



**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**

## **Tese de Doutorado**

**OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA POLPA  
DA MANGA CV. HADEN EM PÓ, PELO  
MÉTODO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA**

**EDMILSON DANTAS DA SILVA FILHO**

**Biblioteca UFCEG  
SMBC\_CDSA  
CAMPUS DE SUMÉ  
Reg.10548/12**

**Campina Grande  
Paraíba**



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



**TESE DE DOUTORADO**

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

**OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA POLPA DA MANGA CV.  
HADEN EM PÓ, PELO MÉTODO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA**

---

**EDMILSON DANTAS DA SILVA FILHO**

**Campina Grande - Paraíba**

**MARÇO - 2012**

---

**OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA POLPA DA MANGA CV.  
HADEN EM PÓ, PELO MÉTODO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA**

**EDMILSON DANTAS DA SILVA FILHO**

Tese 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 Doutor em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos  
Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo  
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

Campina Grande - Paraíba

MARÇO - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586o Silva Filho, Edmilson Dantas da.  
Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga CV. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma / Edmilson Dantas da Silva Filho. - Campina Grande, 2012.  
190f.: il. col.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz.

Referências.

1. *Mangifera indica* L. – Manga CV. Haden .
2. Polpa.
3. Isotermas de Adsorção.
4. Fruta em Pó. I. Título.

CDU 634.441 (043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

EDMILSON DANTAS DA SILVA FILHO

OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA POLPA DA MANGA HADEN  
EM PÓ PELO MÉTODO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

*Rossana M. F. de Figueirêdo*

**Dr.<sup>a</sup> Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Orientadora (UAEA/UFCEG)

Aprovado

*Alexandre J. M. Queiroz*

**Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

Orientador (UAEA/CTRN/UFCEG)

APROVADO

*Ánoar Abbas El-Aouar*

**Dr. Ánoar Abbas El-Aouar**

Examinador (CT/UFPB)

APROVADO

*Mabel de Barros Batista*

**Dr.<sup>a</sup> Mabel de Barros Batista**

Examinadora (CT/UFPB)

APROVADO

*Josivanda B. Gomes*

**Dr.<sup>a</sup> Josivanda Palmeira Gomes**

Examinadora (UAEA/UFCEG)

APROVADO

*Renato Fonseca Aragão*

**Dr. Renato Fonseca Aragão**

Examinador (UAEA/UFCEG)

APROVADO

MARÇO - 2012

UFCEG - PÓS-GRADUAÇÃO

*E ainda se vier noite traiçoeira  
Se a cruz pesada for,  
Cristo estará contigo  
O mundo pode até fazer você chorar  
Mas Deus te quer sorrindo...  
(Padre Marcelo Rossi)*

---

## **DEDICÁTORIA**

A meus pais, *Edmilson Dantas (in-memória)* e *Luzia*, por serem minha vida, meu alicerce, meu exemplo de vida e caráter.

Por serem os maiores guerreiros desta vitória!!

**AMO MUITO VOCÊS**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me acompanhar e me dar forças quando, muitas vezes quis fraquejar.

A meus pais, Edmilson Dantas (*in-memória*) e Luzia Lima, por me terem incentivado a participar do programa de pós-graduação, e me ouvido, ajudado, dando força e carinho, por me amarem.

A meus irmãos, Eduardo, Jussara, Vivian Marina, Maria Milena, Jose João e Janaina Lorena, por dividirem comigo os bons e maus momentos desta caminhada.

Aos meus sobrinhos, Maria Eduarda, Mauricio, Edmilson Neto, Maria Elisa, Luíza Eduarda, Pedro e Luis, que são meus pequenos amores.

A Rafaela Marques, pelo companheirismo, compreensão, carinho e dedicação, e pela felicidade de tê-la perto de mim neste momento.

A todos da minha família que sempre me acompanham e torcem por mim, em especial a meu avô Cazuzza e a minha avó Conceição, Tias e Tios, minhas primas Neta e Gilzete, por contribuírem diretamente para a realização deste trabalho.

A todos os meus professores com os quais tive a oportunidade de conviver e aprender, em especial a esses três grandes professores que me ensinaram muito e tiveram paciência de me encaminhar nesta profissão, que amo tanto: Prof<sup>ª</sup>. Rossana, Prof<sup>ª</sup>. Josivanda, Prof. Alexandre e Prof. Jackson.

A todos os amigos que se dispuseram a ensinar e, com sua presença, sempre me fortaleceram, sobretudo a Karla, Pablícia, Flávio, Gilmara, Denise, Elvira, Plúvia, Vanessa, Ana Paula, Luizinho, Marcondes, Lenildo, Silas, Juliana, Samuel, Iremar, Anderson e Gesivaldo, fundamentais nesta jornada.

À Universidade Federal de Campina Grande, por me permitir momentos tão importantes e de grande satisfação.

*A todos vocês, meu*

*Muito Obrigado!!!*



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xx</b>
<b>1- INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 - Objetivos .....	2
1.1.1 - Objetivo geral .....	2
1.1.2 - Objetivos específicos .....	2
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1 - Manga.....	4
2.1.1 - Histórico.....	4
2.1.2 - Botânica.....	5
2.1.3 - Produção e importância econômica.....	5
2.1.4 - Principais cultivares de manga.....	7
2.1.4.1 - Cultivar Haden.....	8
2.1.5 - Composição e qualidade.....	9
2.2 - Reologia.....	12
2.3 - Secagem.....	15
2.4 - Secagem em camada de espuma.....	20
2.5 - Estudo da arte.....	21
2.6 - Atividade de água.....	24
2.7 - Densidade de líquido.....	27
2.8 - Solubilidade.....	28
2.9 - Ângulo de repouso.....	28
2.10 - Microscopia eletrônica de varredura.....	29
2.11 - Análise instrumental de cor.....	30
2.12 - Granulometria.....	33
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1 -Local de execução dos ensaios experimental.....	34
3.2 - Matéria-prima.....	34
3.3 - Processamento de polpa de manga.....	34



3.3.1 - Recepção das matérias-primas.....	35
3.3.2 - Seleção, lavagem e descascamento.....	35
3.3.3 - Despolpamento.....	36
3.3.4 - Refinamento.....	36
3.3.5 - Embalagem, congelamento e armazenamento.....	36
3.4 - Caracterização química e físico-química da polpa.....	36
3.4.1 - Sólidos totais.....	36
3.4.2 - Acidez total titulável.....	36
3.4.3 - pH.....	37
3.4.4 - Açúcares totais, redutores e não redutores.....	37
3.4.5 - Ácido ascórbico.....	37
3.4.6 - Sólidos solúveis totais (°Brix).....	37
3.4.7 - Sólidos insolúveis.....	37
3.4.8 - Pectina.....	38
3.4.9 - Cinzas.....	38
3.4.10 - Fibra bruta.....	38
3.4.11 - Atividade de água.....	38
3.5 - Caracterização física .....	38
3.5.1 - Densidade.....	38
3.5.2 - Cor.....	39
3.6 - Reologia da polpa.....	39
3.6.1 - Modelos reológicos.....	39
3.7 - Processo para secagem em camada de espuma.....	41
3.7.1 - Elaboraões e seleções das formulações.....	41
3.7.2 - Tempo de batimento .....	43
3.7.3 - Densidades das espumas.....	43
3.7.4 - Over-run.....	43
3.7.5 - Estabilidades das espumas.....	43
3.8 - Caracterização físico-química da formulação selecionada.....	44
3.9 - Secagem em camada de espuma.....	44
3.9.1 - Cinética de secagem.....	45
3.10 - Caracterização das amostras em pó.....	46
3.10.1 - Solubilidade.....	47



3.10.2 - Ângulo de repouso.....	47
3.10.3 - Rendimento ( $\eta_{rend}$ ).....	48
3.10.4 - Densidade.....	48
3.10.5 - Distribuição granulométrica.....	48
3.11- Isotermas de adsorção de umidade.....	49
3.11.1 - Modelos matemáticos.....	49
3.12 - Morfologia do pó usando microscopia eletrônica de varredura.....	51
3.13 - Armazenamento do pó.....	51
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
4.1 - Caracterização físico-química e física da polpa da manga Haden.....	53
4.2 - Reologia da polpa.....	59
4.3 - Seleção para a secagem em camada de espuma.....	62
4.3.1 - Seleção da formulação.....	63
4.3.2 - Densidade da espuma.....	65
4.3.3 - Over-run .....	68
4.4 - Caracterização físico-química da espuma selecionada.....	69
4.5 - Secagem em camada de espuma.....	71
5.5.1 - Influência da espessura da camada .....	71
5.5.2 - Influência da temperatura .....	74
5.5.3 - Modelos matemáticos .....	76
4.6 - Caracterização físico-química e física da polpa de manga Haden em pó .	83
4.6.1 - Umidade.....	83
4.6.2 - pH .....	85
4.6.3 - Sólidos solúveis totais.....	86
4.6.4 - Ácido ascórbico.....	88
4.6.5 - Acidez total titulável.....	89
4.6.6 - Açúcares redutores.....	91
4.6.7 - Luminosidade .....	92
4.6.8 - Intensidade de vermelho .....	94
4.6.9 - Intensidade de amarelo .....	95
4.6.10 - Atividade de água.....	96
4.6.11 - Solubilidade.....	98
4.6.12 - Ângulo de repouso.....	99

4.6.13 - Rendimento.....	100
4.6.14 - Densidade.....	101
4.7 - Distribuição granulométrica.....	102
4.8 - Isotermas de adsorção de umidade .....	103
4.9 - Morfologia do pó usando microscopia eletrônica de varredura.....	109
4.10 - Armazenamento do pó.....	111
4.10.1 - Umidade.....	111
4.10.2 - Acidez total titulável.....	114
4.10.3 - Açúcares redutores.....	116
4.10.4 - Ácido ascórbico.....	119
4.10.5 - Atividade de água.....	121
4.10.6 - Luminosidade.....	123
4.10.7- Intensidade do vermelho.....	126
4.10.8 - Intensidade do amarelo.....	128
<b>5 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>131</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>134</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>166</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>168</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>170</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>175</b>
<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>178</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1 -</b>	Manga cv. Haden (Fonte: EMBRAPA, 2004).....	8
<b>Figura 3.1 -</b>	Fluxograma do processamento para obtenção da polpa da manga	35
<b>Figura 3.2 -</b>	Fluxograma do processo de secagem em camada de espuma.....	41
<b>Figura 3.3 -</b>	Sistema para a medição da estabilidade da espuma.....	44
<b>Figura 3.4 -</b>	Plataforma para medida de ângulo de repouso.....	47
<b>Figura 4.1 -</b>	Viscosidade aparente (mPa s) da polpa de manga Haden em função da velocidade de rotação (rpm) a 25 °C.....	60
<b>Figura 4.2 -</b>	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa da manga Haden, com ajuste pelo modelo Mizrahi- Berk.....	62
<b>Figura 4.3 -</b>	Valores médios do over-run (%) das diferentes formulações em função das concentrações dos estabilizantes e dos tempos de batimento.....	68
<b>Figura 4.4 -</b>	Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) a 50 °C, para as diferentes espessuras da camada de espuma.....	72
<b>Figura 4.5 -</b>	Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) a 60 °C, para as diferentes espessuras da camada de espuma.....	73
<b>Figura 4.6 -</b>	Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) a 70 °C, para as diferentes espessuras da camada de espuma.....	73
<b>Figura 4.7 -</b>	Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, para as diferentes temperaturas.....	74

<b>Figura 4.8 -</b>	Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) com espessura da camada de espuma de 1,0 cm, para as diferentes temperaturas.....	75
<b>Figura 4.9 -</b>	Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, para as diferentes temperaturas.....	76
<b>Figura 4.10 -</b>	Cinética de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5) com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, nas diferentes temperaturas, com ajuste pelo modelo de Logarítmico.....	78
<b>Figura 4.11 -</b>	Cinética de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5) com espessura da camada de espuma de 1,0 cm, nas diferentes temperaturas, com ajuste pelo modelo de Logarítmico.....	80
<b>Figura 4.12 -</b>	Cinética de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5) com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, nas diferentes temperaturas, com ajuste pelo modelo de Henderson.....	83
<b>Figura 4.13 -</b>	Isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Peleg.....	108
<b>Figura 4.14 -</b>	Fotomicrografia da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada na temperatura de 50 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500x.....	110
<b>Figura 4.15 -</b>	Fotomicrografia da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada na temperatura de 50 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 1000x.....	110



<b>Figura 4.16 -</b>	Fotomicrografia da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada na temperatura de 50 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 5000x.....	111
<b>Figura A.1 -</b>	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral do fruto do mandacaru com ajuste pelo modelo da Lei da Potência .....	167
<b>Figura A.2 -</b>	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral do fruto do mandacaru com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley.....	167
<b>Figura D.1 -</b>	Isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin.....	176
<b>Figura D.2 -</b>	Isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de GAB.....	176
<b>Figura D.3 -</b>	Isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Halsey.....	177



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1 -</b>	Valor nutritivo de 100g da manga Haden.....	10
<b>Tabela 2.2 -</b>	Valores mínimos de $a_w$ para o crescimento de microrganismos.....	26
<b>Tabela 3.1 -</b>	Concentração dos aditivos utilizados nas formulações testadas e elaboradas com polpa da manga Haden.....	42
<b>Tabela 4.1 -</b>	Valores médios e desvios padrão da caracterização química, físico-química e física da polpa de manga Haden integral .....	53
<b>Tabela 4.2 -</b>	Parâmetros dos modelos reológicos, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) da polpa da manga Haden.....	61
<b>Tabela 4.3 -</b>	Valores médios das densidades das espumas ( $g/cm^3$ ) das diferentes formulações em função das concentrações dos aditivos e dos tempos de batimento.....	63
<b>Tabela 4.4 -</b>	Valores médios do over-run (%) das diferentes formulações em função das concentrações dos aditivos e dos tempos de batimento	66
<b>Tabela 4.5 -</b>	Caracterização físico-química e física da formulação selecionada.	69
<b>Tabela 4.6 -</b>	Parâmetros, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5), com espessuras da camada de espuma de 0,5 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas.....	77
<b>Tabela 4.7 -</b>	Parâmetros, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5), com espessuras da camada de espuma de 1,0 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas.....	79

<b>Tabela 4.8 -</b>	Parâmetros, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5), com espessuras da camada de espuma de 1,5 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas.....	81
<b>Tabela 4.9 -</b>	Valores médios de umidade (%) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	84
<b>Tabela 4.10 -</b>	Valores médios do pH da polpa de manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	85
<b>Tabela 4.11 -</b>	Valores médios dos sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	87
<b>Tabela 4.12 -</b>	Valores médios do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	88
<b>Tabela 4.13 -</b>	Valores médios da acidez total (% ac. cítrico) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	90
<b>Tabela 4.14 -</b>	Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	91
<b>Tabela 4.15 -</b>	Valores médios de luminosidade ( $L^*$ ) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	93
<b>Tabela 4.16 -</b>	Valores médios da intensidade do vermelho ( $a^*$ ) da polpa de manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	94
<b>Tabela 4.17 -</b>	Valores médios da intensidade do amarelo ( $b^*$ ) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	96

<b>Tabela 4.18 -</b>	Valores médios de atividade de água da polpa d manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	97
<b>Tabela 4.19 -</b>	Valores médios da solubilidade da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	98
<b>Tabela 4.20 -</b>	Valores médios do ângulo de repouso (°) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	99
<b>Tabela 4.21 -</b>	Valores médios do rendimento (%) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	100
<b>Tabela 4.22 -</b>	Valores médios da densidade (g/cm <sup>3</sup> ) da polpa da manga Haden (Tratamento 5) em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.....	101
<b>Tabela 4.23 -</b>	Valores médios da análise granulométrica da polpa da manga Haden em pó, obtida na temperatura de 50 °C, com 1,5 cm de espessura.....	103
<b>Tabela 4.24 -</b>	Valores experimentais da umidade de equilíbrio (X <sub>eq</sub> ) da polpa da manga Haden em pó, obtida na temperatura de 50 °C com 1,5 cm de espessura em função da atividade de água (a <sub>w</sub> ), nas diferentes temperaturas.....	104
<b>Tabela 4.25 -</b>	Parâmetros, coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às isotermas de umidade da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5), com temperatura de secagem de 50 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm.....	105
<b>Tabela 4.26 -</b>	Valores médios da umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.....	112
<b>Tabela 4.27 -</b>	Equações de regressão propostas para a umidade (%) da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	114

<b>Tabela 4.28 -</b>	Valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%....	115
<b>Tabela 4.29 -</b>	Equações de regressão propostas para a acidez total titulável da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	116
<b>Tabela 4.30 -</b>	Valores médios dos açúcares redutores polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.....	117
<b>Tabela 4.31 -</b>	Equações de regressão propostas para os açúcares redutores de da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	118
<b>Tabela 4.32 -</b>	Valores médios do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.....	119
<b>Tabela 4.33 -</b>	Equações de regressão propostas para o ácido ascórbico da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	121
<b>Tabela 4.34 -</b>	Valores médios de atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.....	122
<b>Tabela 4.35 -</b>	Equações de regressão propostas para atividade de água da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	123
<b>Tabela 4.36 -</b>	Valores médios de luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.....	124
<b>Tabela 4.37 -</b>	Equações de regressão propostas para luminosidade da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento .....	126
<b>Tabela 4.38 -</b>	Valores médios de intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%....	127

