmente, é notório o interesse no desenvolvimento de materiais termoplásticos compostos essencialmente por amido que, ao contrário dos polímeros usados em embalagens convencionais, é biodegradável e obtido a partir de fontes renováveis. Para a obtenção de um material termoplástico de amido, a sua estrutura granular precisa ser destruída para dar origem a uma matriz polimérica homogênea e essencialmente amorfa (SOUZA e ANDRADE, 2000). Além disso, as embalagens plásticas produzidas com os polímeros convencionais de fonte

petroquímica se degradam muito lentamente no ambiente, pois são bastante resistentes às radiações, ao calor, ao ar, à água e ao ataque imediato de micro-organismos. Isto produz problemas ambientais, visto que a degradação desses materiais leva centenas de anos (ROSA et al., 2001).

Estudos têm demonstrado que o amido pode ser considerado uma alternativa economicamente viável em substituição das embalagens convencionais porém requer, ainda, muitos estudos em relação às propriedades mecânicas, a plasticidade e a impermeabilidade dessas embalagens.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se desenvolver embalagens de fécula de inhame e estudar a influência da concentração de fécula de inhame nas propriedades mecânicas (força e deformação na ruptura) e de barreira das embalagens.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Inhame

O inhame (*Dioscorea sp.*), é uma planta monocotiledônea, herbácea, trepadeira, de clima tropical e subtropical. As túberas possuem excelente qualidade nutritiva e energética, sendo ricas em diversas vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina), vitamina A, Vitamina C (ácido ascórbico) e carboidrato (amido principalmente), o qual é a principal reserva energética dos vegetais, como também a principal fonte de carboidratos na dieta humana, além de apreciáveis teores de proteína e de gordura (OLIVEIRA et al., 2007). A cultura do inhame (*Dioscorea sp.*) alcança, no Nordeste do Brasil, grande importância socioeconômica, essencialmente nos Estados de Pernambuco e Paraíba, que se destacam como maiores produtores. É uma planta de constituição herbácea, trepadeira, da família das *Dioscoreáceas* e produtora de rizóforos alimentícios de alto valor energético e nutritivo, com larga aceitação pelas diversas camadas da sociedade brasileira (OLIVEIRA, 2002).

A planta apresenta raiz tuberosa, alongada, de cor castanho-claro; caule volúvel, cilíndrico, tênue, com cerca de 3 mm de diâmetro, glabro, esparsamente aculeado; folhas opostas e raramente alternadas, com sete a nove nervuras principais, base mais ou menos cordiforme com cerca de 7 cm de comprimento e 4,5 cm de largura; as flores são dióicas, dispostas em espigas masculinas solitárias, simples ou compostas (SANTOS, 2002).

O inhame é conhecido popularmente no Brasil como cará, cará-da-costa, inhame-da-costa, inhame-daguiné-branco e inhame-são-tomé. Dentre as espécies de cará ou inhame, tubérculos do gênero *Dioscorea*, as mais cultivadas no Brasil são *D. alata*, *D. caynensis* e *D. rotundata*, direcionadas ao consumo *in natura*, devido principalmente à falta de processos de industrialização, que se dá pelo alto nível de mucilagem que dificulta a liberação do amido do tecido vegetal, e à falta de popularização das suas qualidades nutricionais e funcionais (ALVES, 2000).

O desenvolvimento de produtos alimentícios, tendo, como base, raízes tropicais, de tradição de cultivo e apelo cultural, como o inhame, tem atraído o interesse dos produtores rurais e industriais, pois possibilita o incremento de toda a cadeia produtiva (CRIVELARO, 2008).

### 2.1.1 - Fécula de Inhame

De acordo com o Decreto nº 12.486 (BRASIL, 1978), no Brasil os produtos amiláceos, são classificados em amido ou fécula. Amido é o produto extraído das partes aéreas, comestíveis, dos vegetais (sementes, frutos). Fécula é o produto extraído das partes subterrâneas, comestíveis, dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas).

Dentre os amidos mais empregados comercialmente estão os de milho, batata, arroz, trigo e mandioca (ALVES et al., 1999), porém o amido obtido de tubérculos de cará ou inhame (*Dioscorea alata*), pelo seu teor médio de amilose (30%), se configura como alternativa interessante para a confecção de filmes e revestimentos biodegradáveis e/ou comestíveis (MALI e GROSSMANN, 2003).

Quando comparada com amidos de outras fontes, a fécula de inhame pode manter níveis de viscosidade durante o tratamento térmico. No entanto, a fécula de inhame não parece ser adequada durante a estocagem a frio, pois, este amido apresenta tendência a retrogradação durante esse tipo de estocagem (ALVES, 2000).

As características das féculas podem variar com a espécie, como relatado por ANANI et al. (2000) em *Dioscorea rotundata*, *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum*. As féculas de *D. dumetorum* (17% de amilose) e *D. esculenta* (15% de amilose), as quais, depois de aquecidas, desenvolveram géis com excelentes condições de resistência às condições ácidas, melhor que amidos nativos e modificados. Essas características foram indicadas para o preparo de alimentos ácidos, como os produtos de tomate, molhos ácidos e temperos de salada. Dentre as féculas de inhame a que desenvolveu viscosidade mais elevada foi a extraída de *D. cayenensis*, por apresentar características de substituir amidos modificados em processos VHT (alta temperatura x baixo tempo) e em alimentos infantis. A fécula de *D. alata*, *D. cayenensis* e *D. rotundata* desenvolveu alta viscosidade e boa resistência a temperaturas elevadas como a de esterilização (121 °C por 1 h). Em avaliação feita sobre a potencialidade de plantas tropicais (LEONEL e CEREDA, 2002), o inhame apresentou o maior valor potencial de produção de amido por área, com 6,1 t/ha, entre 7 espécies como açafrão, ahipa, araruta, batata doce, biri e mandioquinha salsa. Em função do seu rendimento agrícola, o inhame apresenta grande potencial para produção industrial de fécula. No entanto, a presença de mucopolissacarídeo dificulta e prejudica a extração e seleção desta fécula,

porém, através de um processo de extração eficiente, e aproveitamento do mucopolissacarídeo como espessante, na mesma ordem das gomas e mucilagens tradicionais, poderia viabilizar a utilização comercial da fécula de inhame (DAIUTO e CEREDA, 2003).

O inhame vem sendo estudado como fonte alternativa de amido em razão das suas propriedades desejáveis, como estabilidade a alta temperatura e baixo pH (ALVES et al., 1999). Na Tabela 2.2.1 são apresentadas a caracterização físico-química e as características dos grânulos de fécula de inhame.

**Tabela 2.2.1 - Caracterização da fécula de inhame (*Dioscorea sp.*)**

<b>Análises</b>	<b>mg/100g (Base Seca)</b>
Amido	83,06
Açúcar Redutor	0,11
Proteína	0,09
Lipídeos	0,10
Cinzas	0,22
Fósforo	0,022
Amilose % amido	23,65
Tamanho dos grânulos ( $\mu\text{m}$ )	13-18
Forma grânulo	Elipsóide e ovóide

Fonte: CEREDA et al. (2002)

## 2.2 - Amido

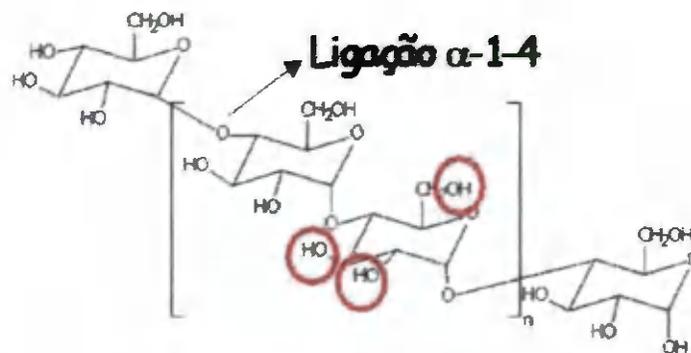
O amido é a principal substância de reserva nas plantas superiores e fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. A matéria-prima é disponível em quantidade suficiente e os processos industriais permitem que o amido seja extraído com elevada pureza. Trata-se de uma matéria-prima renovável, biodegradável e não tóxica (VAN DER BURGT et al., 2000).