<b>Tabela 4.39 -</b>	Equações de regressão propostas para intensidade de vermelho da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	128
<b>Tabela 4.40 -</b>	Valores médios de intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%....	129
<b>Tabela 4.41 -</b>	Equações de regressão propostas para a intensidade do amarelo da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento.....	130
<b>Tabela A.1 -</b>	Valores médios da viscosidade aparente, tensão de cisalhamento (mPa) e taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) para a polpa da manga Haden na temperatura de 25 °C, em diferentes velocidades de rotação (rpm).....	166
<b>Tabela B.1 -</b>	Análise de variância dos valores médios da densidade das espumas, das diferentes formulações, em função da concentração da Super Liga Neutra e Emustab e diferentes tempos de batimento.....	169
<b>Tabela B.2 -</b>	Análise de variância dos valores médios do over-run, das diferentes formulações, em função da concentração da Super Liga Neutra e Emustab e diferentes tempos de batimento.....	169
<b>Tabela C.1 -</b>	Análise de variância dos valores médios da umidade (% b.u.) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	171
<b>Tabela C.2 -</b>	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	171
<b>Tabela C.3 -</b>	Análise de variância dos valores médios da acidez total (% ac. cítrico) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma .....	171



<b>Tabela C.4 -</b>	Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores (%) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	172
<b>Tabela C.5 -</b>	Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L*) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	172
<b>Tabela C.6 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho (a*) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	173
<b>Tabela C.7 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo (b*) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	173
<b>Tabela C.8 -</b>	Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	173
<b>Tabela C.9 -</b>	Análise de variância dos valores médios da solubilidade da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	174
<b>Tabela C.10 -</b>	Análise de variância dos valores médios do rendimento da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	174

<b>Tabela C.11 -</b>	Análise de variância dos valores médios da densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) da polpa da manga Haden, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma.....	174
<b>Tabela E.1 -</b>	Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada (NaBr).....	179
<b>Tabela E.2 -</b>	Análise de variância dos valores médios de umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	179
<b>Tabela E.3 -</b>	Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	180
<b>Tabela E.4 -</b>	Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada (NaBr).....	180
<b>Tabela E.5 -</b>	Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	181
<b>Tabela E.6 -</b>	Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	181
<b>Tabela E.7 -</b>	Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	182
<b>Tabela E.8 -</b>	Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	182

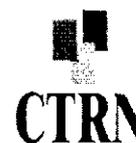
<b>Tabela E.9 -</b>	Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	183
<b>Tabela E.10 -</b>	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada (NaBr).....	183
<b>Tabela E.11 -</b>	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25°C.....	184
<b>Tabela E.12 -</b>	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	184
<b>Tabela E.13 -</b>	Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada (NaBr).....	185
<b>Tabela E.14 -</b>	Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	185
<b>Tabela E.15 -</b>	Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	186
<b>Tabela E.16 -</b>	Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada (NaBr).....	186
<b>Tabela E.17 -</b>	Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	187
<b>Tabela E.18 -</b>	Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	187



<b>Tabela E.19 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada (NaBr).....	188
<b>Tabela E.20 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	188
<b>Tabela E.21 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	189
<b>Tabela E.22 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e tempo de armazenamento, sob atmosfera controlada(NaBr).....	189
<b>Tabela E.23 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 25 °C.....	190
<b>Tabela E.24 -</b>	Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento a 40 °C.....	190



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



**Tese de Doutorado: Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**

**Autor: Edmilson Dantas da Silva Filho**

**Orientadores: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

## RESUMO

O presente trabalho propõe como objetivo, estudar a desidratação da polpa da manga cv. Haden pelo método de secagem em camada de espuma, avaliando-se a qualidade da polpa, da espuma e do pó produzido no final do processo de secagem. No início foram feitas seleções prévias das mangas Haden, dos aditivos Super Liga Neutra e Emustab e das formulações testadas para a produção da espuma estável, a partir da densidade, do over-run e da estabilidade da espuma. Com base nesses parâmetros foi selecionada a melhor formulação (Tratamento 5) composta de polpa da manga Haden, 1,5% de Super Liga Neutra e 1,5% de Emustab, com 30 minutos de batimento. Avaliou-se, ainda, o comportamento reológico da polpa na temperatura de 25 °C, utilizando-se um viscosímetro Brookfield, com ajuste dos dados experimentais pelos modelos de Lei da Potência, Mizrahi-Berk e Herschel-Bulkley. Definida a melhor formulação a mesma foi caracterizada quanto à composição química, física e físico-química. A melhor formulação (Tratamento 5) foi desidratada em estufa com circulação de ar forçada, na temperatura de 50, 60 e 70 °C e, com três espessuras da camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm), avaliou-se o comportamento das curvas de secagem as quais foram ajustadas aos modelos de Henderson & Pabis, Henderson e Logarítmico; realizaram-se nas amostras em pó, análises físicas, químicas e físico-químicas. Para o pó da manga Haden (Tratamento 5 – 50 °C/1,5 cm) foram determinadas as isotermas de adsorção de umidade, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e ajustados os ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg aos dados experimentais. A morfologia do pó (Tratamento 5 – 50 °C/1,5 cm) foi determinada em microscópio eletrônico de varredura (MEV) e seu armazenamento foi feito em câmara do tipo BOD, nas temperaturas de 25 e 40 °C, com umidade relativa de 55%. Conforme os resultados, a polpa integral apresentou-se dentro dos padrões da Legislação Brasileira, sendo classificada como um fluido não-newtoniano de caráter pseudoplástico, com melhor ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk. A formulação selecionada apresentou densidade de 0,5412 g/cm<sup>3</sup> e over-run de 93,22%. A polpa formulada indicou maiores valores de sólidos totais, sólidos solúveis totais e vitamina C. O menor tempo de secagem foi observado na temperatura de 70 °C com 0,5 cm de espessura da camada de espuma. O modelo de Henderson & Pabis, Henderson e Logarítmico, podem ser utilizados para representar o processo de secagem em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação ( $R^2 \geq 0,9804$ ) e desvios quadráticos médios inferiores a 0,0021. A polpa da manga Haden em pó, apresentou pH ácido, baixa atividade de água, alto teor de sólidos solúveis totais, ângulo de repouso e rendimento. Os modelos de Oswin, GAB e Peleg, podem ser utilizados para estimar as isotermas de adsorção de umidade. Na morfologia, as partículas apresentaram tamanhos variados e com muitas imperfeições, em toda a extensão da superfície. Durante o armazenamento do pó, ocorreu redução da umidade, acidez, ácido ascórbico, luminosidade e intensidade do amarelo, verificando-se acréscimos nos demais casos.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L., polpa, isotermas de adsorção, fruta em pó



Doctoral thesis: **Obtaining and assessing the quality of mango cv. Haden pulp, using the foam mat drying method**

Author: **Edmilson Dantas da Silva Filho**

Advisors: **Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

### ABSTRACT

The aim of the present study was to study mango cv. Haden pulp dehydration by foam mat drying, assessing the quality of the pulp, foam and powder produced at the end of the drying process. Mangos, *Super Liga Neutra* and *Emustab* additives and formulations tested for stable foam production, based on density, over-run and foam stability, were previously selected. Based on these parameters, was used the best formulation (Treatment 5), composed of Haden mango pulp, 1.5% *Super Liga Neutra* and 1.5% *Emustab*, with 30 minutes of beating. Rheological behavior of the pulp at 25 °C was also evaluated using a Brookfield viscometer, with experimental data fitting by Power Law, Mizrahi-Berk and Herschel-Bulkley models. Once the best formulation was defined, it was characterized with respect to chemical, physical and physicochemical composition. The best formulation (Treatment 5) was dehydrated in a forced air circulation oven at 50, 60 and 70 °C, with three foam layer thicknesses (0.5; 1.0 and 1.5 cm); drying curve behavior was assessed and fit to Henderson & Pabis, Henderson and Logarithmic models; and physical, chemical and physicochemical analyses of powder samples were carried out. For Haden mango powder (Treatment 5 – 50 °C/1.5 cm) we determined moisture adsorption isotherms, at 20, 30 and 40 °C and fit GAB, Oswin and Peleg models to experimental data. Powder morphology (Treatment 5 – 50 °C/1.5 cm) was determined under scanning electron microscope (SEM) and powders were stored in a BOD chamber, at 25 and 40 °C, with relative humidity of 55%. Results show that whole pulp was within Brazilian legal standards, and classified as a pseudoplastic non-Newtonian fluid, with best fit provided by the Mizrahi-Berk model. The formulation selected showed density of 0.5412 g/cm<sup>3</sup> and over-run of 93.22%. The pulp formulated contained higher total solids, total soluble solids and vitamin C levels. The shortest drying time was observed in the temperature of 70 °C, with foam layer thickness of 0.5cm. The Henderson & Pabis, Henderson and Logarithmic models can be used to represent the drying process, given that they exhibit high coefficients of determination ( $R^2 \geq 0.9804$ ) and mean square deviations less than 0.0021. Haden mango powder showed acid pH, low water activity, high total soluble content, angle of repose and yield. Oswin, GAB and Peleg models can be used to estimate moisture adsorption isotherms. Morphology demonstrated that particles varying size and with many imperfections over the entire surface. During powder storage, moisture, ascorbic acid, luminosity and yellowness decreased, while increases were observed in the other cases.

**Keywords:** *Mangifera indica L.*, pulp, adsorption isotherms, powdered fruit



---

## 1 - INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado por sua variedade de clima e solo, garantindo uma produção de frutas bastante diversificada, sendo um dos principais produtores e exportadores de várias espécies frutíferas nativas e exóticas ainda não aproveitadas em todo o seu potencial (CÁCERES, 2003).

Dentre as principais frutas produzidas no Brasil tem-se a manga, com uma produção é de 1.188.911 toneladas em uma área plantada de 76.568 ha, conforme dados do IBGE (2010).

A mangueira (*Mangifera indica L.*) é uma espécie frutífera, dicotiledônea, família *Anacardiaceae* e originária da Índia. A partir deste local a espécie se difundiu para muitas regiões tropicais. No Brasil se encontram excelentes condições para seu desenvolvimento e produção, em que é cultivada em quase todos os estados.

Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação) a manga se tem destacado entre as frutas mais exportadas no mundo, situando-se o Brasil entre os maiores exportadores, juntamente com o México, China, Paquistão, Tailândia, Indonésia e Índia.

Os principais produtores de manga no País são os estados do Nordeste, com cerca de 55,3% da área plantada e o Sudeste, com cerca de 21,9% da área plantada; juntos as duas regiões produzem em 77,2% do total produzido (IBGE, 2010).

A região Nordeste se destaca no cenário nacional como grande produtora de manga do tipo exportação, principalmente às condições climáticas altamente benéficas, em termos fitossanitários, alta luminosidade, precipitações reduzidas e baixa umidade relativa (SOUZA et al., 2002).

Os frutos tropicais, como tamarindo, abacaxi, maracujá, manga, cajá, goiaba e graviola, têm uma especial preferência na dieta dos consumidores brasileiros (CÁCERES, 2003), em virtudes dos seus constituintes nutricionais e variedade de aromas e sabores. Atualmente, os produtos em pó, obtidos a partir de polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, uma vez que seu processamento desses frutos reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação (COSTA et al., 2003).

Dentre as técnicas empregadas com vista à para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*), se destaca por se

---

tratar de um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados (SILVA et al., 2008).

Este tipo de processo consiste, basicamente, de três etapas: da modificação na consistência líquida do suco ou polpa, em uma espuma estável pela adição de agentes espumantes na secagem do material em camada fina e na pulverização do material desidratado (TRAVAGLINI et al., 2001).

O trabalho foi conduzido para se estudar a obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma, avaliar modificações químicas e físico-químicas impostas pelo método, além do armazenamento do produto seco.

## 1.1 - Objetivos

### 1.1.1 - Objetivo geral

- Estudar a desidratação da polpa da manga cv. Haden pelo método de secagem, em camada de espuma e avaliar a estabilidade do produto seco.

### 1.1.2 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa da manga integral e a polpa formulada (espuma) quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;

- Selecionar as melhores formulações produzidas com polpa da manga combinada com os aditivos Super Liga Neutra e Emustab, nas concentrações de 0,5; 1,0 e 1,5% e tempos de batimento 5; 10; 15; 20; 25 e 30 minutos, a partir das características das espumas produzidas;

- Desidratar a polpa da manga avaliando as cinéticas de secagem da formulação selecionada usando-se o método de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de secagem 50; 60 e 70 °C e espessuras da camada de espuma de 0,5; 1,0 e 1,5 cm;



- Ajustar os modelos de Henderson & Pabis, Henderson e Logarítmico, aos dados experimentais da cinética de secagem;
  
- Caracterizar as amostras em pó produzidas quanto aos parâmetros umidade, pH, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, cinzas, cor (luminosidade, intensidade do vermelho e intensidade do amarelo), atividade de água, solubilidade, ângulo de repouso, rendimento e densidade;
  
- Determinar as isotermas de adsorção de umidade da melhor amostra da polpa da manga em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, e ajustar os modelos de GAB, Oswin, Peleg e Halsey aos dados experimentais das isotermas;
  
- Avaliar a distribuição granulométrica e a morfologia da melhor amostra da polpa da manga em pó;
  
- Avaliar a estabilidade da melhor amostra em pó, durante o armazenamento, acondicionada em embalagens laminadas por 60 dias, sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (55%).

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Manga

#### 2.1.1 - Histórico

A manga (*Mangifera indica* L.) pertence à família Anacardiaceae; é uma fruta originária da Ásia, mais especificamente da Índia; foi distribuída para muitas outras regiões tropicais; no Brasil, chegou através dos portugueses, os quais a levaram também para a África (DONADIO et al., 1996).

A disseminação da manga pelo mundo iniciou-se apenas com a descoberta das rotas comerciais marítimas entre a Europa e a Ásia, no início do século XVI. Foram os portugueses que tiveram o mérito de executar este deslocamento, levando a manga primeiro para as costas leste e oeste da África e trazendo-a depois para a América (SOUSA et al., 2000).

A entrada da manga no Brasil se deu por volta de 1700, na Bahia, sendo as mudas procedentes da Índia. Do Brasil, a manga foi para o México no século XIX, de onde seguiu para os Estados Unidos, na região da Flórida. Atualmente, a manga é cultivada em todos os países da faixa tropical e equatorial do mundo (SOUZA et al., 2002).

Historicamente, a produção de manga no Brasil foi feita de forma extensiva, ou seja, era explorada principalmente em áreas esparsas e quintais de pequenas propriedades com a utilização de variedades locais. Somente a partir de meados dos anos 80 se estendendo por toda a década de 90, pelo fato de que a exploração da cultura tomou grandes dimensões, sobretudo pela utilização de modernas técnicas, como irrigação e indução floral, associadas a variedades americanas de alta produção, como a Tommy Atkins, Haden, Keitt, Kent, Palmer e Van Dike (SILVA & CORREIA, 2004).

A expansão da mangicultura no Brasil ocorreu, sobremaneira, no Estado de São Paulo, de onde foram difundidas as novas variedades de manga para o restante do País e nos polos de agricultura irrigada do Nordeste. Nesta região há incorporação de plantios tecnificados, principalmente no Vale do São Francisco, que abrange os Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, e em outras áreas irrigadas, como as dos Vales do Jaguaribe, Açu-Mossoró e Parnaíba, situados nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, respectivamente (SILVA & CORREIA, 2004).



### **2.1.2 - Botânica**

O fruto da mangueira é uma drupa bastante variável, em termos de tamanho, peso (poucos gramas a aproximadamente dois quilos), forma (reniforme, ovada, ablonga, arredondada, cordiforme) e cor (diversas tonalidades de verde, amarelo e vermelho). A casca é coriácea e macia; envolve a polpa, de cor amarela (várias tonalidades), mais ou menos fibrosa (de acordo com a variedade) e de sabor variado. No interior da polpa se encontra o caroço ou semente, que é fibroso e apresenta diferentes formas e tamanhos, conforme a variedade (CASTRO NETO et al., 2002).

### **2.1.3 - Produção e importância econômica**

Nos últimos anos tem-se observado, no mercado mundial, uma expansão na produção de manga. Como consequência houve necessidade de se investir em tecnologia para que a qualidade dos frutos seja assegurada, ampliando perspectivas de comercialização, inclusive para exportação (LUNDBLAD, 2006).

Dentre as frutas atualmente comercializadas a manga é a oitava colocada em volume de comercialização no mundo, em função do seu amplo consumo nos países asiáticos e na América Latina (AGRIANUAL, 2007). A produção mundial de manga é de 30,5 milhões de toneladas e o México é o maior exportador da fruta (FAO, 2008).

A manga brasileira tem a vantagem da oferta na entressafra dos principais países produtores e exportadores, podendo melhorar seu desempenho. Ainda hoje a oferta de manga é concentrada no período de outubro a março, com escassez no período de abril a setembro (SOUZA et al., 2002).

A mangueira é uma das mais importantes frutíferas do Brasil, no aspecto socioeconômico, contribuindo significativamente para a pauta de exportações brasileiras de frutas frescas, fortalecendo a balança comercial.

O Brasil, em função das condições edafoclimáticas, é o maior produtor de manga da América do Sul, com 74.416 mil ha plantados e uma produção de 41.041.384 mil toneladas de frutos. O volume da exportação interna foi de 780 mil toneladas de frutos em 2010, o que correspondeu a US\$ 609.612 milhões de dólares (IBRAF, 2010).

A manga do Brasil tem o mercado interno como a principal fonte de escoamento da produção. Mesmo com o grande incremento observado, nossas exportações de manga

ainda estão em torno de 13% do volume total produzido no País (CORREIA & ARAÚJO, 2010).

O comércio externo da manga brasileira é pouco significativo quando comparado ao volume da produção, uma vez que aproximadamente apenas 13,4% do que é produzido são exportado (FAO, 2006). Isto demonstra que grande parte da produção de manga é destinada ao mercado interno. Entretanto, apesar do Brasil exportar pouco em relação ao que produz, ele está entre os maiores exportadores de manga. A produção de manga brasileira é de setembro a dezembro, época da entressafra dos principais produtores e exportadores, conferindo-lhes vantagens comerciais, visto que nesses meses do ano poucos países conseguem exportar o fruto (ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO, 2004). No mercado nacional a manga é comercializada quase exclusivamente na forma *in natura*, sendo a cultivar Haden a segunda mais consumida, ou na forma industrializada, como sucos integrais e polpas congeladas. A polpa pode ser usada na elaboração de doces, geleias, néctares, sorvetes, sucos puros ou misturas, licores e outros produtos (ARAÚJO, 2004). A importância de frutas processadas vem crescendo em virtude das facilidades proporcionadas pelos produtos, já prontos para o consumo, do maior número de pessoas morando sozinhas e da melhoria da qualidade dos produtos ofertados (FERRAZ et al., 2002). É importante destacar que no mercado brasileiro de frutas *in natura*, é elevado o percentual de perdas. Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), as perdas com manga chegam a 27,43%, decorrentes de falhas na fase de produção, colheita fora de época, tempo de exposição prolongado no varejo, preços desfavoráveis ao produtor e falta de orientação de mercado.

A favor da mangicultura nacional ainda resta o grande potencial de crescimento dos mercados doméstico e externo de manga. No mercado doméstico a demanda de manga é reprimida pelo baixo nível de renda da maioria da população. Uma política de divisão mais equitativa da renda pode trazer à tona uma demanda ainda excluída, portanto desconhecida, do mercado de manga. No âmbito externo a manga ainda é considerada fruta exótica nos principais países importadores. Estima-se que apenas 5% dos europeus conhecem a manga. Nos Estados Unidos, maior mercado mundial da fruta, e no Japão, a situação não é diferente (EMBRAPA, 2011). A industrialização da manga, inclusive da casca, pode ser uma alternativa para atenuar as perdas pelo aproveitamento das frutas fora do padrão de comercialização *in natura*, para abrandar a geração de resíduos orgânicos sólidos e

produzir alimentos saudáveis pela incorporação de fibras e compostos com atividade antioxidante, oriundos das cascas (DAMIANI et al., 2009).

A manga está presente em todo o Brasil mas, como cultivo econômico se concentra nas regiões Nordeste e Sudeste. De acordo com o IBRAF (2007), no Brasil existem 79.246 hectares cultivados com mangas predominantemente nos estados da Bahia (38,38%), São Paulo (17,46%), Pernambuco (12,57%), Minas Gerais (9,27%) Ceará (6,20%) e Rio Grande do Norte (3,76%).

A região Nordeste se destaca no mercado nacional como grande produtora de manga tipo exportação sendo que, nesta região, é possível produzir manga em qualquer época do ano (SOUZA et al., 2002). Ela é a maior exportadora de manga do País, em decorrência das condições favoráveis de clima, solo, disponibilidade de irrigação, preço da terra e custo de mão-de-obra, o que lhe confere vantagens e explica a liderança na produção e exportação desta fruta no Brasil (ANDRADE, 2001). Nesta região a área cultivada se concentra sobretudo no Vale do São Francisco, onde a fruticultura é grande geradora de empregos. Estima-se que são 240 mil empregos diretos e 960 mil empregos indiretos (VALEXPORT, 2011), demonstrando o potencial do Vale do São Francisco e sua contribuição para o desenvolvimento do País.

De acordo com os dados do Anuário Brasileiro da Fruticultura (2007), a região Nordeste, precisamente o Vale do São Francisco, é a maior produtora de manga, cuja produção anual chega a 320 mil toneladas. As melhores safras ocorrem no período de janeiro a março, sendo que sua produção também pode ocorrer o ano inteiro.

#### **2.1.4 - Principais cultivares de manga**

As variedades da mangueira se dividem em dois grupos distintos relacionados à sua origem: grupo indiano (frutos monoembrionicos, fortemente aromáticos, de coloração atraente e susceptível a antracnose) e o grupo indochinês (frutos poliembriônicos, com sementes longas e achatadas, pouco aromáticos, geralmente amarelados e medianamente resistentes à antracnose). As sementes também variam em forma e tamanho, podendo ser monoembriônicas e poliembriônicas (SILVA et al., 2009).

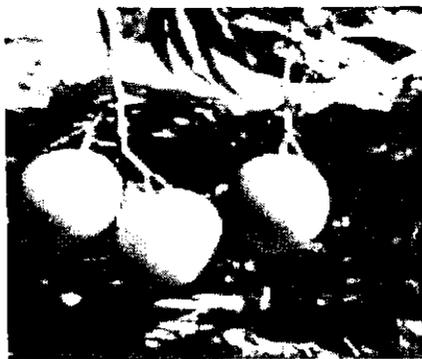
Até o início da década de 70 o cultivo das diferentes variedades de manga era realizado em pomares de fundo de quintal, destinado a atender ao consumo doméstico (DONADIO, 1996). Na década de 70 ocorre a introdução, no Brasil, de variedades

americanas as quais ganharam boa aceitação pelos fruticultores e consumidores e ainda predominam nos dias atuais, no mercado nacional (CARVALHO et al., 2004).

A manga teve expressivo peso em termos de área cultivada na (3ª Superintendência Regional de Petrolina em 2008), ocupando 39% da mesma, muito embora o valor bruto de produção não tenha sido muito relevante - apenas 12%. Todavia, quando se trata do somatório da área cultivada de todos os perímetros irrigados da Codevasf no período, nota-se sua importância, já que 17% desta área foram cultivadas com manga, percentual bastante elevado, dado à quantidade de culturas produzidas nos perímetros. Em termos de valor bruto de produção total (considerando-se todos os perímetros), a cultura também foi expressiva visto que 13% deste valor foram oriundos da produção de manga. Muitas são as variedades da cultura exploradas na região (Haden, Palmer, Tommy Atkins, Rosa, Espada, Keitt, Kent, Van Dike). Dos 24 perímetros públicos apenas quatro não cultivam manga número que reforça a importância desta cultura para a geração de riqueza da região de atuação da Codevasf. Apesar do valor bruto de produção dos lotes empresariais ser maior que o dos lotes familiares, a maioria da produção de manga se dá em lotes familiares. Os perímetros de Petrolina e Juazeiro são os maiores produtores de manga. Há uma peculiaridade na região que permite, aos produtores, cultivar fora de épocas habituais, o que lhes garante uma produção mais rentável (CODEVASF, 2009).

#### **2.1.4.1 - Cultivar Haden**

A cultivar Haden (Fig. 2.1) é originária da Flórida (EUA); é uma árvore grande, com copa densa; seu fruto varia de 350 a 680 g, ovalado, amarelo quase coberto com vermelho, sabor suave, com pouca terebintina e pouca fibra; semente monoembriônica; relação polpa/fruto em torno de 66%; precoce (EMBRAPA, 2011).



**Figura 2.1 - Manga cv. Haden, EMBRAPA (2011)**

A manga da variedade Haden é originária da variedade indiana Mulgoba, por cruzamento natural na Flórida, e fixada no Brasil por enxertia em 1910. O valor vitamínico das mangas fica circunscrito principalmente em torno de seu conteúdo de vitamina A (carotenoides), vitamina C (ácido ascórbico) e pequenas quantidades de vitaminas do complexo B (BLEINROTH, 1976). A manga madura possui quantidade apreciável de vitamina C, chegando a conter 110 mg/100 g de material, conforme a variedade.

Os frutos da manga Haden possuem lenticelas grandes, polpa muito suave e consistente, uma moderada quantidade de fibras e 21 °Brix (DONADIO et al., 1996; ALBUQUERQUE et al., 1999; MANICA, 2001; ALBUQUERQUE et al., 2002; PINTO et al., 2002; PINTO, 2004; PINTO et al., 2005).

### **2.1.5 - Composição e qualidade**

A composição química da manga varia com as condições da cultura, variedade, estágio de maturação e de outros fatores, sendo constituída principalmente de água, carboidratos, ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas, vitaminas e pigmentos. Vários autores encontraram diminuição do ácido ascórbico durante o amadurecimento de mangas de diferentes variedades (GOFUR et al., 1994).

Com relação à composição centesimal, a maioria dos frutos apresenta baixo percentual de proteínas e lipídios, considerável teor de açúcares e alto conteúdo de umidade (PADILHA, 2005).

Na Tabela 2.1 tem-se a composição química da manga Haden.



**Tabela 2.1** - Valor nutritivo de 100 g de manga Haden

Nutrientes	Unidade	Valor por 100 g de valor nutritivo
Água	g	82,3
Energia	Kcal	64
Proteínas	g	0,4
Lipídios	g	0,2
Carboidratos por diferença	g	16,4
Fibra alimentar	g	1,6
Cinzas	g	0,5
Cálcio, Ca	mg	12
Potássio, K	mg	148
Vitamina C	mg	17,4

Fonte: Informação nutricional (2009)

Em razão de a manga ser uma fruta sazonal e muito abundante diversos países, seria valioso, tanto em termos econômicos como nutricionais, tornar viável seu melhor aproveitamento (CARDELLO & CARDELLO, 1998).

A manga é uma fruta rica em vitamina C apresenta valores que variam de 66,5 mg/100 g, na fruta “verde”, a 43,0 mg/100 g na fruta madura, dependendo da variedade (BRUNINI, 2002). Por este motivo, CARDELLO & CARDELLO (1998) mencionaram que a determinação do conteúdo de ácido ascórbico em frutas é muito significativo, pois, além de seu papel fundamental na nutrição humana sua degradação pode favorecer o escurecimento não enzimático e causar aparecimento de sabor estranho. Além disto, o ácido ascórbico é um indicador relevante, sendo a vitamina mais termolábil, em razão de que sua presença no alimento indica que, provavelmente, os demais nutrientes também estão sendo preservados.

Segundo BERNADES SILVA (2003) dentro dos fatores de qualidade das frutas um dos mais importantes é o sabor, dado pelo balanço entre os açúcares solúveis e ácidos orgânicos. Durante o amadurecimento da manga o conteúdo de ácidos orgânicos diminui e o de açúcares solúveis aumenta, resultando num predomínio do sabor doce na fruta madura. O consumo desses ácidos orgânicos no processo respiratório é o principal responsável pela diminuição da acidez e do aumento do pH da fruta (ROCHA, et al. 2001);

daí a importância em se determinar o conteúdo de açúcares presentes, tal como o índice de pH.

A escolha da matéria-prima para obtenção de polpa de frutas baseia-se em certos parâmetros imprescindíveis para um processamento adequado, tais como ponto de maturação (fisiológico – desenvolvimento de características próprias desejáveis para atender ao processamento); teor de sólidos solúveis e de acidez; condições sanitárias no momento da colheita e do transporte e uniformidade (aparência, cor, sabor) (FELLOWS, 2006).

A cor é um dos atributos sensoriais que mais influenciam na qualidade dos produtos elaborados com a polpa de frutas. Além de ser um dos primeiros aspectos qualitativos observados pelo consumidor, a coloração é uma característica utilizada no controle do processamento de polpa de frutas (REMACHA et al., 1992). Muitos pigmentos naturais são destruídos pelo aquecimento durante o processamento e armazenamento, pela alteração de pH ou oxidação de compostos. Como resultados, os alimentos processados podem perder a cor característica e, em contrapartida, seu valor comercial. O escurecimento não enzimático (reação de Maillard e a oxidação do ácido ascórbico, por exemplo) é uma causa importante na alteração de cor dos alimentos (FELLOWS, 2006).

A conservação de frutas na forma de sucos, polpa e outros produtos, foi desenvolvida para aumentar o oferecimento e para que fossem utilizados os excedentes de produção (BRUNINI, 2002).

A conservação dos alimentos se impõe em todas as fases que precedem o seu consumo, a partir de vários processos baseados no extermínio parcial ou total dos micro-organismos e enzimas deteriorantes e da anulação dos fatores predisponentes da alteração (EVANGELISTA, 2001).

Um dos parâmetros de qualidade é o teor de sólidos solúveis totais (SST), que é influenciado pelo estágio de maturação e, normalmente, aumenta com o amadurecimento do fruto devido à degradação de polissacarídeos, até a fase em que o fruto passa a utilizar esta reserva de açúcares para manter sua atividade metabólica (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A concentração de íons hidrogênio (pH), também é outro parâmetro relevante de qualidade, de um alimento é importante pela influência que exerce sobre tipos de micro-organismos aptos à sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente, poderiam produzir (GAVA, 1998). Para a industrialização de frutas é interessante que o pH

seja inferior a 4,3, pois confere, aos produtos industrializados, maior resistência aos micro-organismos patogênicos. Durante a maturação dos frutos de manga há um crescimento do seu pH (GAVA, 1998).

A determinação da acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a conservação dos íons hidrogênio (BRASIL, 2005). O conteúdo de vitamina C das frutas varia de acordo com as condições nas quais foram cultivadas e com as condições sob as quais foram armazenados (KRAUSE & MAHAN, 1991). Segundo BRASIL & GUIMARÃES (1998), a maior perda de vitamina C se dá com o aquecimento dos alimentos; de modo geral, sua estabilidade é aumentada com o abaixamento da temperatura, procedimento que não evita as possíveis perdas no congelamento ou armazenamento, a baixas temperaturas.

## **2.2 - Reologia**

Reologia é a ciência que estuda as propriedades mecânicas dos materiais, os quais determinam seu escoamento quando solicitados por forças externas (BIRD et al., 2002). Por definição, a reologia estuda a deformação em materiais fluidos, a relação entre força-tensão em materiais que têm comportamento intermediário entre sólido e líquido (STEFFE, 1996; RAO, 1999; MUNIZAGA & CANOVAS, 2005).

Os estudos reológicos podem ser realizados de duas maneiras, através do teste rotacional, onde uma força ou tensão de cisalhamento é aplicada sobre a amostra, caracterizando-a quanto à sua viscosidade e comportamento em fluxo. Testes oscilatórios têm uma vantagem sobre os rotacionais, pois não ocorre destruição da amostra, simulando o estado estacionário; com isto, além de caracterizar o comportamento é possível ainda avaliar, a estabilidade do produto em relação aos seus ingredientes e fazer o estudo da vida de prateleira (STEFFE, 1996; RAO, 1999; CHAVEZ-MONTES et al., 2007; LIZARRAGA et al., 2006).

O teste rotacional permite a caracterização do fluido através da curva de fluxo, demonstrando as características do seu comportamento, quando submetido a determinada taxa de cisalhamento. Neste caso, é possível determinar como varia a viscosidade do fluido quando submetido a esta tensão (ADAMS et al., 2004). O teste rotacional através da curva

de fluxo, prevê o comportamento do fluido quando em sistemas complexos como extrusoras, misturadores e dosadores (ROBERTS et al., 2001).

A viscosidade é a resistência interna do líquido ao escoamento; depende da temperatura e da composição do produto, bem como da taxa e do tempo de cisalhamento, impostas ao material. A viscosidade normalmente, se refere ao fluido newtoniano, aquele que apresenta uma relação linear entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento, para fluidos não newtonianos a viscosidade para determinada taxa de cisalhamento é chamada viscosidade aparente. Todos os fluidos que exibem comportamento não newtoniano sob condições normais, são coloidais ou macromoleculares (STEFFE, 1996). A viscosidade é uma das características que afetam de maneira significativa, o produto (NEBESNY et al., 2005), sendo um importante parâmetro em processos contínuos e uma maneira de se determinar a qualidade do mesmo (GOET et al., 2005).

O comportamento reológico dos fluidos alimentícios, como polpas e sucos de frutas, é fator da maior importância no dimensionamento dos equipamentos da indústria processadora, além de se constituir em um dos fatores de avaliação da qualidade do produto. O comportamento reológico desses materiais, cuja composição é constituída basicamente de água, além da presença de variados sólidos, solúveis e insolúveis, resulta da interação entre esses elementos que contribuem, de forma isolada ou potencializada, quando combinados (QUEIROZ, 1998). Os sólidos insolúveis, por sua vez, têm influência importante sobre as propriedades reológicas de sucos e polpas (AMSTALDEN, 1996; BEZERRA, 1997; QUEIROZ, 1998) e sua eliminação, total ou parcial, tem lugar na elaboração de processados com diferentes graus de turbidez.

O conhecimento do comportamento reológico de produtos alimentícios é essencial para várias aplicações, entre as quais projetos e avaliação de processos, controle de qualidade, correlação com a avaliação sensorial e compreensão da estrutura (VIEIRA, 1996).

Consumidores mais exigentes e com maior poder de compra, têm estimulado estudos com vistas ao aperfeiçoamento dos processos e melhorias da qualidade dos produtos alimentícios, resultando na adaptação de sistemas e equipamentos industriais. No processamento industrial de polpas, doces e demais derivados de frutas em estado fluido ou pastoso, os estudos das propriedades reológicas têm aplicação fundamental. De acordo com SARAVACOS (1970) as características viscosas dos fluidos alimentícios se correlacionam com sua qualidade, com a percepção sensorial dos consumidores e também

são fundamentais para o processamento de alimentos, projeto e avaliação de equipamentos como bombas, tubulações, trocadores de calor, evaporadores, esterilizadores, filtros e misturadores; assim, trabalhos que estudam as características reológicas específicas de frutas regionais trazem significativa contribuição à fruticultura local, fornecendo informações fundamentais, voltadas para investimentos no segmento agroindustrial.

Para fabricação dos produtos derivados de manga utiliza-se a polpa integral, a qual é submetida a vários processos de industrialização. Para que cada etapa do processo seja economicamente viável, é fundamental o conhecimento das propriedades físicas e químicas da polpa. Dentre essas propriedades, o comportamento reológico ocupa posição de destaque, sendo útil não só como medida de qualidade mas também em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos, tais como bombas, sistemas de agitação e tubulações (IBARZ et al., 1996; QUEIROZ et al., 1996).