O amido é um dos biopolímeros mais abundantes e totalmente biodegradável, decompondo-se a dióxido de carbono e água. Está disponível em grandes quantidades a partir de diversas fontes renováveis. A boa biodegradabilidade do amido pode, também, ter aplicação no setor industrial, principalmente como embalagem, em virtude de apresentar algumas vantagens, como a perda de suas propriedades com o tempo, porque estas são altamente dependentes do teor de umidade presente nesses termoplásticos (SCOTT, 2001).

De acordo com DA RÓZ (2003), o amido sob pressão e temperatura e na presença de um agente plastificante, pode ser gelatinizado, e sob efeito de cisalhamento se transformar em um fundido. Este material é denominado amido termoplástico. Os produtos obtidos exclusivamente de amido termoplástico são mais baratos que os plásticos sintéticos derivados de petróleo e possuem a vantagem adicional de serem biodegradáveis. Adicionalmente, o amido termoplástico é compostável e pode ser processado nos mesmos equipamentos tradicionalmente empregados para o processamento dos plásticos convencionais.

O amido é um homopolissacarídeo neutro formado por duas frações: amilose e amilopectina. A amilose é composta de unidades de glucose com ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4, formando, assim, unidades de maltose; a segunda, por unidades de glucose unidas em  $\alpha$ -1,4 com cadeias de glucose ligadas em  $\alpha$ -1,6, de modo que, além de unidades de maltose, apresenta-se em menor proporção isomaltose nos pontos de ramificação (BOBBIO e BOBBIO, 2001). A amilose (Figura 2.2.1) apresenta tamanho médio da cadeia de aproximadamente  $10^3$  unidades de glicose e sua forma, quase linear, resulta na formação de hélices com interior hidrofóbico, que pode acomodar moléculas pequenas, como ácidos graxos e iodo. Além de formar um complexo com iodo resultando em uma coloração azul, a amilose é instável em soluções aquosas diluídas (BULÉON et al., 1998).

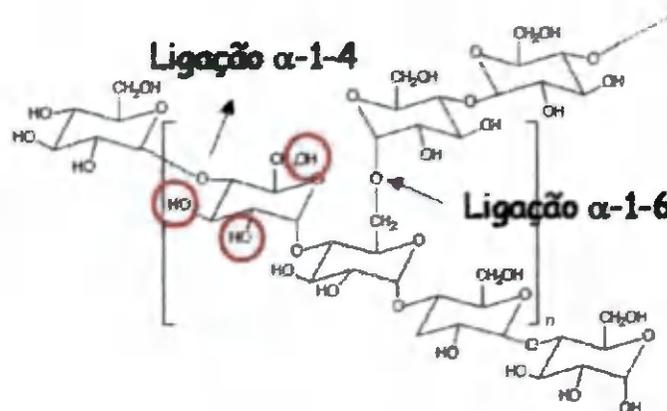
As moléculas de amilose em solução, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que formem pontes de hidrogênio entre hidroxilas de cadeias de amilose adjacentes. Como resultado, a afinidade do polímero por água é reduzida, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes (WURZBURG, 1986). Assim, amidos de altos teores de amilose formam géis relativamente rígidos e elásticos e, os com baixos teores de amilose, formam géis fracos e não elásticos (ZOBEL e STEPHEN, 1995).



**Figura 2.2.1** - Estrutura da amilose (Fonte: CORRADINI et al., 2007)

A amilopectina (Figura 2.2.2) apresenta tamanho médio das ramificações de aproximadamente 20 ou 30 unidades de glicose; em presença de iodo resulta em uma coloração avermelhada e é estável em soluções aquosas diluídas (BULÉON et al., 1998).

O poder de inchamento do grânulo de amido é essencialmente uma propriedade da amilopectina. A amilose age somente como diluente enquanto os lipídios inibem o inchamento do grão por meio da sua ligação com esta (ZOBEL, 1998).



**Figura 2.2.2** - Estrutura da Amilopectina (FONTE: CORRADINI et al., 2007)

Os teores de amilose e amilopectina influenciam, respectivamente, as propriedades químicas e tecnológicas de um amido tanto quanto sua susceptibilidade a hidrólise enzimática, suas propriedades gelificantes e espessantes (MASSAUX et al., 2006).

A grande maioria dos amidos contém 20 a 30% de amilose e 70 a 80% de amilopectina, conforme a fonte botânica, o que confere características específicas ao amido (CEREDA et al.,

2002). O amido obtido de tubérculos de cará ou inhame (*Dioscorea alata*), apresenta o teor médio de aproximadamente 30% de amilose (MALI e GROSSMANN, 2003).

Variações nas proporções entre esses componentes podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais muito diferentes, passíveis de afetar suas aplicações industriais.

### 2.2.1 - Gelatinização e retrogradação

A gelatinização de amido é o colapso do arranjo molecular em que o grânulo de amido sofre mudanças irreversíveis em suas propriedades de modo que o grânulo intumescça, ocorre fusão da cristalinidade nativa, perda de birrefringência e solubilização do amido. O ponto de gelatinização inicial e sua proporção sobre o qual ocorre é determinado pela concentração de amido, método de observação, tipo de grânulo e fonte botânica (ATWELL et al., 1998).

A gelatinização afeta as propriedades dos amidos, transformando-os em uma pasta viscoelástica. Durante o aquecimento de dispersões de amido em presença do excesso de água, inicialmente ocorre o inchamento dos grânulos até temperaturas nas quais ocorre o rompimento dos mesmos, com a destruição da ordem molecular e mudanças irreversíveis nas suas propriedades. A temperatura na qual ocorre este tipo de transformação é chamada de temperatura de gelatinização. Por outro lado, quando o amido é aquecido em presença de pequenas quantidades de água, o fenômeno que indica o rompimento dos grânulos é conhecido como fusão (SOUZA e ANDRADE, 2000).

As propriedades de gelatinização do amido estão relacionadas a vários fatores, incluindo proporção de amilose e amilopectina, tipo de cristalinidade, tamanho e estrutura do grânulo de amido (LINDEBOOM et al., 2004).

Os grânulos de amido estão organizados em regiões cristalinas e amorfas, sendo a transição entre elas é gradual. A região cristalina é constituída de cadeias laterais da amilopectina, enquanto os pontos de ramificação e a amilose são os principais componentes das regiões amorfas. Quando uma suspensão gelatinizada de amido é resfriada a temperatura ambiente, cria-se um “ambiente” propício ao favorecimento da cristalização das cadeias constituintes do amido suspenso, fenômeno esse denominado retrogradação (ou geleificação) e que resulta na formação do gel de amido. A retrogradação de uma suspensão de amido

caracteriza-se pela associação da amilose por junções do tipo duplas-hélices e pela recristalização das cadeias de amilopectina suspensas (fenômeno bem mais lento que o anterior), resultando no desenvolvimento de turbidez e na formação do gel de amido (PARKER e RING, 2001).

De maneira mais detalhada, a retrogradação é um processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizado começam a se re-associar em uma estrutura ordenada. Nesta fase inicial, duas ou mais cadeias de amido podem formar um ponto de junção simples que depois, pode desenvolver-se amplamente em mais regiões ordenadas. Por último, sob condições favoráveis, uma estrutura cristalina aparece (ATWELL et al., 1998) forçando a água a sair do sistema. A expulsão da água da rede do gel é denominada sinérese.

### 2.3 - Embalagem

A embalagem é considerada fator de desenvolvimento socioeconômico das sociedades, trazendo benefícios como a minimização de perdas dos produtos, a possibilidade da sua conservação, o acesso em diferentes épocas do ano a produtos diversos provenientes de outros lugares e uma maior conveniência no consumo dos produtos. Apesar desses benefícios, o impacto ambiental das embalagens e a gestão dos seus resíduos são uma preocupação crescente da indústria de embalagem e alimentar, do setor da distribuição, de entidades reguladoras, de grupos ambientais e do consumidor (POÇAS e FREITAS, 2003).

Nos últimos anos vêm crescendo: o interesse no desenvolvimento de materiais termoplásticos compostos essencialmente por polímeros biodegradáveis, tais como os amidos e as proteínas. O interesse no desenvolvimento de materiais termoplásticos compostos essencialmente por amido que, ao contrário dos polímeros usados em embalagens convencionais, é biodegradável e obtido a partir de fontes renováveis. Para a obtenção de um material termoplástico de amido, a sua estrutura granular precisa ser destruída para dar origem a uma matriz polimérica homogênea e essencialmente amorfa (SOUZA e ANDRADE, 2000).

Pesquisas estão sendo realizadas em todo o mundo, no sentido de incrementar e desenvolver embalagens biodegradáveis provindas de fontes renováveis, polímeros capazes de formar matrizes contínuas e que, através de diversas técnicas de produção, podem ser

transformados em filmes e revestimentos comestíveis e/ou biodegradáveis (MALI e GROSSMANN, 2003).

A biodegradação de um polímero é o processo intrínseco pelo qual micro-organismos e suas enzimas consomem este polímero como fonte de nutrientes, em condições normais de umidade, temperatura e pressão; os polímeros mais adaptados à biodegradação completa são os naturais, aqueles hidrolisáveis a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , ou a  $\text{CH}_4$  e os polímeros sintéticos que possuam estruturas próximas aos naturais (LIMA, 2004).

AVÉROUS e BOQUILLON (2004), classificam os polímeros biodegradáveis ou biopolímeros em quatro famílias: os polímeros biodegradáveis provenientes do fracionamento da biomassa, os polímeros biodegradáveis provenientes de fermentação da biomassa, os polímeros biodegradáveis sintetizados a partir de monômeros da biomassa e os polímeros biodegradáveis de origem petroquímica. Com exceção da última família, que é de origem fóssil, a maioria dos biopolímeros é obtida de fontes renováveis.

A utilização da espuma do amido como substituto do material plástico, embora muito promissora, é ainda limitada devido à sua baixa resistência mecânica e susceptibilidade à umidade (MOHANTY et al., 2002). Para obter essas características desejadas (aumento da resistência mecânica e a água) pode-se modificar o material já existente, através da incorporação de aditivos (CARR, 2007).

### 2.3.1 - Plastificantes

Comumente, os plastificantes são geralmente, moléculas pequenas, pouco voláteis e adicionados aos polímeros de alto peso molecular para amolecê-los ou abaixar seu ponto de fusão durante o processamento ou ainda, para lhe adicionar uma flexibilidade ou extensibilidade semelhante a da borracha (MATHEW e DUFRESNE, 2002). O amido natural apresenta ponto de fusão acima de sua temperatura de degradação, sendo necessário adicionar um plastificante para diminuir sua temperatura de fusão a fim de realizar seu processamento (DA RÓZ et al., 2006).

A adição de um agente plastificante é necessária para superar a fragilidade dos biofilmes que ficam quebradiços em virtude das extensivas forças intermoleculares. Os plastificantes reduzem essas forças, suavizam a rigidez da estrutura do filme e aumentam a

mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, melhorando as propriedades mecânicas do filme (GUILBERT et al., 1997).

Os plastificantes mais indicados para serem empregados em filmes de amido são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, que são materiais que interagem com as cadeias de amido através de pontes de hidrogênio (MALI et al., 2005). O glicerol é uma molécula hidrofílica pequena, com três grupos hidroxilas, que interagem facilmente com as cadeias do amido (MALI et al., 2004).

No entanto, dependendo da concentração em que são empregados podem causar um efeito chamado antiplastificante, isto é, ao invés de aumentar a flexibilidade e a hidrofílicidade, podem causar efeito contrário (GAUDIN et al., 2000).

### **2.3.2 - Cera de carnaúba**

A cera à base de carnaúba vem sendo testada em frutas e hortaliças. Obtida a partir de uma palmeira brasileira (*Copernicia cerifera*), tem sido comercializada sob inúmeras marcas, em diferentes concentrações e misturas. Pode ser aplicada em produtos dos quais também se consome a casca, devido ao fato de não ser tóxica. Confere brilho e reduz a perda de matéria fresca dos produtos, além de ser facilmente removível com água, se necessário (HAGENMAIER e BAKER, 1994). A cera de carnaúba é utilizada amplamente pelas indústrias, sendo encontrada em cosméticos, emulsões, usadas como isolamento e brilho em frutas, lubrificantes e tintas, entre outros.

Existem, basicamente, três tipos de cera, obtidos a partir do pó e da cera bruta, por centrifugação, filtração e clareamento. A tipo 1, obtida do pó do olho, é amarela-clara e mais pura; a tipo 4 é escura e menos pura, enquanto a tipo 3 é de coloração e pureza intermediária 4, sendo obtida a partir da cera tipo 4 (CARVALHO JUNIOR e JACOB, 2002).

### **2.4 - Liofilização**

A liofilização remove a água e outros solventes do produto congelado pelo processo de sublimação. A sublimação ocorre quando a água no estado sólido é convertida diretamente em vapor de água, sem passar pelo estado líquido (RODRIGUES, 2008).

A liofilização tem, como objetivo, estabilizar alimentos através das múltiplas operações às quais o material é submetido durante as operações de congelamento, sublimação, secagem a vácuo, além do armazenamento do material seco, sob condições controladas. Desta forma, obtém-se produtos de mais alta qualidade, de reconstituição instantânea e que possuem longa vida de prateleira. Este processo, quando comparado a outros meios de desidratação, mostra que reduz significativamente: a contração do produto, a decomposição térmica, a perda de voláteis, as ações enzimáticas, a desnaturação de proteínas e as alterações da morfologia inicial do material (COELHO, 2010).

Esta técnica consiste, inicialmente, em congelar o produto muito rapidamente, para fazer com que suas características de sabor, aroma e constituintes químicos, sejam preservadas. Na etapa subsequente o material congelado é submetido a um vácuo parcial, ocasionando a secagem do produto para aproximadamente 2% base úmida. O material sólido e desidratado é submetido a uma moagem até atingir tamanhos de partículas desejáveis à industrialização. Este produto em pó pode ser utilizado para fazer o suco e também pode ser utilizado na indústria alimentícia para fazer doces, pães e biscoitos, entre outros produtos (CAVALCANTI MATA et al., 2003).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

Os produtos utilizados neste trabalho para obtenção da embalagem biodegradável foram os seguintes: o inhame (*Dioscorea sp.*), variedade São Tomé, a cera de carnaúba e a glicerina, todos provenientes do comércio do município de Campina Grande. O processo de obtenção da fécula de inhame utilizada neste trabalho, encontra-se descrito no item 3.1 (Capítulo 1).

#### 3.1 - Elaboração das embalagens

As embalagens biodegradáveis de fécula de inhame foram obtidas após sucessivos testes, a partir da solução de fécula de inhame suspensa em água (nas concentrações de 14, 16 e 18% de fécula de inhame) e aquecida a 80 °C, com agitação constante, até a completa gelatinização da fécula; em seguida, e dependendo da formulação a cera de carnaúba, era então adicionada a essa suspensão e, posteriormente, o plastificante glicerina. A solução foi transferida para o molde com 7,4 cm de diâmetro e congelada a -18 °C; em seguida, liofilizada durante 24 horas.