As medidas reológicas são consideradas ferramenta analítica, visto que fornece uma compreensão melhor da organização estrutural dos alimentos. Vários fatores afetam o comportamento reológico das polpas de frutas destacando-se, entre eles, a temperatura (HOLDSWORTH, 1971; VITALI, 1984), o teor de sólidos solúveis totais (HERNANDEZ et al., 1995) e o tamanho das partículas (AHMED et al., 2000).

Os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo de fruta e temperatura e o teor de sólidos (açúcares, pectinas e fibras). Uma vez que os sucos, polpas e néctares de frutas são sistemas bifásicos constituídos por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, seu comportamento reológico também será influenciado pela concentração, composição química, tamanho, forma e distribuição das partículas que compõem a fase dispersa (COSTELL & DURÁN, 1982).

VENDRÚSCOLO (2005) e OLIVEIRA & ROCHA (2007) destacaram a importância da determinação da viscosidade no processamento de alimentos. Esta determinação constitui valiosa informação para otimização das propriedades dos produtos na indústria alimentícia, para a redução dos custos nos ingredientes e para garantir melhor consistência do produto.

Em geral, para alimentos líquidos e pastosos a viscosidade tende a diminuir com o aumento da temperatura e a aumenta com o aumento da concentração de sólidos. Diversos autores, verificaram, o comportamento reológico de suco de frutas, essa tendência (MEDEIROS et al., 2006; PELEGRINE et al., 2000; ASSIS et al., 2005; AZOUBEL,

2002; KROKIDA et al., 2000). O fato da viscosidade aumentar com a elevação da concentração, está ligado a dois aspectos, em que o primeiro se relaciona com a redução do conteúdo de água na lubrificação intermolecular, que induz maior resistência ao escoamento, enquanto o segundo aspecto diz respeito à formação de hidratos pelos íons e moléculas pois em altas concentrações de sólidos o solvente deixa de ser suficiente para saturar todas as moléculas e as mesmas começam a formar agregados, dificultando o escoamento (BOBBIO & BOBBIO, 1992; TELIS-ROMERO et al., 1998).

Sucos e polpas de frutas fazem parte, na maioria dos casos, do grupo de alimentos fluidos que não têm comportamento reológico simples, do tipo newtoniano, ou seja, apresentam viscosidades independentes da taxa de deformação e da tensão de cisalhamento e variáveis com a temperatura (PELEGRINE et al., 2002). Nos materiais citados predominam comportamentos não newtonianos, com a resistência ao escoamento expressa em termos de viscosidade aparente, definida como a relação instantânea entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, isto é, a derivada da função viscosidade em cada ponto. Parcela significativa de derivados de frutas apresenta comportamento pseudoplástico (CABRAL et al., 2002; SUGAY et al., 2002; SILVA et al., 2005; VIDAL et al., 2006), considerado o mais comum.

O comportamento dos fluidos pode ser descrito por modelos reológicos, que relacionam a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação. A escolha do modelo é uma função das características dos fluidos (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 1993). São exemplos de modelos reológicos: modelo de Bingham, Casson, de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) e de Herschel-Bulkley, dentre outros.

### **2.3 - Secagem**

A secagem constitui-se em uma técnica que remove a água presente no alimento na forma de vapor, através da transferência de calor e massa, ou seja, a conservação do alimento pelo controle da umidade nele presente, retardando a atividade enzimática, deterioração de origem físico-química, além do desenvolvimento microbiano (MACHADO, 2006).

Segundo OKADA et al. (2002) a conservação por secagem consiste na remoção de água ou qualquer outro líquido, de um material sólido na forma de vapor, para uma forma

gasosa insaturada, através de um mecanismo de vaporização térmica, numa temperatura inferior a de ebulição.

A desidratação ou secagem é um processo que pode envolver três meios de transferências de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por convecção é o meio mais utilizado em grande escala na secagem comercial, que consiste na migração de umidade do interior para a superfície do produto, de onde se evapora para o ambiente (AKYILDIZ, 2004).

De acordo com FIOREZE (2004) na secagem ocorre transferência de calor e massa. O calor é fornecido ao material por convecção, através do ar ou por condução, através do contato com uma superfície quente. O calor é utilizado para vaporizar o líquido na superfície do sólido ou próximo da superfície. Se a mudança de estado ocorrer dentro do produto este vapor será retirado pelo fluxo de ar, seja em convecção natural ou forçada. Ocorrendo uma retirada de umidade da superfície e das camadas externas, cria-se um gradiente de concentração internamente no produto, causando um processo migratório de umidade, do centro para a superfície do produto. Dois dos principais fatores que governam a secagem são:

**Retirada da umidade da superfície do produto** - A taxa de retirada da umidade da superfície é função tanto da área do produto em exposição ao ar como da capacidade do ar de retirar a água da superfície. Quanto maior a área superficial do produto significa maior área de troca de calor e massa com o fluxo de ar (em regime turbulento), facilitando a remoção de água. A força motriz relacionada com a retirada de água nesta etapa é diretamente proporcional à diferença entre a pressão de vapor na saturação ( $P_{vs}$ ), uma vez que na superfície do produto o ar, em contato com o líquido, está praticamente saturado e a pressão de vapor do fluxo de ar ( $P_v$ ) passando através do secador.

**Migração de umidade do interior para a superfície do produto** - Este fator depende do tamanho da partícula, de sua estrutura interna e da força motriz dessa migração, que é o gradiente de concentração. Quanto maior a partícula maior a distância a ser percorrida pelo calor, da superfície para o centro e da umidade, do centro para a superfície do produto para ser evaporada. Diferentes produtos possuem diferentes estruturas internas, facilitando ou dificultando a migração de umidade, de acordo com sua porosidade e das cargas positivas e negativas das cadeias carbônicas do produto. O aumento da força motriz da migração através do aumento da temperatura e/ou diminuição

da umidade do fluxo de ar, geralmente aumenta a rapidez da secagem pois aumentam as diferenças de concentrações entre as camadas internas e externas.

Na secagem de produtos biológicos diversas variáveis devem ser levadas em consideração durante o processo, para ser efetuado com sucesso. As principais variáveis são: umidade relativa do ar; temperatura do ar; vazão do ar; umidade inicial do produto; umidade final do produto; coeficiente de difusão de massa; área relativa, tanto para a matéria-prima como para o ar de secagem. Além dessas variáveis há um grande número que também influencia no processo, tais como o calor latente de vaporização da água do produto, calor específico, variação de volume, alteração das propriedades termofísica e umidade de equilíbrio (FIOREZE, 2004).

PARK et al. (2001) atribuem as seguintes vantagens na utilização do processo de secagem, destacando: facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente, por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano. Ainda que o objetivo primordial da secagem de alimentos é a conservação e, dependendo do mecanismo de secagem a matéria-prima pode chegar a um produto completamente diferente com variação significativa na sua qualidade (ACHANTA & OKOS, 2000). A principal motivação para desenvolver novas tecnologias é minimizar a degradação do alimento obtendo-se um novo produto com conteúdo de umidade desejado.

Segundo PARK et al. (2002) a secagem consiste na redução da disponibilidade de água para o desenvolvimento de micro-organismos e para reações bioquímicas deteriorativas. Apresenta a vantagem de ser simples e permitir a obtenção de produtos com maior vida de prateleira; Além disto, o processo envolve custos e volumes menores de acondicionamento, armazenagem e transporte. Em alguns casos, a desidratação apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma variedade maior de produtos alimentícios, que podem ser disponibilizados fora da safra, como é o caso das frutas secas. Apesar dos aspectos positivos, a secagem pode alterar as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos, e a intensidade dessas alterações é dependente das condições utilizadas no processo de secagem e das características próprias de cada produto. As frutas desidratadas devem preservar o sabor, o aroma e a cor originais e, devem, preferencialmente, estar livres de aditivos químicos e apresentar textura semelhante à do produto fresco.

A secagem de alimentos é uma das operações que o homem conhece desde a mais remota antiguidade. Provavelmente, este antigo método de conservar os alimentos passou a ser usado, a partir do momento em que o homem primitivo deve ter verificado que grãos, quando secos naturalmente no campo, poderiam ser armazenados por longos períodos. Ao imitar esta forma natural, o homem desenvolveu a secagem como um modo prático de conservar outros produtos como carnes, frutas e condimentos (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Existem dois métodos de secagem: a natural, feita pelo sol ou vento, e o artificial, que necessita de fornecimento de energia para evaporar a água do material e também de um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, formado na superfície do alimento (PARK et al., 2001).

Dependendo do tipo de secagem, a redução do peso da fruta ou hortaliça pode ser de 50 a 80%, o que acarreta na melhor conservação do produto e menor custo de armazenamento. Outra vantagem da secagem é a diminuição da atividade de água que contribui para a conservação e uso prolongado dos alimentos (ANDRADE et al., 2003).

A secagem é uma operação unitária que consiste da transferência simultânea de calor e massa tendo, como objetivo, diminuir a atividade de água da matéria-prima e, conseqüentemente, prolongar sua vida útil, minimizando o crescimento de micro-organismos e retardando reações de ordem bioquímica. O processo de secagem pode ser dividido em três fases porém para a maioria dos materiais biológicos tem-se observado apenas o período de taxa decrescente, o qual vem sendo descrito, comumente, através da Segunda Lei de Fick. Tal lei relaciona a umidade do material com o tempo através de um parâmetro de processo conhecido como difusividade efetiva (Def). Esta, por sua vez, representa a velocidade com que a água se difunde do interior do material até sua superfície (OLIVEIRA et al., 2006).

A desidratação de frutas tem como objetivo principal sua conservação, que consiste na redução do teor de água até determinado nível no qual a concentração de açúcares, ácidos e outros componentes, seja suficientemente alta para reduzir a atividade de água, impedindo o crescimento de micro-organismos responsáveis pela deterioração dos alimentos (TRAVAGLINI et al., 2001).

A vida útil pós-colheita de alguns frutos, é muito curta, quando em temperatura ambiente e colhida madura. Na polpa de fruta seca se elimina este inconveniente com a vantagem de se poder manter o material em temperatura ambiente sem gastos necessários

para a conservação a frio. A polpa seca, processada na forma de pó apresenta, em geral, fácil reconstituição em água, possibilidade de formulação com outros produtos e baixa relação volume/massa, com conseqüente economia em custos de embalagem e espaço de armazenamento (ALEXANDRE et al., 2007).

O tratamento térmico é um importante método de preservação, com a finalidade de inativar enzimas, micro-organismos deteriorativos e reduzir a atividade de água dos alimentos mas pode levar a perdas consideráveis em sua qualidade, principalmente nas propriedades sensoriais (MASKAN, 2001).

Os principais fatores a serem considerados em frutas desidratadas são: cor, sabor, aroma, textura, capacidade de reidratação, propriedades estruturais (porosidade, vitrificação, aderência), aparência, características nutricionais e estabilidade microbiológica (KARATHANOS & HOSTAROPOULOS, 1995).

Segundo TORREGIANNI & BERTOLO (2001) a demanda por alimentos processados que mantenham suas características as mais próximas possíveis dos produtos originais, tem aumentado sensivelmente. No que se refere ao processamento industrial, seja em grande ou pequena escala, há a necessidade de desenvolver tecnologias que contribuam para minimizar os efeitos adversos provocados nos alimentos pelo processamento, de forma a atender à crescente exigência por produtos de melhor qualidade por parte dos consumidores. Este é o caso das frutas desidratadas utilizadas para consumo imediato ou como ingredientes na formulação de diversos tipos de alimentos, tais como em produtos de confeitaria, sorvetes, sobremesas congeladas, saladas de frutas e iogurtes. Em todos esses casos é desejável que os ingredientes mantenham a cor, o aroma e o sabor o mais próximo da fruta *in natura*, preferencialmente sem a utilização de aditivos e proporcionando uma textura agradável ao alimento, depois do processamento. A associação de operações e processos adequados durante a fabricação de determinado alimento, pode garantir a manutenção dessas qualidades no produto final.

Um processo de conservação que mantenha as características do produto fresco e confira estabilidade aumentando a vida útil no mercado é conveniente para reduzir as perdas, agregar valor ao fruto e aumentar sua comercialização em países não produtores (GIRALDO et al., 2003).

## 2.4 - Secagem em camada de espuma (*foam mat drying*)

Dentre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*), destaca-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados.

O processo de secagem em camada de espuma consiste, basicamente, de três etapas: modificação na consistência líquida do suco ou da polpa, em espuma estável, pela adição de agentes espumantes; desidratação do material em camada fina e desintegração da massa seca em escamas e, finalmente, em pó (TRAVAGLINI et al., 2001; SILVA, 2005). Este processo pode ser executado em temperaturas relativamente baixas, em torno de 70 °C ou menos, e mantém alta qualidade e boa estabilidade dos produtos, com testes em café, sucos de laranja, *grapefruit*, uva, carambola, banana, abacaxi, coco, batatas, alimentos para crianças, leites, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate, acerola, tamarindo e outros produtos (SILVA, 2005).

A secagem em camada de espuma é um método de desidratação onde um líquido ou semi-líquido sofre batidura para a formação de uma espuma sendo, posteriormente, seco com corrente de ar aquecido. É uma técnica simples, barata e rápida devido à maior área de superfície exposta ao calor, proporcionada pela formação de espuma. O método é aplicável em alimentos sensíveis ao calor tais como suco de frutas (BRUNINI, 2002).

A desidratação por secagem em camada de espuma é um método relativamente simples e barato, que se vale da utilização de agentes que têm a finalidade de manter a espuma estável durante o processo. Dentre as vantagens deste método, destacam-se as menores temperaturas de desidratação e o menor tempo de secagem, devido à maior área de superfície exposta ao ar e à velocidade de secagem, acelerando o processo de remoção de água e a obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação (KARIM & CHEE WAI, 1999). Os produtos obtidos são de boa qualidade e o processo tende a ser relativamente rápido (BERISTAIN et al., 1991).

As principais vantagens deste método, quando comparado a outros métodos de secagem como secagem por aspersão (*spray drying*) ou secagem em tambor, são as baixas temperaturas (BRYGIDYR et al., 1977). O líquido é transformado em espuma pela adição de uma pequena porção (1% ou menos) de um agente espumante, como a proteína de soja,

albumina, ésteres de ácidos graxos e monoestearatos de glicerol, e a incorporação de ar ou outros gases como o nitrogênio (por ser inerte) por injeção direta ou agitação. A espuma é distribuída em camadas finas em tela de arame e levada ao secador (BRENNAN, 2006). Muitos alimentos naturalmente, contêm proteínas e monoglicerídeos e produzem espumas quando batidos; entretanto, as espumas produzidas geralmente não são satisfatórias para uma posterior desidratação, por isso a adição de agentes espumantes é necessária (SANKAT & CASTAIGNE, 2004).

## **2.5 - Estado da arte**

SOARES et al. (2001) utilizaram o método de secagem em camada de espuma para a desidratação da polpa de acerola, com adição de diferentes agentes químicos (pectina cítrica, Emustab e Super Liga Neutra) que favorecem à formação da espuma, sendo escolhido o experimento com a densidade entre 0,1 a 0,6 g/cm<sup>3</sup>, recomendada como ideal. A polpa formulada foi desidratada em estufa de secagem com circulação de ar na temperatura de 60 a 70 °C, durante 90 minutos, obtendo-se um produto em pó com umidade final de 7,2%. O pó de acerola obtido apresentou-se, em média, dez vezes mais concentrado em suas características iniciais, fato que repercutiu como ponto altamente positivo dentro do processo, considerando-se o grande valor nutritivo, em média dez vezes mais concentrado em suas características iniciais. Este fato repercutiu como ponto altamente positivo dentro do processo considerando-se o grande valor nutritivo incorporado, principalmente no que se refere ao conteúdo de vitamina C (15,16%), açúcares redutores (43,22%) e proteína (9,05%). Este percentual de vitamina C observado se refere ao produto seco sem sofrer reconstituição, o que apresenta vantagem só se o produto desidratado for utilizado como ingrediente em alimentos.

SANKAT & CASTAIGNE (2004), utilizaram pesquisa de desidratação de bananas, utilizaram diversos agentes espumantes para avaliar qual seria o mais estável para a produção do produto desidratado. Foram utilizados, como agentes espumantes, a proteína de soja, o monoestearato de glicerila e dois agentes comerciais (GMS e ICN). O monoestearato de glicerila não formou espuma, os agentes comerciais formaram espumas, porém estas não apresentaram estabilidade, rompendo-se durante o processo de secagem, e a proteína de soja apresentou o melhor efeito, formou uma espuma fina, consistente, estável ao calor e de baixa densidade. A proteína de soja foi capaz de reduzir a densidade

do purê de banana para  $0,5 \text{ g/cm}^3$  após 12 minutos de agitação, na concentração de 1%; além de formar boa espuma, o uso de proteína de soja faz com que o produto final possa ser considerado enriquecido nutricionalmente, possível de ser utilizado em diversos produtos.