Enfim, a preparação das embalagens de fécula de inhame foi realizada para três formulações, apresentadas a seguir:

- Embalagens de fécula de inhame nas concentrações de 14, 16 e 18%, com 3% de glicerina.
- Embalagens de fécula de inhame nas concentrações de 14, 16 e 18%, com 3% de cera de carnaúba.
- Embalagens de fécula de inhame nas concentrações de 14, 16 e 18%, com 3% de glicerina e 3% de cera de carnaúba.

### 3.2 - Preparação dos moldes (corpos de prova)

Os corpos de prova para determinação dos ensaios mecânicos foram confeccionados através dos mesmos processos utilizados nas embalagens porém a solução de fécula de inhame foi transferida para as bandejas do liofilizador com formato de placa plana circular (Figura 2.3.1 a). Os corpos de prova (Figura 2.3.1 b) eram então cortados de acordo com as dimensões exigidas para cada tipo de ensaio mecânico.



(a)



(b)

Figura 2.3.1 - Molde (corpo de prova) (a) e molde nas dimensões do ensaio mecânico (b)

### 3.3 - Caracterização físico-química da fécula de inhame

#### 3.3.1 - Teor de água

Determinou-se o teor de água dos produtos foi determinado por secagem em estufa a 105°C, por 24h, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

#### 3.3.2 - Cinzas

O teor de cinzas foi determinado em conformidade com o método oficial da AOAC (1997) e os resultados expressos em porcentagem (p/p).

### 3.3.3 - Acidez total titulável

A acidez titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução 0,1N de hidróxido de sódio utilizando-se, como indicador para verificação do ponto de viragem, solução alcoólica a 1% de fenolftaleína. Os resultados foram expressos em percentagem (BRASIL, 2005).

### 3.3.4 - Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi realizado através do método potenciométrico, através do pHômetro da marca Analyser modelo 300 M, calibrado com solução tampão de pH 7,00 e 4,00 e determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### 3.3.5 - Amido

O teor de amido das amostras foi determinado segundo o Instituto Adolfo Lutz, cujos resultados foram expressos em percentagem (BRASIL, 2005).

## 3.4 - Análises das embalagens

### 3.4.1 - Resistência à compressão

Para as análises de resistência à compressão utilizou-se um texturômetro TA.XT plus da Stable Micro Systems com sonda cilíndrica de 36 mm de diâmetro (Figura 2.3.2). Os corpos de prova de fécula de inhame foram cortados em formato retangular (100x40 mm).

As amostras foram fixadas sobre a base do equipamento; em seguida, foi aplicada uma força perpendicular através da sonda cilíndrica, na superfície das amostras. Para cada formulação foram utilizadas três amostras, obtendo-se a média no final. O gráfico (força (N) *versus* distância (mm)) foi projetado pelo software do texturômetro. A resistência à tensão

corresponde à força máxima (N) que a amostra resiste e a flexibilidade é a distância (mm) necessária para atingir a força máxima (SHOGREN et al, 1998).



**Figura 2.3.2** - Teste de resistência à compressão e flexibilidade dos corpos de prova através do texturômetro TA.XT plus

### 3.4.2 - Resistência à tração

A análise de resistência à tração foi realizada através do texturômetro TA.XT plus da Stable Micro Systems. Os corpos de prova com dimensões de 25x100 mm foram fixados em uma base com garras de fixação (Figura 2.3.3). As amostras foram tracionadas a uma velocidade de teste de 2 mm/s. A resistência à tração foi calculada dividindo-se a maior carga pela área da seção transversal da amostra, ou seja,  $\sigma = F / A$ , em que  $\sigma$  é a tensão de resistência máxima,  $F$  é a carga máxima suportada pelo corpo de prova e  $A$  é a área inicial da seção transversal (SMITH, 1998).



**Figura 2.3.3** - Teste de resistência à tração dos corpos de prova através do texturômetro TA.XT plus

### **3.4.3 - Absorção de água**

A absorção de água dos corpos de prova foi determinada de acordo com o método de Cobb, norma ABNT (1999). Este método consiste na análise gravimétrica, em que as amostras com área conhecida são pesadas antes e depois de sua imersão em água destilada, por um tempo pré-determinado. As amostras usadas nestes experimentos tinham dimensões de 25x50 mm e o tempo de imersão foi de 60 s.

### **3.4.4 - Análise estatística**

Os dados obtidos na caracterização mecânica (resistência a compressão, resistência a tração e flexibilidade) e absorção de água dos moldes (corpos de prova) foram analisados pelo programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2010), pelo teste de Tukey.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização físico-química da fécula de inhame

Na Tabela 2.4.1 se encontram, os valores médios e os desvios padrão da caracterização físico-química e física da fécula de inhame. Observa-se que os valores obtidos referentes à composição da fécula de inhame encontram-se dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 1978), que determina: teor de água máximo igual a 14%, teor mínimo de amido igual a 80%, teor máximo de cinzas igual a 0,50% e acidez máxima (%) igual a 1,00mL de NaOH N/100g.

O teor de água na fécula de inhame de 7,73%, foi inferior ao valor determinado por MANZANO (2007) estudando a aplicação da fécula de inhame como estabilizante em iogurtes de soja, de 12,82%. O valor obtido pelo mesmo autor para o teor de cinzas de 0,19%, também foi superior ao encontrado neste trabalho, ou seja, de 0,12%, valor este obtido também inferior ao encontrado por CEREDA (2002) para a mesma espécie tuberosa de 0,22%.

A acidez total titulável da fécula de inhame foi de 0,96%, este valor foi muito inferior em relação ao valor obtido por LEONEL e CEREDA (2002) de 6,66.

O pH da fécula de inhame foi de 6,95, sendo superior ao valor encontrado por LEONEL e CEREDA (2002), para a mesma tuberosa, de 6,13.

A pureza do amido é um importante indicativo de sua qualidade, facilitando as aplicações industriais (PERONI, 2003). Neste trabalho o amido extraído do inhame apresentou grau de pureza de 82,62%, valor semelhante ao reportado por CEREDA (2002) em seu trabalho sobre a importância de raízes e tubérculos que obteve, o seguinte resultado para o teor de amido extraído do inhame de 83,06 %.

Através da análise de cor para a fécula de inhame, obtiveram-se os parâmetros luminosidade ( $L^*$  - 0 = preto e 100 = branco), intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $+b^*$ ). Analisando a Tabela 4.1 verifica-se que a fécula apresentou valores médios da luminosidade, intensidade de amarelo e intensidade de vermelho de 89,75; 0,50 e 2,54, respectivamente. Os valores obtidos para os parâmetros a e b foram inferiores aos encontrados para a fécula de mandioca natural e extrusada por, FREITAS e LEONEL (2007), apenas o índice de luminosidade se encontra dentro do intervalo dos valores obtidos pelos autores, que

apresentaram uma variação de (72,08 a 92,21) para o parâmetro (L), de (1,52 a 5,26) em relação ao parâmetro (a) e uma variação de (de 11,35 a 20,71) para o parâmetro (b).

**Tabela 2.4.1 - Caracterização físico-química da fécula de inhame**

<b>Parâmetro</b>	<b>Média ± desvio padrão</b>
Teor de água (%)	7,73 ± 0,09
Cinzas (%)	0,12 ± 0,04
Acidez	0,96 ± 0,10
pH	6,95 ± 0,02
Amido (%)	82,62 ± 4,93
Parâmetro cor (L)	89,75 ± 0,38
Parâmetro cor (a)	0,50 ± 0,07
Parâmetro cor (b)	2,54 ± 0,13

#### 4.2- Resistência à compressão

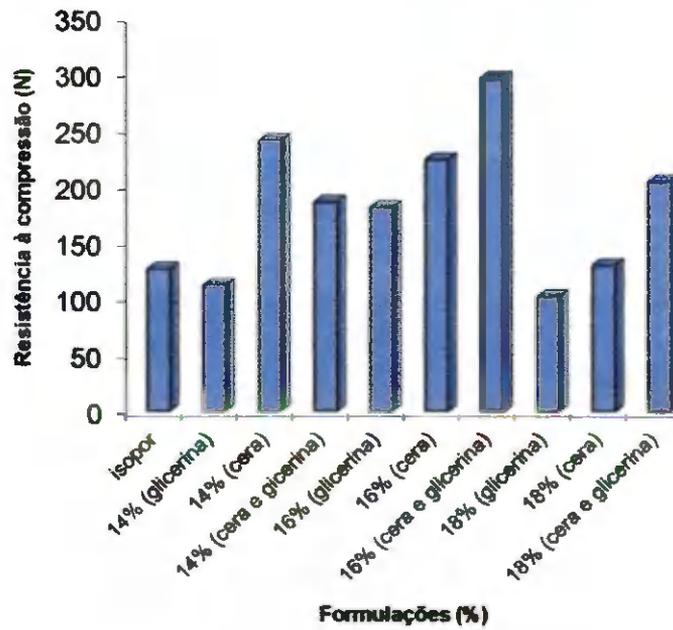
Na Figura 2.4.1 tem-se os valores referentes aos ensaios mecânicos de compressão e flexibilidade das embalagens contendo diferentes concentrações de fécula de inhame (14, 16 e 18%) com a adição do plastificante glicerina e/ou cera de carnaúba, e para efeito de comparação também foram realizados testes com o poliestireno expandido (isopor). De acordo com a análise de variância foi significativo o efeito para a interação entre as amostras estudadas e os ensaios mecânicos de compressão e flexibilidade (Tabela 4 - Apêndice).

Pode-se observar que as embalagens que receberam as concentrações de 14% de fécula (3% cera) e 16% de fécula (3% cera e 3% glicerina) foram as mais resistentes à compressão; resultados contrários obtiveram NAIME et al. (2009) ao estudar a influência da concentração da fécula de mandioca nas propriedades mecânicas e de barreira das embalagens tipo espuma, em que o aumento da concentração de fécula na massa melhorou a resistência à compressão.

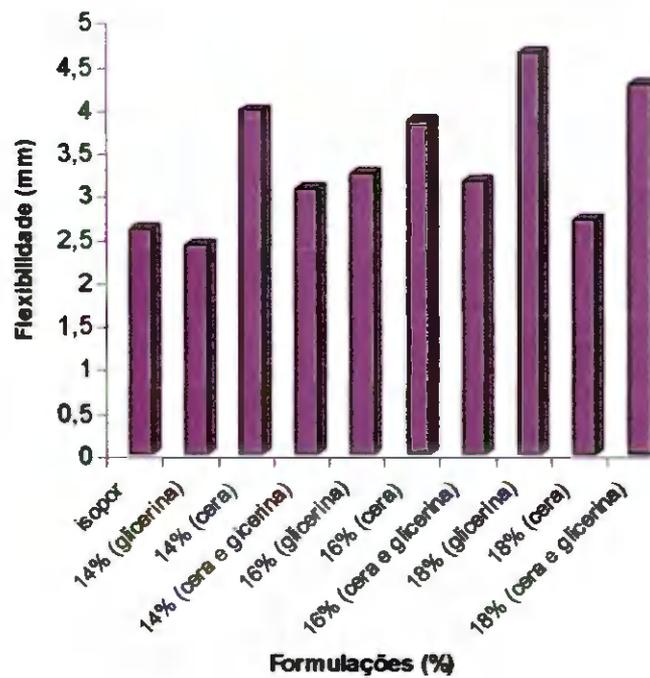
A menor resistência a compressão correspondeu às embalagens nas concentrações de 14% (111,93 N) e 18% (102,07 N) de fécula de inhame com a adição da glicerina, seguida do valor obtido pelo isopor (126,18 N). O plastificante deve ter promovido uma redução na resistência à compressão das embalagens.

Quanto à flexibilidade, verifica-se que a concentração de 14% de fécula de inhame (3% glicerina) apresentou valor inferior ao poliestireno expandido (isopor). Entretanto, os valores máximos obtidos para a flexibilidade foram nas concentrações de 18% de fécula (3% glicerina) e 18% fécula (3% cera e 3% glicerina); resultado contrário foi obtido por CARR (2007), em que a flexibilidade das embalagens tipo espuma diminuiu com o aumento da concentração de fécula de mandioca.

A flexibilidade das embalagens na concentração de 16% de fécula de inhame apresentou pouca variação entre os valores obtidos com a incorporação do plastificante e da cera de carnaúba, correspondendo à flexibilidade de 3,24 mm para a embalagem com glicerina, 3,83mm para a embalagem contendo cera e 3,14 mm na embalagem com cera e glicerina, na mesma formulação.



(a)



(b)

Figura 2.4.1 - Resistência à compressão (a) e flexibilidade (b) do isopor e das embalagens formuladas com diferentes concentrações de fécula de inhame

### 4.3 - Resistência à tração

Tem-se na Figura 2.4.2, os resultados de resistência à tração das embalagens obtidas com diferentes concentrações de fécula de inhame adicionadas ao plastificante glicerina e/ou cera de carnaúba.

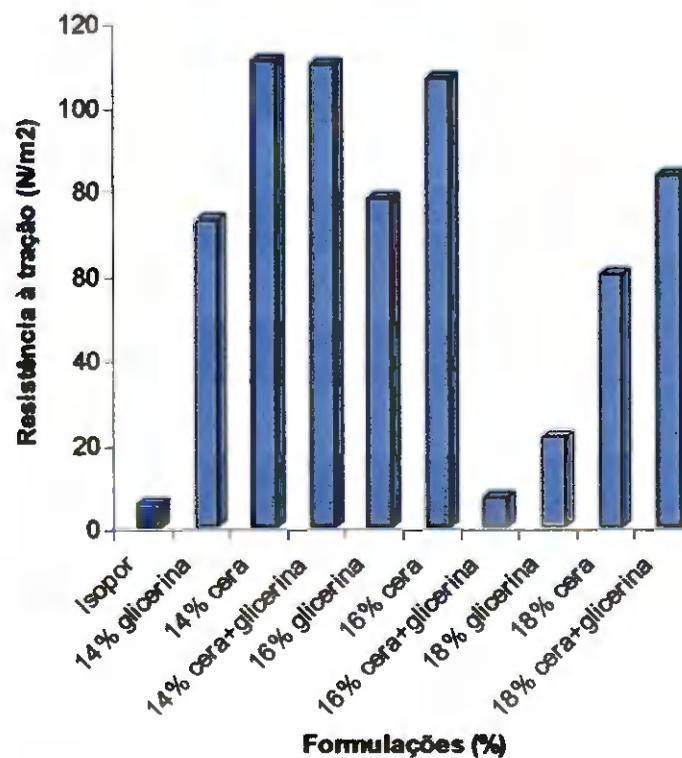
A embalagem na concentração de 14% de fécula (3% cera) apresentou maior valor de tensão na ruptura de  $110,47 \text{ N/m}^2$ , em razão de se tratar de um material ressecado e quebradiço. As concentrações 14% de fécula (3% cera e 3% glicerina) e 16% fécula (3% cera) também apresentaram as mesmas características, cujos valores da resistência a tração foram de  $109,47 \text{ N/m}^2$ ;  $106,28 \text{ N/m}^2$ , respectivamente.

Com o aumento da concentração de fécula de inhame para 16 e 18%, ocorreu uma diminuição da resistência das embalagens. Notou-se, entretanto, grande variação dos valores de resistência à tração das embalagens com a mesma concentração de fécula, devido à adição do plastificante e/ou cera de carnaúba. As embalagens contendo cera de carnaúba em sua composição apresentaram maior resistência à tração, em ambas as concentrações. A adição da cera de carnaúba promoveu aumento da rigidez das embalagens, em todas as concentrações estudadas.