BASTOS et al. (2005) verificaram, estudando a secagem em camada de espuma da polpa de manga cv. Tommy Atkins nas temperaturas de 70 e 85 °C, que a temperatura afetou consideravelmente a taxa de secagem da polpa de manga e a umidade dos produtos secos. Na temperatura de 85 °C a secagem foi mais rápida (150 min) e se obteve um teor de umidade (0,72%) e na temperatura de 70 °C (240 min) um teor de umidade de 5,26%. Os resultados no teste de aceitabilidade evidenciaram que das duas amostras de refresco de polpa de manga desidratadas, a amostra obtida do pó seco a 70 °C foi a que apresentou melhor aceitabilidade que aquele obtido com a polpa seca a 85 °C, mostrando que ocorreram modificações na composição das polpas de mangas desidratadas, que se refletiram no teste sensorial, sendo essas dependentes da temperatura utilizada. Observou-se também a influência da temperatura em alguns dos constituintes nutricionais da polpa em pó obtida, tais como açúcares redutores e ácido ascórbico. Nas análises na polpa *in natura* e desidratada, após reconstituição em água, foi observada uma pequena variação estatisticamente significativa no pH; verificou-se, à medida em que o processo de desidratação avança, que algumas substâncias antes solúveis no alimento alcançam a saturação e precipitam. É possível que uma desnaturação baseada neste princípio tenha acontecido durante a desidratação da polpa e, após a reconstituição em água, algumas substâncias desnaturadas podem não ter voltado a se dissolver, o que pode ter refletido no pH das polpas reconstituídas.

DZAZIO et al. (2007) constataram, em seus estudos sobre desidratação da batata yacon em estufa convencional com ventilação de ar e a utilização do método de secagem em camada de espuma, que no método de secagem em camada de espuma obteve-se menor porcentagem de umidade e maior rendimento quando comparada com a desidratada pelo método convencional em estufa com ventilação de ar. Constatou-se que o método de secagem em camada de espuma produz produtos com características diferenciadas e com maior vida de prateleira. O produto obtido pela desidratação em estufa com ventilação de ar atingiu umidade de 11,47% contra 6,21% pelo método de secagem em camada de espuma, pelo método de secagem em camada de espuma, o tempo de secagem pode ser reduzido com aumento da temperatura, o que torna o processo mais rápido e prático.

RAHARITSIFA et al. (2006) submeteram o suco clarificado de maçã a secagem com a adição de várias concentrações de dois tipos de emulsificante, uma proteína (albumina de ovo em pó - 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0%) e um polissacarídeos (metilcelulose - 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; e 2,0%), e diferentes tempos de batimento (3; 5 e 7 minutos) aplicados a todas as amostras, utilizando uma batedeira doméstica (3000 rpm). Esses autores verificaram que a estabilidade das espumas aumentou com o aumento da concentração dos emulsificantes e em geral as espumas produzidas com a proteína do ovo foram menos estáveis porém mostraram um grau maior de solidez (estruturas mais fortes) e menor diâmetro médio da bolha, que as espumas produzidas com metilcelulose.

RAJKUMAR et al. (2007) realizaram experimentos com a desidratação da polpa de manga Alphonso nas temperaturas de 60, 65, 70 e 75 °C, utilizando misturas dos aditivos albumina do ovo (5, 10 e 15%) com metilcelulose (0,5%) e três espessuras da camada de espumas (1, 2 e 3 mm) em esteira de Teflon. A expansão máxima da espuma foi obtida com uma agitação de 20 minutos, mantendo-se estável com o prolongamento da agitação, provavelmente provocado pela adição da metilcelulose. A expansão máxima da espuma foi obtida com uma agitação de 20 minutos, mantendo-se estável com o prolongamento da agitação, provavelmente provocado pela adição da metilcelulose. Após os 20 minutos de agitação a densidade da polpa caiu de 1,01 g/cm<sup>3</sup> para 0,52 g/cm<sup>3</sup>, para a amostra com 10% de albumina; na amostra com 15% de albumina, a densidade da espuma caiu para 0,51 g/cm<sup>3</sup>. De acordo com a análise estatística, os autores observaram que a maior retenção dos componentes bioquímicos foi obtida para a temperatura de secagem de 60 °C, com a formulação com 10% de albumina de ovo e 0,5% de metilcelulose, para uma camada da espuma de 1 mm. Constataram, ainda, que as alterações dos componentes bioquímicos após a secagem desta polpa formulada foram menores que na polpa sem aditivos, com tempo de secagem de 35 e 75 minutos, respectivamente.

CAMARGO et al. (2008) avaliaram a desidratação da polpa do maracujá pelo método de secagem em camada de espuma; para tal, elaboraram uma formulação do produto com adição de 1% de emulsificante, 1% de espessante e 2% de farinha da casca de maracujá-amarelo, adicionados à polpa de maracujá e homogeneizados por 30 minutos em batedeira doméstica, até consistência semelhante a um suspiro elaborado com albumina de ovos (clara em neve). O material foi desidratado em estufa com circulação de ar forçado, na temperatura de 35 °C, até massa constante (cerca de cinco dias). Após a secagem

observou-se que o teor de proteína encontrado no produto em pó foi de 0,5% e os teores de açúcares totais e redutores encontrados foram de 61,84 e 40,09%, respectivamente.

GURJÃO et al. (2008) estudaram a cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo processo de secagem em camada de espuma (7,5% de Emustab). Verificou-se que o tempo de secagem variou de 3 a 4 horas para que o produto atingisse uma umidade final de 7 a 10% (b.u), nas temperaturas entre 60 e 80 °C. A secagem ocorreu tanto a taxa constante quando a taxa decrescente, sugerindo que a difusão de umidade não é o único mecanismo que governa este processo. Observou-se que à medida que a temperatura de secagem aumentava a taxa de secagem aumentava. Este comportamento foi constatado também por ALEXANDRE (2005) ao estudar a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de pitanga e por BASTOS et al. (2005) ao avaliarem a cinética de secagem de manga da variedade cv. Tommy Atkins, pelo método de camada de espuma.

THAWAPANICHAYANAN et al. (2008) avaliaram, em seus experimentos, os efeitos do tempo de agitação e da concentração do agente espumante (albumina de ovo) na formação de espuma para a produção de banana. Foram adicionados ao purê de banana albumina de ovo, nas concentrações de 2, 5 e 10% (base úmida) e misturada na velocidade máxima em agitador doméstico, até obter espumas com densidades de 0,3, 0,5 e 0,7 g/cm<sup>3</sup>. Foi observado que durante o processo de agitação, que o ar foi incorporado ao purê e retido no líquido, como bolha, o que leva ao decréscimo da densidade da espuma quando o tempo de agitação aumenta, após 20 minutos a densidade começa a aumentar pois ocorre ruptura das bolhas de ar devido ao processo mecânico prolongado.

## 2.6 - Atividade de água

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos, é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física bem como a composição química dos diversos solutos, incluindo polímeros e coloides ou partículas dispersas (PARK et al., 2001). O teor de umidade é também uma das medidas utilizadas na análise de alimentos e está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, podendo afetar a estocagem, embalagem e armazenamento do produto.

É possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no alimento e sua conservação, sendo o teor de água livre expresso pela atividade de água ( $a_w$ ). A atividade de água ( $a_w$ ) tem sido um dos mais importantes parâmetros para avaliação da preservação dos alimentos e seu processamento. A atividade de água é definida como a razão entre a pressão parcial de vapor d'água no alimento ( $P$ ) e a pressão parcial de vapor d'água pura ( $P_0$ ), ambas na mesma temperatura conforme, a Equação 2.1.

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (2.1)$$

A atividade de água ( $a_w$ ) é uma das propriedades mais importantes para o grau de processamento, conservação e armazenamento de alimentos. Ela quantifica o grau de ligação da água contida no produto e, conseqüentemente sua disponibilidade para agir como solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (LABUZA, 1977).

Segundo ANTONIO (2006) a adição de sais, açúcar e outras substâncias, provocam redução do valor da atividade de água de um alimento, em virtude de reduzir o valor da pressão parcial de vapor da água no alimento, sendo esta diminuição variável em função da natureza da(s) substância(s) adicionada(s), da quantidade acrescentada e da temperatura. A atividade de água de um alimento também pode ser reduzida através da remoção de sua água, do mesmo, com uso de processamentos como desidratação ou congelamento.

O valor máximo da  $a_w$  é 1, para a água pura; nos alimentos ricos em água ( $a_w > 0,90$ ) pode-se formar soluções diluídas com componentes do alimento em que os microrganismos podem crescer bem. Nessa diluição as reações químicas e enzimáticas podem ter sua velocidade diminuída pela baixa concentração dos reagentes. Quando a atividade de água baixar para 0,40-0,80 haverá possibilidade de ocorrerem reações químicas e enzimáticas rápidas, pelo aumento da concentração dos reagentes enquanto que para  $a_w$  próxima de 0,60, tem-se pequeno ou nenhum crescimento microbiano. Em regiões de  $a_w$  inferiores a 0,3, a água não seria utilizada por micro-organismos e para dissolver componentes do alimento, o que leva as reações a terem velocidade tendendo a zero, com exceção da oxidação dos lipídios que, consideravelmente, é mais rápida (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Em valores muito baixos de  $a_w$  (0,2 a 0,4), a água está fortemente ligada e geralmente não se encontra disponível para qualquer transformação (congelamento,

secagem, etc.). Sua disponibilidade de agir como solvente para reações ou como reagente, aumenta com o aumento da  $a_w$ . Muitas transformações deteriorativas aumentam exponencialmente com a  $a_w$  (JARDIM, 1991).

De acordo com FERREIRA & PENA (2003) a importância da determinação da  $a_w$  em alimentos reside no fato de que, por meio dela, podem ser previstas reações químicas, enzimáticas e desenvolvimento de micro-organismos, ademais, pode-se também, propor sistemas adequados de embalagens para um produto.

Todos os microrganismos têm uma atividade de água mínima de desenvolvimento. De maneira geral, as bactérias são mais exigentes que os bolores e as leveduras, só se desenvolvendo em meios com  $a_w$  elevada. Muitas bactérias não se desenvolvem em valores de atividade de água menores que 0,91 e muitos bolores não se multiplicam em valores inferiores a 0,80. Em geral considera-se 0,60 como o limite mínimo para o desenvolvimento de micro-organismos (UBOLDI-EIROA, 1996). A Tabela 2.4 apresenta os valores mínimos de atividade de água ( $a_w$ ) para o crescimento de micro-organismos.

**Tabela 2.2** - Valores mínimos de  $a_w$  para o crescimento de micro-organismos

Micro-organismos	$a_w$
Bactérias comuns	0,91
Leveduras comuns	0,88
Bolores comuns	0,80
Bactérias halofílicas	0,75
Bolores xerofílicos	0,65

Fonte: COULTATE (2004)

Uma maneira de se conhecer o comportamento higroscópico dos produtos alimentícios em pó, é através das isotermas de sorção, que é a representação gráfica da umidade de equilíbrio em função da atividade de água. O interesse teórico é prático de se conhecer as isotermas de produtos desidratados, é essencial para estabelecer condições ideais de conservação, de transformação e do dimensionamento dos equipamentos de secagem e transporte. O estudo da higroscopicidade e da tendência a formar agregados de alta consistência, *caking*, de pós de frutas e legumes obtidos por diferentes processos de secagem, é de fundamental importância no comportamento higroscópico e para a sua

estabilidade físico-química (DE GOIS & CAL-VIDAL, 1986; RIGANAKOS et al., 1994; DA COSTA & CAL-VIDAL, 1998).

## **2.7 - Densidade**

Nas análises de alimentos a determinação da densidade é uma das mais simples porém qualquer medida de densidade é afetada pela variação de temperatura. Para água a temperatura ambiente, a densidade decresce cerca de 0,03% para cada °C de aumento de temperatura (CECCHI, 2003).

A densidade desempenha uma importante função nos processos de separação, já que exercem efeitos importantes na operação de tamanho do alimento e em equipamento de mistura. A densidade dos materiais não é constante e altera-se com a temperatura (temperaturas mais elevadas reduzem a densidade dos materiais) e com a pressão. Isto é particularmente importante para fluidos nos quais diferenças de densidade causam correntes de convecção (FELLOWS, 2006).

A influência da temperatura e da concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) sobre a densidade de polpas de frutas, foi objeto de estudo de diversos autores: polpa de umbu (LIMA, 1992); suco de laranja concentrado (TELLIS-ROMERO et al., 1998); suco de goiaba pasteurizado (ZAINAL et al., 2000); com polpas de manga, pinha e graviola (SOUSA et al., 2000); leite de coco (TANSAKUL & CHAISAWANG, 2006) e com as polpas de cajá, acerola e umbu (MEDEIROS et al., 2006). Em todos os casos os dados experimentais mostram que a densidade das polpas diminui com o aumento da temperatura e da concentração de sólidos.

DUFFIE & MARSHALL (1953) constataram que a densidade aparente do material seco diminui com o aumento da temperatura de entrada do ar aquecido, podendo ainda aumentar ou diminuir com o aumento da concentração dos sólidos na alimentação.

DOMINGUES et al. (2002) estudando as propriedades físicas do suco de abacaxi desidratado em *spray dryer*, constataram que a densidade foi afetada significativamente pela velocidade de atomização; os autores notaram que a elevação da velocidade de atomização tende a diminuir a densidade de massa do produto. A densidade da partícula foi influenciada pela concentração de maltodextrina e velocidade de atomização, quando a mesma aumentou com o acréscimo de maltodextrina e foi reduzida quando a velocidade de atomização foi elevada.

A determinação automática da densidade de líquidos e da concentração de suspensões líquidas de partículas, pode ser de grande utilidade em diversos processos industriais, onde estas variáveis são utilizadas na padronização e no controle do processo e da qualidade do produto processado (RAPHAEL & ROHANI, 1996).

## **2.8 - Solubilidade**

A solubilidade é um dos parâmetros utilizados para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com a água (MAIA & GOLGHER, 1983). Frequentemente, não constitui uma solução no sentido estrito da palavra mas, sim, uma emulsão e/ou suspensão cujo aumento da estabilidade é comumente, referido como “solubilidade”. Segundo os autores, o termo solubilidade é inexato quando aplicado a produtos que não se constituem apenas de ingredientes solúveis, como é o caso do leite em pó, mas contém também proteínas de dimensões coloidais e/ou gorduras.

Um dos maiores problemas na secagem de sucos de frutas é a alta higroscopicidade do produto produzido que causa aglomeração do pó, aumento na solubilidade dos açúcares em altas temperaturas e alta pegajosidade (ADHIKARI et al., 2004).

A solubilidade do pó está associada com o teor de umidade e às condições operacionais do secador, aumentando com a diminuição do teor de umidade (PAPADAKIS et al., 1998; GOULA & ADAMOPOULOS, 2005).

## **2.9 - Ângulo de repouso**

Segundo MEDEIROS et al. (2001) o ângulo de repouso é o ângulo de talude formado com a horizontal, e no qual o material permanecerá empilhado. O tamanho, a forma, o teor de umidade e a orientação das partículas, exercem influência no ângulo de repouso. Diferenciam-se dois tipos de ângulo de repouso: o estático e o dinâmico. A designação estática refere-se à fricção do sólido granular sobre si mesmo, quando todo o outonal está estático. Nos casos em que o volume do material está em movimento, como nos descarregamentos, encontra-se envolvido o ângulo de repouso dinâmico. Assume-se que, quanto menor o ângulo de repouso mais fluidico é o pó, podendo-se afirmar que a fluidez de um material e o ângulo de repouso estão correlacionados.

Os métodos apropriados para determinação das propriedades relacionadas à fluidez de pós, são os testes de fluidez e a obtenção do ângulo de repouso. Nos testes de fluidez se verifica a velocidade de escoamento do pó. Entre os métodos descritos pela *Huber Corporation*, citado por SANTOS (1983), para escoamento de pós, está o tempo de escoamento, que é o tempo em que a massa de pó, colocada em um funil, demora para escoar até uma placa de recolhimento localizada abaixo do funil, a uma distância constante.

As propriedades físicas e de escoamento em pós são influenciadas ainda pela presença de filmes ou pontes líquidas entre as partículas. Geralmente, a formação do filme líquido na superfície das partículas, sobretudo em pós solúveis ou parcialmente solúveis, pode causar dificuldade de fluidez e, em casos extremos, sérios problemas de *caking*, embora a presença de pontes líquidas não provoque, necessariamente, a formação de agregados; se, porém, mantido a um nível moderado de umidade, determinado pó pode manter algum grau de fluidez, apesar das pontes líquidas (SANTOS, 1983).

## 2.10 - Microscopia eletrônica de varredura

Microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um instrumento muito versátil e usado rotineiramente para a análise microestrutural de materiais sólidos. Apesar da complexidade dos mecanismos para obtenção da imagem, o resultado é uma imagem de muito fácil interpretação (GONCALVEZ, 2004).

Na microscopia eletrônica de varredura os sinais de maior interesse para a formação da imagem são os elétrons secundários e os retroespalhados. À medida que o feixe dos elétrons primários vai varrendo a amostra esses sinais vão sofrendo modificações, de acordo com as variações da superfície. Os elétrons secundários fornecem imagem de topografia da superfície da amostra e são os responsáveis pela obtenção das imagens de alta resolução; já os retroespalhados fornecem imagem característica de variação de composição (BOZZOLA & RUSSEL, 1992).

A utilização de microscopia eletrônica de varredura (MEV) demonstra a possibilidade de visualização de imagens com alta ampliação (até 300.000 X) e resolução, permitindo a observação e registro de imagens tridimensionais (PICON et al., 2006). As imagens fornecidas pelo MEV possuem caráter virtual, sendo visualizadas em um monitor através da transcodificação da energia emitida pelos elétrons. O MEV é um recurso



especialmente útil na caracterização de amostras biológicas não resistentes a grandes diferenças de pressão e qualquer outro tipo de amostra onde a metalização pode gerar artefatos. Um dos objetivos do MEV é a análise de superfícies irregulares, possibilitando uma análise qualitativa uma vez que a análise quantitativa acurada de sua superfície é quase impossível pela dificuldade de padronizar amostras biológicas.