Resultado semelhante foi obtido por SCHMIDT (2006) em estudo sobre as propriedades mecânicas de bandejas biodegradáveis de fécula de mandioca, calcário e fibra de celulose. Observou-se que o aumento da porcentagem de fibras celulósicas na formulação das bandejas provocou, nelas, diminuição da resistência à tração.

A menor resistência à tração correspondeu ao isopor ( $5,58 \text{ N/m}^2$ ), seguido da embalagem contendo 16% de fécula de inhame (3% cera e 3% glicerina) ( $6,91 \text{ N/m}^2$ ).

Verifica-se, na Tabela 4 (Apêndice), que houve efeito significativo entre a composição dos moldes estudados e o ensaio de resistência à tração, conforme a análise de variância.



**Figura 2.4.2** - Resistência à tração do isopor e das embalagens formuladas com diferentes concentrações de fécula de inhame

#### 4.4 - Absorção de água

Na Figura 2.4.3 estão os resultados obtidos referentes à quantidade de água absorvida pelas embalagens com diferentes concentrações de fécula de inhame (14, 16 e 18%).

A absorção de água foi reduzida com a adição da cera de carnaúba nas embalagens formuladas com 16 e 18% de fécula de inhame. As demais formulações aumentaram a absorção de água, sendo que as embalagens formuladas com glicerina apresentaram valores superiores em relação às embalagens que foram formuladas com a combinação de cera de carnaúba e glicerina.

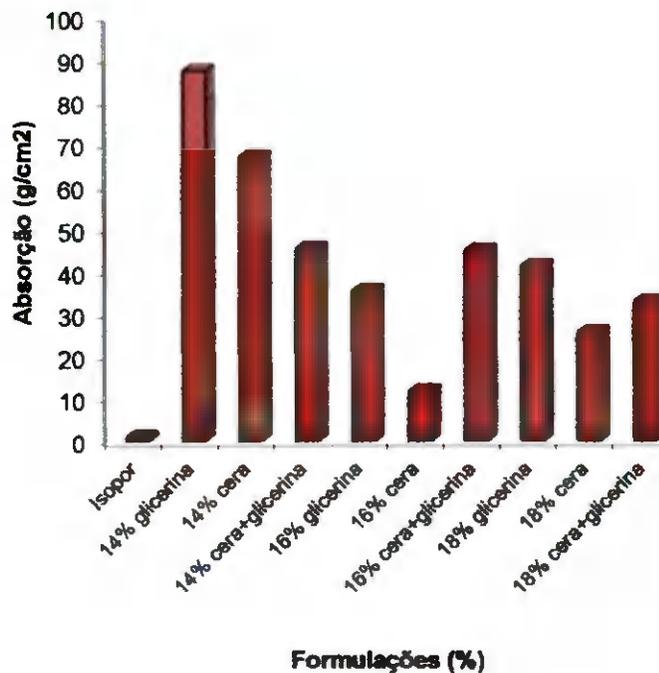
SHOGREN et al. (2002), verificaram que a adição de vários componentes hidrofóbicos, como a cera parafina, óleo vegetal, óleo de silicone, resina, ácido esteárico, ácido cítrico, ácido

butanotetracarboxílico, anidrido succínico, resina etanodiol, e resina melanina, não proporcionaram o aumento da resistência à absorção de água das bandejas de amido.

As embalagens com 14% de fécula de inhame apresentaram os valores máximos de absorção de água em relação às demais concentrações. Observa-se que o aumento das concentrações de fécula de inhame promoveu redução na absorção de água pelas embalagens. NAIME et al. (2009), também verificaram que o aumento da quantidade de fécula de mandioca na formulação proporcionou uma pequena diminuição do teor de umidade das embalagens tipo espumas.

O poliestireno expandido (isopor) apresentou a maior resistência à absorção de água ( $1,01 \text{ g/cm}^2$ ); entre as embalagens o menor valor obtido foi para a concentração de 16% com a adição de cera de carnaúba ( $11,79 \text{ g/cm}^2$ ). Devido à sua propriedade de proporcionar baixa absorção de água é permitido, ao poliestireno expandido (isopor) que suas características térmicas e mecânicas sejam mantidas, mesmo sob a ação da umidade; contrariamente, as matérias obtidas a partir de amido ou fécula apresentam baixa resistência à absorção de água.

Verifica-se, na Tabela 4 (Apêndice), que houve efeito significativo entre a composição dos moldes estudados e a absorção de água, conforme a análise de variância.



**Figura 2.4.3** - Absorção de água das embalagens com diferentes concentrações de fécula de inhame

#### 4.5 - Características das embalagens obtidas

Na Figura 2.4.4 são apresentadas as imagens (registros fotográficos) das embalagens confeccionadas com diferentes formulações de fécula de inhame as quais, independente das formulações utilizadas, apresentaram fissuras e deformidades na estrutura (Figura 2.4.4a), fato que, provavelmente, deve ter ocorrido no momento em que as formulações foram colocadas no molde, e alguns espaços não foram preenchidos pela formulação; por outro lado, observa-se ainda, após uma semana aproximadamente, que as embalagens começaram a apresentar infestações fúngicas no seu interior (Figura 2.4.4b), possivelmente devido ao excesso de umidade. Tais fatos decorrentes impossibilitaram a utilização dessas embalagens, para as quais foram confeccionadas. O processo utilizado na confecção das embalagens também pode ter influenciado, de forma negativa, na produção das embalagens. Segundo, HOFMANN et al. (1998) os métodos utilizados na produção das embalagens biodegradáveis são os seguintes: a

extrusão, a injeção e a termoprensagem. Nesse trabalho, diferentemente dos métodos comumente utilizados, as formulações foram depositadas em moldes e liofilizadas por um período determinado.



(a)



(b)

**Figura 2.4.4** - Embalagem biodegradável (a) e presença de infestação fúngica na embalagem (b)

## 5 - CONCLUSÕES

- A incorporação dos aditivos plastificante, glicerina e cera de carnaúba, sozinhos ou combinados, contribuiu para a melhoria das propriedades mecânicas das embalagens de fécula de inhame;
- A menor resistência à compressão correspondeu às embalagens de fécula de inhame nas concentrações de 14 e 18%, formuladas com a adição da glicerina, com variação percentual de 62,2 e 65,3%, respectivamente, em relação ao molde com maior resistência a compressão contendo, em sua composição, 16% de fécula de inhame com 3% de glicerina e 3% de cera de carnaúba;
- As embalagens contendo, em sua composição, concentrações de 14 e 16% de fécula de inhame com cera de carnaúba e 14% de fécula de inhame com 3% de cera de carnaúba e 3% de glicerina, tiveram maior resistência à tração do que as embalagens que tinham em sua composição fécula de inhame (16 e 18%) com 3% de glicerina e fécula de inhame (14, 16 e 18%) com 3% de glicerina e 3% de cera de carnaúba;
- A adição da cera de carnaúba no molde (corpo de prova) contendo 14, 16 e 18% de fécula de inhame, aumentou a rigidez desse molde para embalagens em 94,9; 94,7 e 90,7%, respectivamente;
- A adição de glicerina no molde (corpo de prova) contendo 14 16 e 18% de fécula de inhame aumentou a rigidez desse molde para embalagens em 92,3; 92,8 e 73,3% respectivamente;
- A adição da combinação de cera de carnaúba e glicerina no molde (corpo de prova) contendo 14, 16 e 18% de fécula de inhame aumentou a rigidez desse molde para embalagens em 94,8; 73,3 e 93,3%, respectivamente;

- A absorção de água nos moldes testados para produção de embalagens biodegradáveis é bem superior ao da embalagem de isopor, variando de um percentual de 91,4% para o molde confeccionado com 16% de fécula de inhame e 3% de cera de carnaúba a 98,4%, para o molde confeccionado com 14% de fécula de inhame e 3% de glicerina;
- O molde (corpo de prova) que obteve as melhores características mecânicas foi o composto com a concentração de 16% de fécula de inhame com 3% de cera de carnaúba.