O microscópio eletrônico de varredura se tornou um instrumento imprescindível nas mais diversas áreas: eletrônica, geologia, ciência e engenharia dos materiais, ciência da vida, etc. Em particular, o desenvolvimento de novos materiais tem exigido um número de informações bastante detalhado das características microestruturais, só possível de ser observado no microscópio eletrônico de varredura (GONCALVEZ, 2004).

Através de diversas técnicas de microscopia eletrônica de varredura, informações detalhadas sobre a morfologia, condutividade e até mesmo os modos de fratura, podem ser obtidas em escalas nanométricas (DIKIN et al., 2006).

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada para diversos fins, como para fiscalizar a qualidade do café torrado e moído, fraudado por cereais (AMBONI et al., 1999); para observar a camada de cera de maçãs refrigeradas (CASTRO NETO et al., 2002) e para avaliar danos mecânicos em melões, causados pelo congelamento (RESENDE & CAL-VIDAL, 2002).

Idealmente, as amostras para microscopia eletrônica devem ser: não voláteis, livres de contaminantes, resistentes à irradiação do feixe de elétrons, produzirem contraste atômico e atuarem como condutora ou serem finas o suficiente para a transmissão dos elétrons, atualmente, a maioria dos polímeros não contém naturalmente essas características, o que cria obstáculo para a obtenção de melhores condições de imagem. Alguns desses obstáculos pré-existentes podem ser eliminados por processo de limpeza adequado, leve recobrimento para prevenir o carregamento e proteger a amostra de danos por radiação (SCHRAND, 2005).

## **2.11 - Análise instrumental de cor**

A cor é um dos mais importantes atributos de aparência dos alimentos, uma vez que influencia sua aceitabilidade por parte do consumidor. Alterações nas cores de um alimento são indicadores das reações químicas e bioquímicas possíveis de ocorrer durante o processamento e a estocagem, como a degradação de pigmentos (clorofila, carotenóides e

antocianina) e as reações de escurecimento (MASKAN, 2001; RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

A cor é também, um dos atributos sensoriais que mais influenciam na qualidade dos produtos elaborados com a polpa. Além de ser um dos primeiros aspectos qualitativos observados pelo consumidor, a coloração é uma característica utilizada no controle de processamento de polpa de frutas (REMANCHA et al., 1992). Muitos pigmentos naturais são destruídos pelo aquecimento durante o processamento e armazenagem, pela alteração de pH ou oxidações de 20 compostos. Como resultado, os alimentos processados podem perder a sua cor característica e, conseqüentemente, o seu valor comercial. O escurecimento não enzimático; é uma causa importante na alteração de cor dos alimentos (FELLOWS, 2006).

Todas as cores podem ser especificadas em termos da contribuição proporcional dos componentes vermelho, verde e azul do espectro visível, que equivale à cor da amostra. A combinação das três cores primárias, representadas pelos símbolos R (red, vermelho), G (green, verde) e B (blue, azul) resulta, portanto, na cor da amostra que pode ser caracterizada objetivamente e expressa por meio de valores numéricos e por diferentes sistemas de medida (FRANCIS & CLYDESDELE, 1975).

Com o intuito de obter a caracterização objetiva da cor, a CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*), em 1976, estabeleceu, o sistema CIE Lab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), em que uma cor, em particular tem uma única localização, especificada numericamente em um espaço tridimensional esférico, definido por três eixos perpendiculares: o eixo  $L^*$  (luminosidade) varia do preto (0) ao branco (100); o eixo  $a^*$  do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo  $b^*$ , do azul (-b) ao amarelo (+b) (MCGUIRE, 1992).

Para a medição da cor propriamente dita, são utilizados dois principais tipos de aparelho: os colorímetros e os espectrofotômetros. Utilizando-se para as suas leituras, a fonte de luz e a iluminação padrão a fim de evitar as oscilações de iluminação do dia e com a mesma sensibilidade correspondentem à do olho humano, o colorímetro ou espectrofotômetro percebe e registra as minuciosas diferenças de cores (MORI et al., 2005). A colorimetria tem sido utilizada para caracterizar a cor de diferentes pigmentos, a exemplo das antocianinas (MONTES et al., 2005), clorofila (SINNECKER et al., 2002) e carotenoides (MELENDEZ-MARTINEZ et al., 2003) bem como, para avaliar a cor de alimentos. A cor é um atributo de importância fundamental no julgamento da qualidade de um alimento uma vez que a apreciação visual é o primeiro dos sentidos a ser usado, sendo,

portanto, uma característica decisiva na escolha e aceitação do produto (LIMA et al., 2005). O impacto visual gerado pela cor, muitas vezes, se sobrepõe ao causado por outros atributos de aparência e odor podendo ainda, apresentar efeito na própria intensidade com que é percebido o sabor (CARDOSO et al. 1997).

Segundo IADEROZA & DRAETTA (1991), a cor natural da maioria dos alimentos é proporcionada pela presença de clorofila, carotenoides, antocianinas, etc., os quais são susceptíveis às mudanças durante a estocagem no estado fresco e durante o processamento.

## **2.12 - Granulometria**

O tamanho das partículas influencia na aparência dos produtos sendo que sua medida é um dos vários métodos usados na indústria para controlar a qualidade do produto final. Além disto, influencia também a densidade aparente, compressibilidade, escoamento e dispersibilidade em água (TEUNOU et al., 1999; YAN & BARBOSA, 1997; CÁNOVAS, 1997). Pós com tamanhos diferenciados de partículas, geralmente apresentam pior dispersibilidade. Considera-se que pós com partículas maiores que 200  $\mu\text{m}$  são de livre escoamento e fácil dispersão enquanto pós finos, de 100  $\mu\text{m}$ , estão sujeitos a coesão e seu escoamento é mais difícil (TEUNOU et al., 1999).

A característica granulométrica da matéria-prima processada constitui aspecto importante na formulação de produtos, visto que uma distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto final. A absorção de água é uma característica tecnológica altamente influenciada pela granulometria da matéria-prima, com influência direta sobre as características sensoriais como aparência, sabor e textura (BORGES et al., 2003; LINDEN & LORIENT, 1994).

Já foi amplamente demonstrado que a separação de uma amostra de ingrediente moído através de um conjunto padrão de peneiras, é uma metodologia para definir tamanho de partícula (ASAE, 2004; ZANOTTO & BELLAVAR, 1996; BAKER & HERRMAN, 2002). As técnicas atuais possibilitam estimar, não somente o tamanho das partículas, mas estimativas da área superficial e o número de partículas (ASAE, 2004). Estas informações podem ser utilizadas para correlacionar o efeito da moagem sobre a digestibilidade do alimento ou a eficiência do aporte energético na ampliação da área de exposição do alimento moído. Tanto a especificação da farinha desejada, como os cálculos da energia necessária para realizar uma operação de fragmentação, requerem a definição prévia do

que se entende por tamanho das partículas do material. A determinação de outras características do produto moído, também exige o conhecimento prévio da granulometria e geometria das partículas que o constituem. O assunto interessa igualmente a outras operações unitárias, como a mistura, preparações inerciais e a adsorção (GOLDMAN, et al., 1953).

---

### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 - Local de execução dos ensaios experimentais**

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **3.2 - Matérias-primas**

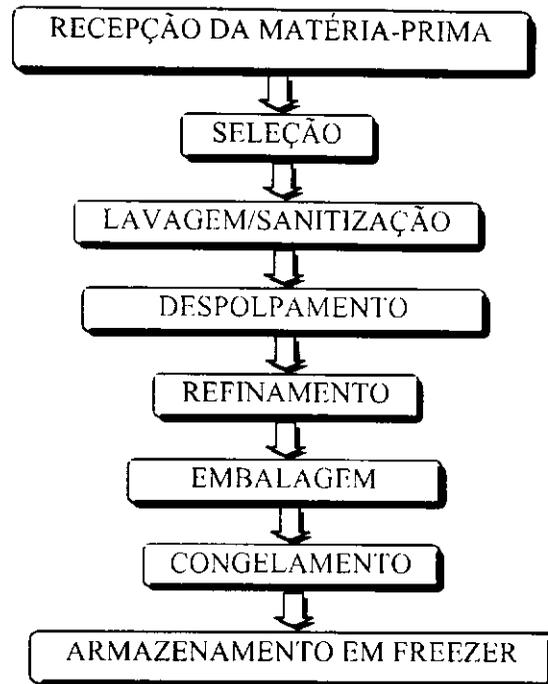
As mangas utilizadas foram da variedade Haden, produzidas no Vale do São Francisco, no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina, PE. Após a aquisição as mangas foram transportadas em caixas de madeira adequadas até o local de processamento.

Foram utilizados, para elaboração das formulações, os aditivos comerciais Super Liga Neutra® e Emustab®, adquiridos no comércio varejista de Campina Grande, PB. Esses aditivos foram escolhidos com base no critério do custo econômico e na disponibilidade no mercado varejista.

#### **3.3 - Processamento da polpa da manga**

As mangas foram processadas para obtenção da polpa, de acordo com o fluxograma da Figura 3.1.





**Figura 3.1** - Fluxograma do processamento para obtenção da polpa da manga

### 3.3.1 - Recepção

As mangas foram transportadas para o local de processamento em caixas rasas de madeira, para evitar o esmagamento das frutas das camadas de baixo e recepcionadas no laboratório de processamento.

### 3.3.2 - Seleção, lavagem e descascamento

A etapa de seleção tem, por finalidade, uniformizar o lote de mangas, principalmente quanto ao grau de maturação. Nos locais de obtenção da matéria-prima foram realizadas seleções prévias das mangas de acordo com aparência, tamanho e firmeza. No laboratório, esta seleção ganhou uma atenção maior e as mangas que apresentaram injúrias teciduais, frutos verdes, amassados ou atacados por micro-organismos, foram eliminados; em seguida, os frutos foram lavados por imersão em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min) e posteriormente enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso de cloro. Esta etapa de lavagem tem a finalidade de remover as sujidades grosseiras aderidas à superfície das mangas, além de retirar parte da microbiota presente, realizada em água corrente da rede de abastecimento pública.

Após a lavagem, as frutas passaram, pelo processo de descascamento manual com facas de aço inoxidável.

### **3.3.3 - Despulpamento**

O despulpamento foi executado em uma despulpadeira horizontal provida de peneira com malha de 4 mm de abertura.

### **3.3.4 - Refinamento**

Esta etapa foi feita também na despulpadeira, utilizando-se uma peneira de malha menor, da ordem de 2 mm de abertura; com isto, consegue-se eliminar pequenas frações de fibras não trituradas, tornando a polpa mais homogênea.

### **3.3.5 - Embalagem, congelamento e armazenamento**

Após a etapa do refinamento a polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade com volume de 1 litro (dimensão 10 x 25 cm) e, em seguida, congelada por imersão em uma produtora de picolé a -20 °C e armazenada em freezer a -18 °C, até o momento da realização dos experimentos.

## **3.4 - Caracterização química, física e físico-química da polpa**

### **3.4.1 - Sólidos totais e umidade**

Os sólidos totais e a umidade da polpa da manga Haden foram determinados em triplicata, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### **3.4.2 - Acidez total titulável (ATT)**

Os teores de acidez total titulável (ATT) da amostra foram determinados em triplicata, através do método acidimétrico, conforme o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL,

2005), em que as amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1 N, sendo os resultados expressos em percentagem de ácido cítrico.

#### **3.4.3 - pH**

O pH foi determinado em triplicata, pelo método potenciométrico, em medidor de pH da marca Tecnal, modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (BRASIL, 2005).

#### **3.4.4 - Açúcares totais, redutores e não redutores**

Os açúcares totais, redutores e não redutores presentes na polpa da manga Haden, foram determinados em triplicata, utilizando-se as metodologias descritas no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

#### **3.4.5 - Ácido ascórbico**

O teor de ácido ascórbico foi determinado em triplicata, conforme a metodologia da AOAC (1997) modificada por BENASSI & ANTUNES (1998), no qual se utiliza ácido oxálico como solução extratora e se baseia na titulação da amostra, empregando-se 2,6-diclorofenolindofenol sódio, que dá cor azul em solução alcalina e cor rósea em solução ácida. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g da polpa.

#### **3.4.6 - Sólidos solúveis totais (°Brix)**

Os sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, foram determinados em triplicata, pelo método refratométrico, com refratômetro do tipo Abbe, de acordo com as normas do manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

#### **3.4.7 - Sólidos insolúveis em água**

A determinação foi realizada por meio do método descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) e os resultados expressos em percentagem (%).

#### 3.4.8 - Pectina

A pectina foi determinada em triplicata segundo a metodologia descrita em RANGANA (1979) e os resultados expressos em percentagem de pectato de cálcio.

#### 3.4.9 - Cinzas

As cinzas foram determinadas em triplicata através da metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) e expressas em percentagem (%).

#### 3.4.10 - Fibra bruta

A fibra bruta foi determinada em triplicata, conforme a metodologia AOAC (1997) utilizando uma combinação de métodos enzimáticos e gravimétricos; os resultados foram expressos em percentagem (%).

#### 3.4.11 - Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada em triplicata, com o auxílio do equipamento *Aqualab*, modelo 3TE, da Decagon Devices, a 25 °C. Este equipamento tem por princípio, a medida do ponto de orvalho da amostra acondicionada em cápsula plástica e levada a um banho termostaticado.

### 3.5 - Caracterização física

#### 3.5.1 - Densidade

A densidade da polpa integral foi determinada em triplicata, utilizando-se o método picnométrico na temperatura de 25 °C, o qual consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra, utilizando-se um picnômetro. A densidade foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras (Equação 3.1).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

Em que:

$\rho$  - densidade, kg/m<sup>3</sup>;

m - massa, kg;

v - volume, m<sup>3</sup>.

### 3.5.2 - Cor

A determinação da cor das amostras foi realizada em espectrofotômetro portátil, modelo MiniScan XE Plus (HunterLab) cujas leituras foram realizadas no sistema de cor CieLab (L\*, a\* e b\*), em que L\* é a luminosidade, a\* é a transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*) e b\* a transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*).

### 3.6 - Reologia da polpa

Os valores de viscosidade aparente da polpa da manga Haden foram obtidos na temperatura de 25 °C, utilizando-se um viscosímetro Brookfield, modelo RVT, fabricado por *Bookfield Engineering Laboratories*, E.U.A. Foram utilizadas as velocidades de rotação de 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100 e 120 rpm, a partir de um volume de 500 mL de polpa em um béquer de 600 mL. Com os valores obtidos no viscosímetro foram calculadas, de acordo com a metodologia de MITSCHKA (1982), as tensões de cisalhamento e as taxas de deformação.

#### 3.6.1 - Modelos reológicos

Os modelos da Lei da Potência (Equação 3.2), Mizrahi-Berk (Equação 3.3), Herschel-Bulkley (Equação 3.4), foram utilizados para ajustar as curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para descrever o comportamento reológico da polpa da manga Haden integral. Para realização dos ajustes utilizou-se o programa computacional Statistica.

#### Lei da potência

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (3.2)$$

Em que:

$\tau$  - tensão de cisalhamento, Pa;

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação,  $s^{-1}$ ;

$K$  - índice de consistência,  $Pa\ s^n$ ;

$n_M$  - índice de comportamento do fluido, adimensional.

### Mizrahi-Berk

$$\tau^{0,5} = K_{0M} + K_M \dot{\gamma}^{n_M} \quad (3.3)$$

Em que:

$\tau$  - tensão de cisalhamento,  $Pa^{0,5}$

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação,  $s^{-1}$ ;

$K_{0M}$  - raiz quadrada da tensão inicial,  $Pa\ s^n$ ;

$K_M$  - índice de consistência,  $Pa\ s^n$ ;

$n_M$  - índice de comportamento do fluido, adimensional.

### Herschel-Bulkley

$$\tau = \tau_{0H} + K_H \dot{\gamma}^{n_H} \quad (3.4)$$

Em que:

$\tau$  - tensão de cisalhamento, Pa;

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação,  $s^{-1}$ ;

$\tau_{0H}$  - tensão de cisalhamento inicial,  $Pa\ s^n$ ;

$K_H$  - índice de consistência,  $Pa\ s^n$ ;

$n_M$  - índice de comportamento do fluido, adimensional.

Foram utilizados, como critérios para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 3.5.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{e_{exp}} - X_{e_{teor}}|}{X_{e_{exp}}} \quad (3.5)$$

Em que:

P - desvio percentual médio, %;

$X_{e_{exp}}$  - valores obtidos experimentalmente;

$X_{e_{teor}}$  - valores preditos pelo modelo;

n - numero de dados experimentais.

### 3.7 - Processo para a secagem em camada de espuma

Para a secagem em camada de espuma a partir da polpa da manga Haden foram realizados os procedimentos de acordo com o fluxograma da Figura 3.2.