**6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Determinação da capacidade de absorção de água**. Método de Cobb - NBR NM ISO 535 Papel e Cartão. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M.V.E.; SILVA, R.S.S.F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 67, n. 2, p. 123, 1999.

ALVES, R. M. L. **Caracterização de ingredientes obtidos de cará (*Dioscorea alata*) e potencial aplicação industrial**. 2000. 168 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

ANANI, N. G.; DUFOUR, D.; MESTRE, C.; KANENNAN, A. Native yam (*Dioscorea* sp.) starches as a functional ingredient in food products. **POTENTIAL OF ROOT CROPS FOR FOOD AND INDUSTRIAL RESOURCES**, Tsukuba, 2000. Tsukuba: **Proceeding....**, International Society of Tuber and Roots Crop, 2002. p.398-400.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Maryland: AOAC International, 1997. 1141 p.

ATWELL, W.A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Food World**, v.33, n.3, p. 306-311, 1998.

AVÉROUS, L. BOQUILLON, N.; Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 111-122, 2004.

BRASIL. Resolução nº12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA relativas a alimentos (e bebidas). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Julho de 1978. Seção 1, pt.1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.1017 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, p. 85-112, 1998.

- CARR, L. G. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável tipo espuma a partir de fécula de mandioca**. 2007. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CARVALHO JÚNIOR, F. M.; JACOB, M. T.; **Diagnóstico Arranjo Produtivo da Carnaúba**, FAPEPI/PVP Sociedade Anônima, 2002.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M; DUARTE, M.E.M. FIGUEIREDO, R.M.F. **Obtenção de frutos em pó**. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande, 2003. 15p. Projeto CNPq.
- CEREDA, M. P. Importância das tuberosas tropicais. **In: Agricultura: cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill. v. 2. 2002, p. 13-25. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas).
- CEREDA, M.P.; FRANCO, C.M. L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO L.J.C.B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 204 p. (Série Culturas de Tubérculos Amiláceas Latino Americanas, 1).
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2º. ed. rev. e ampl. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p.
- COELHO, N. **Apostila de aulas práticas de MAF 1280 Tecnologia de Alimentos**. Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <[www.ucg.br/ACAD.../Apostila %20de%20aulas%20práticas.doc](http://www.ucg.br/ACAD.../Apostila%20de%20aulas%20práticas.doc)> Acesso em: 10 fev. 2010.
- CORRADINI, E.; TEIXEIRA, E. DE M.; AGNELLI, J. A. M.; MATTOSO, L. H. C. **Amido Termoplástico** – São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007, 27 p.
- CRIVELARO, M. **Quem melhor combate a fome?**. AGROSOFT BRASIL, 2008. Disponível em: <[www.agrosoft.org.br/agropag/100080.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/100080.htm)>. Acesso em: 29 de fev. 2010.
- DA RÓZ, A. L. Prepared biodegradable plastics from starch. San Carlos: **Polymers**, v.13, p.4, 2003.
- DA ROZ, A. L.; CARVALHO, A. J. F.; GANDINI, A.; CURVELO, A. A. S. The effect of plasticizers on thermoplastic starch compositions obtained by melt processing. **Carbohydrate Polymers**, [Birmingham], v. 63, p.417-424, 2006
- DAIÚTO, E. R.; CEREDA, M. P. Extração de fécula de inhame (*Dioscorea* sp.). **In: Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, v.3 cap. 8, p. 176-190. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas).

FAO. FAOSTAT, DATABASE, CROP PRIMARY. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 2 Dezembro de 2009.

FREITAS T. S. de; LEONEL, M. Influência dos parâmetros operacionais na cor de féculas de mandioca pré-gelatinizadas por extrusão. **Revista Raízes e Amidos Tropicais, Botucatu**, v. 3, 2007.

GAUDIN, S.; LOURDIN, D.; FORSELL, P. M.; COLONNA, P. Antiplasticisation and oxygen permeability of starch-sorbitol films. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.43, p.33-37, 2000.

GUILBERT, S.; CUQ, B.; GONTARD, N. Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials. **Food Additives and Contaminants**, v. 14, p. 741-751, 1997.

HAGENMAIER, R. D.; BAKER, R.A. Wax microemulsions and emulsions as citrus coating. **Journal of Agriculture Food Chemistry, Washington**, v.42, p. 899-902, 1994.

HOFMANN, T.; LINKE, L.; TSIAPOURIS, A.; ZIEMS, A. Porous materials made from starch. **Chemical and Engineering Technology**, n.21, v. 27, p.580-584, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 15 de out. 2009.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n.1, p. 65-69, 2002.

LIMA, S. L. T. Reciclagem e biodegradação de plásticos. **Revista Científica do IMAPES**, Sorocaba, p.28-34, 2004.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Stärke**, v. 56, n. 3

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, p.7055-7011, 2003.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 129-135, 2004.

MALI, S.; SAKANAKA, F.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, p. 283-289, 2005.

MANZANO, G. P. P. **Aspectos sensoriais e físico-químicos de “iogurtes” de soja com espessantes/estabilizantes à base de fécula de inhame (*Dioscorea Alata*), amido modificado e gelatina.** 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Araraquara.

MASSAUX, C.; BODSON, B.; LENARTZ, J.; SINDIS, M.; SINNAEVE, G.; DARDENNE, P.; FALISSE, A.; DEROANNE, C. L'amidon natif du grain de blé: um composé naturel à valoriser par La connaissance de ses propriétés technofonctionnelles? **Livre Blanc «Céréales»** F. U. S. A. et CRA-W Gembloux, p. 1-7, février, 2006.

MATHEW, A. P.; DUFRESNE, A. Plasticized waxy maize starch: effect of polyols and relative humidity on material properties. **Biomacromolecules**, Washington, v. 3, p. 1101-1108, 2002.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, T. Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 10, p. 19-26, 2002.

NAIME, N.; PONCE, P.; LUGÃO, A. B. Embalagens biodegradáveis tipo espuma. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2009. Botucatu – SP. **Anais...** Botucatu – SP: Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 2009. p. 895-901.

OLIVEIRA, A. P. Nutrição e época de colheita do inhame (*Dioscorea* sp.) e seus reflexos na produção e qualidade de túberas. In: Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro, 2. 2002. João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: EMEPA-PB, v.1, 2002. p. 83-98.

OLIVEIRA, A. P. **Inhame: alimento indispensável à mesa nordestina.** Associação Brasileira de Horticultura, 2006. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/News/Default.asp?id=4966>>. Acesso em 06 set. 2009.

OLIVEIRA, A. P.; BARBOSA, L. J. N.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. E. L.; OLIVEIRA, A. N. P. Produção de túberas comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 2007, v. 25, p. 073-076.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1

PEDRALLI, G. Diocoreaceae e Araceae: Aspectos taxonômicos, etnobotânicos e espécies nativas com potencial para melhoramento genético. In: II SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO. 2002. João Pessoa – PB. **Anais...** João Pessoa -PB. v.2, p.37-53, 23-26 de setembro, 2002.

PERONI, F.H.G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas.** 2003.118 f.Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência

de alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.

POÇAS, M. de F. F.; FREITAS, A. C. **Embalagem & Ambiente**. Edição: ESB/UCP – Porto, 2003. Disponível em: < <http://www.esb.ucp.pt/twt/embalagem/MyFiles/biblioteca/publicacoes/Emb.ambiente.pdf> > Acesso em: 12 de setembro de 2009.

RODRIGUES, I. **Engenharia alimentar processamento geral de alimentos – Liofilização**. Disponível em: < [www.esac.pt/noronha/pga/0708/Aula%20Liofilizacao.pdf](http://www.esac.pt/noronha/pga/0708/Aula%20Liofilizacao.pdf) >. Acesso em 3 jun. 2009.

ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, p. 82-88, 2001.

SANTOS, E. S dos - **Inhame (*Dioscorea spp*): aspectos básicos da cultura** - EMEPA - PB, SEBRAE, João Pessoa - Pb, 1996, 158p.

SANTOS, E. S. dos. **Cultura do inhame (*Dioscorea sp.*)**. João Pessoa: EMEPA-PB, SEBRAE, 2002. 13 p.

SANTOS, E. S. dos; CAZÉ FILHO, J.; LACERDA, J. T.; CARVALHO, R. A. Inhame (*Dioscorea sp.*) tecnologias de produção e preservação ambiental. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.1, n.1, p.31-36, 2007.

SCHMIDT, V. C. R. **Deseuolvidamento de bandejas biodegradáveis a partir da fécula de mandioca, calcário e fibra de celulose**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SCOTT, G. Green Polymers. **Carbohydrate polymer**. 2001.

SHOGREN, R. L.; LAWTON, J. W.; DOANNE, W. M.; TIEFENBACHER, F. K. Structure and morphology of baked starch foams, **Polymer**, v. 39, n. 25, p. 6649-6655, 1998.

SHOGREN R. L., LAWTON J. W., TIEFENBACHER K. F. Baked starch foams: starch modifications and additives improve process parameters, structure and properties: **Industrial Crops and products**, v 16, p. 69-79, 2002.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assisat-Statistical Assistance Software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4, Orlando-FL-USA: Auais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, p.393-396, 2010.

SMITH, W.F. **Princípios básicos de Ciência e Engenharia de Materiais**. 3º ed. Portugal: McGraw Hill, 1998.

SOUZA, R.; ANDRADE, C. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v.10, n.1, p.24-30, 2000.

VAN DER BURGT, Y. E. M.; BERGSMA, J.; BLEEKER, I. P.; MIJLAND, P. J. H. C.; KAMERLING, J. P.; VLIEGENHART, J. F. G. Structural studies on methylated starch granules. **Starch**, v. 52, n. 2-3, p. 40-43, 2000.

WANASUNDERA, J. P. D.; RAVINDRAN, G. "Nutrition assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers". **Plant Foods for Human Nutrition**: v. 46, 1994. p. 33-39.

WURZBURG, O. B. **Modified starches: properties and uses**. Boca Raton: CRC Press, p. 41, 1986.

ZOBEL, H. F.; STEPHEN, A. M. Starch: Structure, Analysis, and Application. **In: Food Polysaccharides and their Applications**. (Ed.) STEPHEN, A. M. (Ed.) New York, p. 19-65, 1995.

ZOBEL, H. F. Molecules to granules: a comprehensive starch review. **Starch/Stärke**, v. 40, n. 2, p. 44-50, 1998.

## APÊNDICE

**Tabela 1 - Resumo da análise de variância para acidez (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT e pH dos frutos de mamão “Havai” armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C, durante 28 dias**

FV	GL	Quadrados Médios			
		Acidez	SS	SS/AT	pH
<b>Concentração (F1)</b>	3	303,59**	3847,32**	28,61**	364,79**
<b>Temperatura (F2)</b>	2	664,42**	2324,16**	12,06**	2896,17**
<b>Armazenamento (F3)</b>	7	657,96**	759,03**	611,23**	1094,50**
<b>F1xF2</b>	6	125,74**	1384,48**	66,35**	65,53**
<b>F1xF3</b>	21	81,47**	522,00**	50,81**	126,58**
<b>F2xF3</b>	14	62,27**	1843,53**	44,15**	116,02**
<b>F1xF2xF3</b>	42	104,26**	731,17**	43,51**	141,25**
<b>Tratamentos</b>	95	153,28**	1464,54**	87,36**	264,80**
<b>Resíduo</b>	192				
<b>Total</b>	287				
<b>CV (%)</b>		4,26	0,96	4,73	0,67
<b>Media Geral</b>		0,13	12,15	97,17	4,99

(ns) não significativo, (\*\*) significativo a nível de 1% de probabilidade e (\*) significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F

**Tabela 2** - Resumo da análise de variância da coloração da casca e polpa, parâmetros (L, a, b) dos frutos de mamão “Havaf” armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C, durante 28 dias

FV	GL	Quadrados médios					
		Cor casca			Cor polpa		
		(L)	(a)	(b)	(L)	(a)	(b)
<b>Coucentração (F1)</b>	3	987,47**	251,74**	85,34**	1420,87**	1037,70**	588,69**
<b>Temperatura (F2)</b>	2	5273,03**	1227,61**	7739,75**	8974,90**	8590,39**	4725,82**
<b>Armazenamento (F3)</b>	7	1152,05**	521,93**	904,33**	2365,41**	984,87**	460,81**
<b>F1xF2</b>	6	750,05**	600,75**	1051,21**	4181,99**	1053,99**	330,84**
<b>F1xF3</b>	21	263,29**	251,04**	391,50**	405,62**	230,31**	67,14**
<b>F2xF3</b>	14	176,00**	270,03**	108,71**	352,62**	342,46**	100,40**
<b>F1xF2xF3</b>	42	184,88**	251,71**	230,88**	322,34**	265,01**	80,57**
<b>Tratamentos</b>	95	440,33**	316,77**	503,31**	956,37**	238,19**	571,30**
<b>Residuo</b>	192						
<b>Total</b>	287						
<b>CV (%)</b>		1,44	-6,02	1,89	0,93	1,19	1,67
<b>Media Geral</b>		35,33	-4,99	27,81	46,32	37,33	31,61

(ns) não significativo, (\*\*) significativo a nível de 1% de probabilidade e (\*) significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F

**Tabela 3 - Resumo da análise de variância da perda de massa (PM) e textura (peduncular, mediana, estilar) dos frutos de mamão “Havai” armazenados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C, durante 28 dias**

FV	GL	Quadrados médios				
		PM	GL	Textura (P)	Textura (M)	Textura (E)
Concentração (F1)	3	230233,59**	3	428,01**	721,00**	411,27**
Temperatnra (F2)	2	618061,02**	2	3512,19**	3654,09**	2964,42**
Armazenamento (F3)	9	2274623,01**	7	1908,13**	1693,64**	1370,54**
F1xF2	6	757117,47**	6	1313,80**	854,68**	1240,13**
F1xF3	27	22195,60**	21	82,39**	102,38**	64,11**
F2xF3	18	63427,25**	14	227,65**	187,21**	150,27**
F1xF2xF3	54	73729,10**	32	174,34**	164,52**	181,22**
Tratamentos	119	274483,01**	95	439,87**	401,43**	371,14**
Resídno	119		95			
<b>Total</b>	<b>120</b>		<b>192</b>			
CV (%)		0,22		3,47	3,38	3,62
Media Geral		11,21		11,83	13,17	12,44

(ns) não significativo, (\*\*) significativo a nível de 1% de probabilidade e (\*) significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F

**Tabela 4** - Resumo da análise de variância para as propriedades mecânicas (resistência a compressão, flexibilidade e resistência a tração) e absorção de água para os moldes contendo diferentes concentrações de fécula de inhame e para o isopor

<b>Quadrados Médios</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Compressão</b>	<b>Flexibilidade</b>	<b>Tração</b>	<b>Absorção</b>
<b>Tratamentos</b>	9	6347,32 **	1148,84 **	75,84 **	14,19 **
<b>Resíduo</b>	10				
<b>Total</b>	19				
<b>CV (%)</b>		0,62	0,93	10,20	23,84
<b>Media Gerai</b>		180,33	3,38	65,32	39,27

(ns) não significativo, (\*\*) significativo a nível de 1% de probabilidade e (\*) significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F