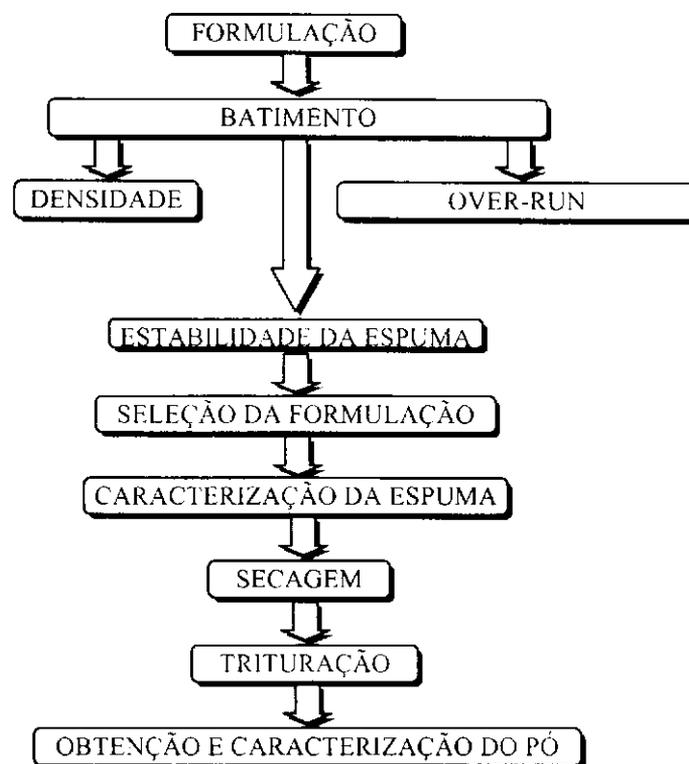


Figura 3.2 - Fluxograma do processo de secagem em camada de espuma

#### 3.7.1 - Elaboração e seleção das formulações

Foram elaboradas formulações com a polpa da manga Haden com diferentes tipos de aditivo. Para a formação da espuma foram usadas formulações que possuíam aditivos

com propriedades emulsificante e estabilizante. Foi usado obrigatoriamente, em cada formulação, um aditivo com propriedade emulsificante para que houvesse garantia da formação da espuma, nos tratamentos testados. Os aditivos usados nas formulações foram: a Super Liga Neutra, com propriedade estabilizante, e o Emustab, com propriedade emulsificante. A polpa da manga Haden com os aditivos foi submetida ao batimento em bateadeira doméstica para formação da espuma.

Inicialmente foram realizados, testes preliminares com os dois aditivos, Super Liga Neutra e Emustab para definir, antes do processo de secagem, qual a composição da formulação que proporciona a melhor desidratação. Neste processo se incorporam, à polpa da manga, os aditivos; em seguida, homogeneizou-se todos os ingredientes e submeteu-os a um batimento, com a finalidade de formar uma espuma estável para ser desidratada em camada fina resultando, no final do processo, amostras em pó.

A Tabela 3.1 mostra quais foram as amostras testadas e suas respectivas combinações, numa concentração máxima de 3% de aditivos.

**Tabela 3.1** - Concentração dos aditivos utilizados nas formulações testadas e elaboradas com polpa da manga Haden

Tratamento (nº)	Super Liga Neutra (%)	Emustab (%)	Polpa da manga (%)	Aditivos + Polpa da manga (%)
1	0,5	0,5	99	100
2	1,0	1,0	98	100
3	0,5	1,5	98	100
4	1,5	0,5	98	100
5	1,5	1,5	97	100

Foram utilizados, como critérios para a seleção da formulação (tratamento - concentração dos aditivos) e do tempo de batimento, a densidade da espuma, o over-run e a estabilidade.

A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente da densidade e over-run foi realizada usando-se o programa computacional ASSITAT (SILVA & AZEVEDO, 2006).

### 3.7.2 - Tempo de batimento

Foram testados tempos de batimento 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos das formulações para a produção da espuma, selecionando-se o melhor tempo a partir dos resultados da densidade da espuma e over-run.

### 3.7.3 - Densidade das espumas

As densidades das espumas foram determinadas através da relação entre a massa e o volume da amostra, colocada em um picnômetro de alumínio de 100 mL; as determinações foram realizadas em triplicata, para todas as formulações (tratamentos).

### 3.7.4 - Over-run

O over-run foi determinado em percentagem (%) de acordo com a Equação 3.6.

$$\text{Over-run} = \frac{\rho_p - \rho_e}{\rho_e} \times 100 \quad (3.6)$$

Em que:

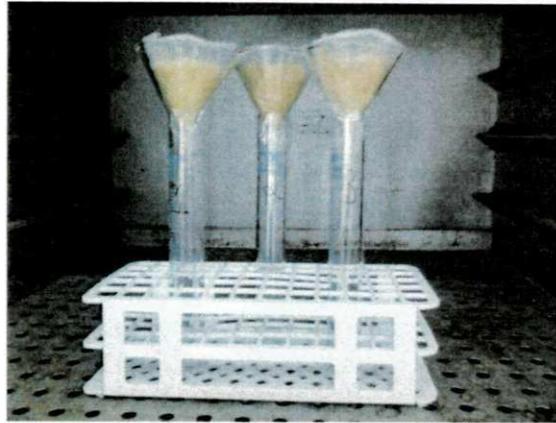
$\rho_p$  - densidade da polpa;

$\rho_e$  - densidade da espuma.

### 3.7.5 - Estabilidade das espumas

Após a seleção do tempo de batimento foi determinada a estabilidade das espumas das formulações testadas. A estabilidade das espumas, determinante no desempenho das secagens para cada formulação, foi determinada segundo a técnica descrita por KARIN & CHEEWAI (1999). Na técnica utiliza-se de um sistema constituído de uma proveta de 25 mL, com um funil de vidro acoplado e um filtro de nylon. Foram colocados, no funil com o filtro, 15 a 20 g da espuma e o sistema foi levado à estufa com circulação de ar a 70 °C, durante 90 minutos; após 5 minutos na estufa o volume do líquido drenado para a proveta foi medido enquanto a espuma foi desfeita; posteriormente, se verificou o volume do líquido em intervalos de tempo de 10 minutos. A seleção da formulação se baseia no fato

de que a estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume de líquido drenado para a proveta.



**Figura 3.3** - Sistema para a medição da estabilidade da espuma

### **3.8 - Características químicas, físicas e físico-químicas da formulação selecionada**

Depois de selecionados o tempo de batimento e a melhor formulação (tratamento), foram analisados, na espuma, os parâmetros: sólidos totais, umidade, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas, densidade e cor, determinados de acordo com as metodologia citadas nos itens 3.4 e 3.5.

### **3.9 - Secagem em camada de espuma da formulação selecionada**

Com a formulação e o tempo de batimento selecionados, as espumas produzidas do melhor tratamento foram espalhadas sobre bandejas de aço inoxidável, em camadas com diferentes espessuras (0,5; 1,0 e 1,5 cm), as quais foram levadas para secagem em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

As amostras desidratadas foram retiradas das bandejas com uma espátula de aço inoxidável e em seguida trituradas em um multiprocessador doméstico, para obtenção do pó.

### 3.9.1 - Cinética de secagem

As cinéticas de secagem foram determinadas pesando-se as bandejas com as amostras (espumas), durante as secagens, até peso constante, em intervalos regulares; com os dados experimentais foram calculados os valores da razão de umidade (Equação 3.7).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.7)$$

Em que:

$RX$  - razão de umidade, adimensional;

$X$  - umidade, base seca;

$X_e$  - umidade de equilíbrio, base seca;

$X_0$  - umidade inicial, base seca

Os modelos semi teóricos de Henderson e Pabis (Equação 3.8), Henderson (Equação 3.9) e Logarítmico (Equação 3.10) foram utilizados para se ajustar as curvas de secagem.

#### Henderson e Pabis

$$RX = a \exp(-kt) \quad (3.8)$$

Em que:

$RX$  - razão de umidade, adimensional;

$a$  - constante empírica do modelo;

$k$  - coeficiente empírico do modelo;

$t$  - tempo

#### Henderson

$$RX = a \exp(-bt) + c \exp(-dt) \quad (3.9)$$

Em que:

$RX$  - razão de umidade, adimensional;

$a, b, c, d$  - constantes do modelo;

k - coeficiente do modelo;

t - tempo.

### Logarítmico

$$RX = a \exp(-kt) + c \quad (3.10)$$

Em que:

RX - razão de umidade, adimensional;

a e c - constantes do modelo;

t - tempo.

Para avaliar o modelo que se ajusta melhor aos dados experimentais foram utilizados, como parâmetros, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio (Equação 3.11):

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RU_{pred} - RU_{exp})^2}{n}} \quad (3.11)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

$RX_{pred}$  - razão de umidade predito pelo modelo;

$RX_{exp}$  - razão de umidade experimental;

n - número de observações

### 3.10 - Caracterização química, física e físico-química das polpas de manga Haden em pó

As amostras em pó obtidas após a secagem em camada de espuma do melhor tratamento, foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros químicos, físicos e físico-químicos: umidade, pH, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, cor e atividade de água, determinadas de acordo com as metodologias citadas nos itens 3.4 e 3.5. Determinaram-se, também, a solubilidade, ângulo

de repouso, o rendimento, a densidade e a distribuição granulométrica, segundo as metodologias citadas nos itens 3.10.1 a 3.10.6.

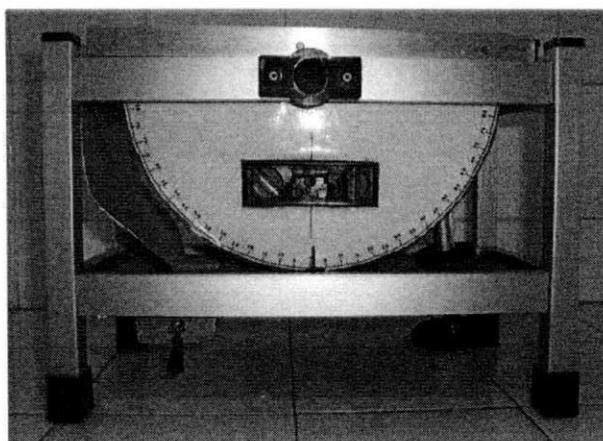
A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente foi realizada usando-se o programa computacional ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2006).

### 3.10.1 - Solubilidade

A solubilidade das amostras em pó foi determinada de acordo com a metodologia de SANTOS et al. (2005), adicionando-se 2 g do material em 50 mL de água destilada a temperatura ambiente (25 °C); a mistura foi agitada em um béquer de 100 mL com um agitador magnético, usando uma barra magnética e o tempo requerido em minutos para o material ser dissolvido completamente, foi registrado.

### 3.10.2 - Ângulo de repouso

Este parâmetro foi medido através do equipamento mostrado na Figura 3.4, constando de uma superfície plana horizontal, na qual é colocada a amostra de aproximadamente 40 g; em seguida, este plano é inclinado gradativamente, até que ocorra escoamento do material da superfície. Neste momento lê-se o ângulo formado com a horizontal (MEDEIROS et al., 2001).



**Figura 3.4** - Plataforma para medida de ângulo de repouso

### 3.10.3 - Rendimento

O rendimento foi calculado pela razão entre a massa do pó após o período de secagem e a massa da espuma, sendo determinada conforme Equação 3.12.

$$\eta_{rend} = \frac{m_{pó}}{m_e} \cdot 100 \quad (3.12)$$

Em que:

$m_{pó}$  - massa do pó, g;

$m_e$  - massa da espuma, g.

### 3.10.4 - Densidade

A densidade das amostras em pó foi determinada em triplicata em picnômetro de vidro de 25 mL usando-se hexano como líquido imiscível; a metodologia foi determinada de acordo com o item 3.5.

### 3.10.5 - Distribuição granulométrica

Visando a determinação da distribuição granulométrica, avaliou-se apenas a amostra em pó da melhor formulação (tratamento) com a melhor condição de temperatura de secagem e espessura da camada de espuma.

Para este teste foram utilizadas peneiras com diferentes aberturas (0,420; 0,297; 0,250; 0,177; 0,149 e 0,125 mm). A quantidade de amostra da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) utilizada, foi de 100 g, e as peneiras com a amostra foram levadas ao agitador de peneiras (Granutest), com o reostato na posição 10, pelo tempo de 10 min. Na quantificação da massa retida nas peneiras foi utilizada uma balança semi analítica com precisão de  $\pm 0,01$  g; o resultado apresentado foi a média de três determinações.

### 3.11 - Isotermas de adsorção de umidade

Na a avaliação das isotermas de adsorção de umidade usou-se apenas a amostra em pó da melhor formulação (tratamento) e com a melhor condição de temperatura de secagem e espessura da camada de espuma.

Para obtenção das isotermas de adsorção de umidade, em triplicata, da polpa da manga Haden em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, foi escolhida a amostra seca do Tratamento 5, na temperatura de 50 °C e 1,5 cm de espessura. Utilizou-se o método indireto segundo CAPRISTE & ROTSTEIN (1982), com as leituras da atividade de água da amostra feita utilizando-se o equipamento *Aqualab* modelo 3TE da Decagon Devices.

#### 3.11.1 - Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos de GAB (Equação 3.13), Oswin (Equação 3.14), Peleg (Equação 3.15) e Halsey (Equação 3.16), foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade por meio de regressões não-lineares, pelo método de estimativa Quasi-Newton, mediante o programa computacional Statistica.

#### GAB

$$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.13)$$

Em que:

$X_e$  - umidade de equilíbrio;

$a_w$  - atividade de água;

$X_m$  - umidade na monocamada molecular;

C e K - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

#### Oswin

$$X_e = a \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b \quad (3.14)$$

Em que:

- $X_e$  - umidade de equilíbrio;
- $a_w$  - atividade de água;
- a e b - parâmetros de ajuste do modelo

### Peleg

$$X_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (3.15)$$

Em que:

- $X_e$  - umidade de equilíbrio;
- $K_1$  e  $K_2$  - constantes da equação;
- $a_w$  - atividade de água;
- $n_1$  e  $n_2$  - constantes da equação

### Halsey

$$X_e = \left( \frac{-a}{\ln(a_w)} \right)^b \quad (3.16)$$

Em que:

- $X_e$  - umidade de equilíbrio;
- $a_w$  - atividade de água;
- a e b - parâmetros de ajuste do modelo

Os critérios empregados na determinação do melhor ajuste dos modelos às isotermas foram: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculados conforme a Equação 3.17.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{e_{exp}} - X_{e_{teor}}|}{X_{e_{exp}}} \quad (3.17)$$

Em que:

- P - desvio percentual médio, %;
- $X_{e_{exp}}$  - valores obtidos experimentalmente;
- $X_{e_{teor}}$  - valores preditos pelo modelo;

n - número de dados experimentais

### 3.12 - Morfologia do pó usando-se microscopia eletrônica de varredura

Com visto a determinação da morfologia, avaliou-se apenas a amostra em pó da melhor formulação (tratamento) e com a melhor condição de temperatura de secagem e espessura da camada de espuma.

A morfologia do pó (Tratamento 5 – 50 °C/1,5 cm) foi determinada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), de acordo com os procedimentos descritos por ROSENBERG & YOUNG (1993). As amostras foram fixadas em porta-amostras metálicos (*stubs*), com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional; em seguida foram metalizadas com uma liga de ouro/paládio, em um metalizador Polaron SC7620 *Sputter Coater* (RIngmer, Inglaterra), a uma taxa de recobrimento de 0,51 A/s, por 180 segundos, com corrente de 3-5 mA, 1 volt e  $2 \times 10^{-2}$  Pa; as amostras foram, então, observadas em um microscópio eletrônico de varredura LEO440i (LEICA *Electron Microscopy Ltd.*, Cambridge, Inglaterra), operando com 5 kV; a aquisição das imagens foi realizada pelo *software* LEO, versão 3.01.

### 3.13 - Armazenamento do pó

A melhor amostra (Tratamento 5 – 50 °C/1,5 cm) foi submetida ao armazenamento acelerado (teste acelerado de estabilidade) sob condições de temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa controlada de 55%. A amostra em pó foi acondicionada em embalagens flexíveis laminadas compostas de uma camada de PET cristal (polietileno tereftalato cristal) com espessura de 12 µm, uma camada de PET metal (polietileno tereftalato metal) com espessura de 12 µm e uma camada de PEBD (polietileno de baixa densidade cristal) com espessura de 50 µm possuindo espessura total de aproximadamente 74 µm. As embalagens tinham aproximadamente 8 cm de cada lado e continham aproximadamente 10 g da amostra em cada embalagem; em seguida, eram colocadas em recipientes de vidro contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr), o qual propicia um ambiente de umidade relativa média aproximada de 55%. As amostras colocadas neste ambiente foram analisadas a cada 15 dias, durante 60 dias, determinando-se: umidade, acidez total titulável, açúcares redutores e ácido ascórbico, de acordo com as metodologias do Instituto Adolfo

Lutz (BRASIL, 2005), atividade de água (Aqualab 3TE, Decagon a 25°C) e cor (espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus).

A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente ao longo do armazenamento foi realizada usando-se o programa computacional ASSITAT (SILVA & AZEVEDO, 2006).

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização química, físico-química e física da polpa da manga Haden

Tem-se, na Tabela 4.1, os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa da manga Haden integral.

**Tabela 4.1** - Valores médios e desvios padrão da caracterização química, físico-química e física da polpa de manga Haden integral

Parâmetro analisado	Média e desvio padrão
Sólidos totais (%)	16,77 ± 0,18
Umidade (%)	83,23 ± 0,18
Sólidos solúveis totais (°Brix)	14,43 ± 0,06
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,60 ± 0,001
Relação SST/ATT	24,00 ± 0,06
pH	3,51 ± 0,001
Ácido ascórbico (mg/100 g)	6,13 ± 0,21
Açúcares totais (% glicose)	11,19 ± 0,13
Açúcares redutores (% glicose)	3,16 ± 0,24
Açúcares não redutores (% sacarose)	7,62 ± 0,06
Pectina (% de pectato de cálcio)	0,36 ± 0,002
Sólidos insolúveis em água (%)	1,532 ± 0,054
Cinzas (%)	0,136 ± 0,007
Fibra bruta (%)	0,28 ± 0,01
Atividade de água (25 °C)	0,992 ± 0,004
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,046 ± 0,007
Luminosidade (L*)	40,80 ± 0,60
Intensidade de vermelho (+a*)	11,23 ± 0,34
Intensidade de amarelo (+b*)	49,51 ± 0,71

A polpa integral de manga Haden apresentou sólidos totais de 16,77% e umidade de 83,23%, respectivamente. AGRA (2006) obteve em estudos realizados com manga Haden, valores médios similares aos encontrados no presente trabalho para os sólidos totais

(16,75%) e umidade (83,25%). De acordo com o USDA (2001) a polpa da manga Haden tem 82% de umidade próximo, portanto, ao constatado neste estudo.

Em relação aos sólidos totais, ALMEIDA et al. (2009), em estudo realizado com polpa da manga Haden, obtiveram, valor superior a 19,09%.

O valor da umidade da polpa da manga Haden integral também se aproximou do determinado por ALMEIDA et al. (2009) para a polpa da manga Rosa (80,91%) e foi inferior ao da polpa da manga Tommy Atkins (89,43%) mas foi próximo ao apresentado por BORGES & MENEGALLI (1994) para a polpa de manga Tommy Atkins (84,1%) e por BEZERRA (2009) em estudos realizados com mangas das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins, que encontraram valores de umidade de 86,02; 81,93; 83,62 e 83,93%, respectivamente. Tais valores corroboram com MAIA et al. (2009), que afirmarem que a água é responsável por mais de 70% da composição das frutas e, em alguns casos corresponde a mais de 90% do total da fruta, podendo variar entre as mesmas variedades, dependendo de diferentes tratamentos culturais.

O teor médio obtido de sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa da manga Haden de 14,43 °Brix, foi próximo ao obtido por FISCHER et al. (2009), de 13,9 °Brix para a manga cv. Haden, de 15,6 °Brix para a manga cv. Tommy Atkins, de 12,4 °Brix para a manga cv. Palmer e de 14,6 °Brix para a manga cv. Keitt. SILVA et al. (2009), estudando as variedades Tommy Atkins e Haden, encontraram valores de sólidos solúveis totais de 14,7 e 12,1 °Brix, respectivamente, resultando em valores próximos ao obtido nesta pesquisa. O resultado encontrado neste trabalho para a manga, supera o valor estipulado na legislação vigente que é de, no mínimo, 11 °Brix para a polpa de manga, segundo Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de manga (BRASIL, 2000). O resultado obtido foi próximo ao encontrado por DANTAS JUNIOR et al. (2007) que obtiveram 13,62 °Brix, em estudo de sólidos solúveis totais (°Brix) da manga da variedade Espada.

Verifica-se que o valor médio de sólidos solúveis totais estava acima de 10 °Brix, indicando que o ponto de maturação fisiológica e, conseqüentemente, o ponto de colheita já haviam sido atingidos, valor indicado por ASSIS (2004) para as mangas das variedades Haden, Tommy Atkins, Palmer e Keitt. Os sólidos solúveis totais são compostos por vitaminas, ácidos e açúcares, entre outros, sendo mais de 90% de sua composição representada pelos açúcares; portanto, é uma medida indireta do teor de açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O teor médio de acidez total titulável encontrado para a polpa da manga Haden, foi de 0,60% de ácido cítrico, aproximadamente 40% maior que o encontrado por RIBEIRO (2004) que foi de 0,84% de ácido cítrico para a manga Tommy Atkins e inferior ao obtido por BRANDÃO et al. (2003), de 0,47% de ácido cítrico em manga Tommy Atkins. De acordo com RODRIGUES (1977), a acidez da polpa da manga pode variar de 0,13 a 0,76% de ácido cítrico.

O valor da acidez total titulável obtido neste trabalho está de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2000), que estabelece um valor mínimo de 0,32% de ácido cítrico para polpa de manga. A acidez total titulável encontrada foi superior aos valores relatados por BEZERRA et al. (2009), para mangas das variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins, que encontraram valores 0,52, 0,46 e 0,40 % de ácido cítrico, respectivamente. LIMA (2007) relatou, em estudos realizados com polpa de manga Tommy Atkins orgânica, relatou que a acidez variou de 0,39 a 0,86% de ácido cítrico; SOUZA (2009) afirmaram em seu trabalho, estudando manga da variedade Espada, valor de 0,40% de ácido cítrico, inferior na ordem de 50% ao valor encontrado neste trabalho; FISCHER et al. (2009) em pesquisa realizada com polpa de manga Haden, obtiveram acidez total titulável de 0,61% de ácido cítrico, valor semelhante ao do presente trabalho.

O resultado obtido na relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável (SST/ATT) mostrou que a manga da variedade Haden teve valor de 24,00. Segundo BENEVIDES et al. (2008) a relação SST/ATT estabelecida para a manga destinada ao processamento da polpa, varia de 17,5 a 40,0; portanto, a variedade em estudo está dentro dos padrões estabelecidos.

FISCHER et al. (2009) em estudos realizados com mangas das variedades Haden, Tommy Atkins, Palmer e Keitt encontraram, valores de SST/ATT na colheita de 32,19; 22,01; 30,20 e 23,98, respectivamente, sendo o valor encontrado no presente trabalho inferior ao valor da relação encontrada para a manga Haden, desses autores.

Os açúcares estão presentes nos frutos, na forma livre ou combinada, e são responsáveis pela doçura e pelo sabor. A relação SST/ATT encontrada no presente trabalho também foi menor que o obtido por PFAFFENBACH et al. (2003) onde obteve valor médio de 33,48 para a manga Tommy Atkins, e por SATIM & SANTOS (2009), para a manga Tommy Atkins, que apresentou valor de 31,61.

Constata-se que a polpa da manga Haden apresentou pH médio de 3,51 ou seja, pH ácido, conforme esperado e para a polpa deste mesmo fruto, LIMA (2007) encontrou valor

de 3,55 na polpa homogeneizada. Segundo SIQUEIRA et al. (1988) para utilização industrial, um pH inferior a 4,3 é desejável, pois confere, ao produto, maior resistência a contaminações microbianas; além disto, quanto menor o pH natural dos frutos menor será a necessidade de adição artificial de ácidos para o controle dessas contaminações reduzindo, assim, o custo de industrialização. VIDAL et al. (2006), em estudo com polpa da manga Keitt centrifugada obtiveram, valor médio de pH igual a 4,7; superior portanto, ao encontrado neste experimento.

Em estudo realizado por ALMEIDA et al. (2009) constatou-se que as variedades Rosa e Tommy Atkins apresentaram pH de 4,17 e 4,59, respectivamente; o pH de 3,51 está fora da faixa de pH que delimita o desenvolvimento de micro-organismos (pH = 4,5) especialmente o *Clostridium botulinum*, sinalizando que a variedade Haden está menos propensa à ação de microrganismos.

O teor médio de ácido ascórbico encontrado para a polpa da manga Haden foi de 6,13 mg/100 g, valor inferior aos determinados por SILVA et al. (2009), em estudos com diferentes variedades de polpa de manga, onde encontraram teores de ácido ascórbico de 12,7, 12,4 e 8,2 mg/100 g para as variedades Haden, Tommy Atkins e Kent, respectivamente, na ordem de 107,18; 102,28 e 33,77% maiores, discrepância que pode ser atribuída ao processamento, às condições de cultivo, ao estágio de maturação, etc. SILVA (1985) em estudo realizado com polpas de mangas Espada e Rosa encontrou teor de ácido ascórbico de 3,9 e 16,3 mg/100 g, respectivamente; nota-se que, o teor de ácido ascórbico no presente trabalho foi maior que o encontrado na variedade da manga Espada, na ordem de 57,18% e menor que o encontrado na variedade da manga Rosa, na ordem de 165,90%. CORREIA et al. (2005) em estudo com polpa da manga Espada encontrara, o teor de ácido ascórbico de 3,74 mg/100 g, o que se traduz em 63,90% a menos do que o encontrado com a polpa da manga Haden. GONÇALVES (1998), estudando a variedade de manga Sabina, encontrou teor de ácido ascórbico de 1,44 mg/100 g, o que também se traduz em 325,7% a menos que ao encontrado nesta pesquisa, com a polpa da manga Haden.

CARDELLO & CARDELLO (1998), analisando a correlação entre a atividade da ascorbato oxidase e o teor de ácido ascórbico da manga Haden, verificaram que, durante o amadurecimento da fruta, que o teor de ácido ascórbico diminuiu consideravelmente enquanto a atividade da ascorbato oxidase havia aumentado significativamente, durante o mesmo período. FARAONI (2006), também observou diminuição da vitamina C durante o amadurecimento de mangas de outras variedades.

O teor médio de açúcares totais encontrado para a polpa da manga Haden, foi de 11,19% glicose, superior ao resultado obtido por GONÇALVES (1998) para a polpa da manga Haden, de 6,30% glicose. SILVA et al. (2009), em estudos com as polpas de manga Tommy Atkins, Espada e Ubá encontraram valores de açúcares totais de 11,00, 10,60 e 14,80 % de glicose, respectivamente. AGRA (2006) em estudo realizado com manga Haden, obteve valor médio de 15,56% glicose, o que se traduz em 39,05% maior que o encontrado neste experimento. Em estudos com manga da variedade Haden, RIBEIRO (2004) encontrou valor médio de 17,35% glicose, também superior na ordem de 55%; os valores dos teores de açúcares também são de grande importância para a qualidade do produto final.

O valor obtido para açúcares totais 11,19% de glicose, apresentam-se próximo dos valores apresentados no estudo de SANTOS (2003) com manga da variedade Tommy Atkins e dentro da faixa de 11 a 15% de glicose apresentada por BORGES & MENEGALLI (1994) também com manga da variedade Tommy Atkins.

BERNARDES-SILVA et al. (2003) e BASTOS et al. (2005) em estudo com polpa de manga da variedade Tommy Atkins, encontraram valores de açúcares totais de 12,75 e 10,45 % de glicose, respectivamente; esses valores foram próximos ao encontrado na variedade da polpa da manga Haden, neste trabalho.

O valor médio obtido para açúcares redutores na polpa foi, de 3,16% glicose, semelhante ao encontrado por MÚJICA-PAZ et al. (2003) em manga Tommy Atkins, que foi de 3,20% de glicose e dentro da faixa de 3,1 a 4,4% de glicose apresentada por BORGES & MENEGALLI (1994), como sendo adequada ao processamento da manga. Os resultados de LUCENA (2006) de 2,77 a 3,48 % de glicose, MARTIM (2006) de 3,22 % de glicose e SANTOS (2003) de 3,88 % de glicose, encontrados para a variedade Tommy Atkins, são próximos ao encontrado na pesquisa. BEZERRA (2005) obteve também resultados próximos de açúcares redutores de 3,88 e 3,31 % de glicose para as variedades Rosa e Tommy Atkins, respectivamente. PINA et al. (2003) relataram que o aumento dos açúcares redutores pode ser devido principalmente às reações de hidrólise da sacarose.

O teor médio de açúcares não redutores encontrado para a polpa, foi de 7,62 % sacarose; teor superior na ordem de 52,70% ao encontrado por AGRA (2006), para a manga Haden, quando obteve resultado de 4,99 % sacarose. MARTIM (2006), em estudo com polpa de manga Tommy Atkins, encontrou, valor próximo de 7,87 % sacarose quanto aos açúcares não redutores.

O valor médio obtido de pectina foi de 0,36% de pectato de cálcio, isto é, aproximadamente 2 vezes menor que o encontrado por GONÇALVES (1998), em estudo com polpa da mesma variedade, que foi de 0,70% de pectato de cálcio, valor também inferior, na ordem de 173,74% ao determinado por VIDAL et al. (2006), onde encontrou valor médio de 0,98% de pectato de cálcio para a variedade de manga Keitt.

O teor médio de sólidos insolúveis em água encontrado, foi de 1,532%, teor este superior na ordem de 41,85% ao determinado por VIDAL et al. (2006), em estudo com polpa de manga integral da variedade Keitt, que encontraram valor de sólidos insolúveis de 1,08%.

O valor médio obtido para as cinzas da polpa da manga Haden, foi de 0,136%, inferior ao encontrado por BEZERRA (2009) em polpas da manga Espada (0,35%), Rosa (0,31%) e Tommy Atkins (0,22%) na ordem de 157,35; 127,94 e 61,76%, respectivamente. SANTOS (2003), analisando a polpa da manga Tommy Atkins obteve 0,20% de cinzas, valor superior ao encontrado neste estudo, na ordem de 47,06%; em relação às cinzas em alimentos, observa-se que a composição das cinzas refere à quantidade de substâncias minerais presentes (CHAVES et al., 2004).

O valor médio da atividade de água encontrado para a polpa da manga Haden, foi de 0,992 na temperatura de 25 °C, semelhante ao encontrado por AGRA (2006) em estudo com polpa da manga Haden (0,991) na temperatura de 28 °C e também bem próximo ao encontrado por BRANDRÃO et al. (2003), ao encontrarem o valor de 0,982 em estudo com caju. ALMEIDA et al. (2009) em estudo com polpa de mangas Tommy Atkins e Rosa, encontraram atividade de água na temperatura de 25 °C de 0,95 e 0,99, respectivamente.

A densidade na temperatura de 25 °C da polpa da manga Haden, foi de 1,046 g/cm<sup>3</sup>; este valor foi pouco maior (1,16%) que o encontrado por MELO (2008) em polpa de mandacaru, na temperatura de 25 °C, isto é de 1,034 g/cm<sup>3</sup>, e por DUARTE et al. (2003) quando comparado com a polpa de mangaba, na temperatura de 26 °C, que foi de 1,030 g/cm<sup>3</sup> (1,55%).

Os valores das coordenadas (L\*, a\*, b\*) da escala de cor também foram determinados; a cor é um parâmetro importante na escolha e na aceitação de um produto pelo consumidor. Verificam-se, na Tabela 4.1, os valores positivos de a\* e b\*; referidos são influenciados pelos carotenoides presentes na manga, principalmente β-caroteno, que possui coloração amarela. A polpa de manga Haden apresentou valores médios da

luminosidade e intensidade de vermelho (+a) menor que os encontrado por BENEVIDES et al. (2007), porém apresentando intensidade do amarelo (+b) maior que o mesmo autor, para a variedade de manga Ubá.

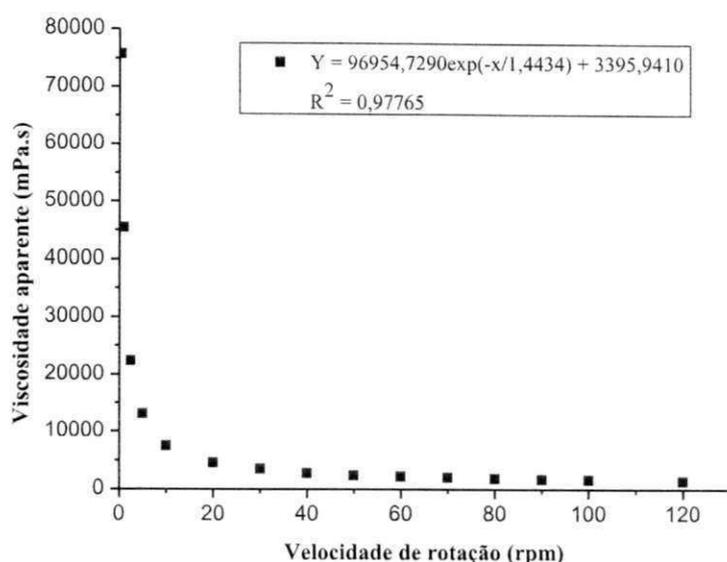
#### 4.2 - Comportamento reológico da polpa da manga Haden

Na Tabela A.1 (Apêndice A) encontram-se os dados experimentais das viscosidades aparentes, tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa da manga Haden integral, na temperatura de 25 °C.

O comportamento reológico da polpa da manga Haden pode ser visto na Figura 4.1, na qual estão plotados os pontos experimentais da viscosidade aparente (mPa.s), na temperatura de 25 °C, em função da velocidade de rotação. Verificas-se comportamento reológico típico de polpa de frutas, no qual se evidencia que a viscosidade aparente diminui com o aumento da velocidade de rotação, comportamento também observado em polpa de umbu por GASPARETTO & GUIMARÃES (2000) e EVANGELISTA et al. (2003).

Tem-se, em termos percentuais a diminuição da viscosidade aparente da velocidade de 0,5 para 5,0 rpm que foi, na ordem de 82,70%; na velocidade de 0,5 para 120 rpm houve uma diminuição na ordem de 98,15% onde se observando-se maior influencia da rotação na redução da viscosidade aparente em velocidades mais baixas. Comportamento semelhante foi observado por TORRES et al. (2003), para a polpa da umbu-cajá, onde os mesmos observaram reduções da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação, nas amostras com concentrações de 18,21 e 24 °Brix.





**Figura 4.1** - Viscosidade aparente (mPa s) da polpa de manga Haden, em função da velocidade de rotação (rpm), a 25 °C

Tem-se, na Tabela 4.2, os valores dos parâmetros reológicos dos modelos de Lei da potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, ajustados aos dados experimentais da curva de tensão de cisalhamento, em função da taxa de deformação da polpa da manga Haden na temperatura de 25 °C, tal como os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios ( $P$ ). Para todos os modelos os coeficientes de determinação foram superiores a 0,99 e os desvios percentuais médios ( $P$ ) inferiores a 3,6%, podendo-se utilizar qualquer um desses modelos para representar o comportamento reológico da polpa da manga Haden. Conclui-se, então, que dentre os modelos avaliados o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Mizrahi-Berk em razão de ter apresentado o menor desvio percentual médio ( $P$ ) e o maior  $R^2$ . Resultado semelhante foi encontrado por VIDAL et al. (2000) que, trabalhando com polpa da manga integral nas temperaturas 10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C, encontraram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de 0,99 utilizando o modelo de Mizrahi-Berk. PELEGRINE et al. (2002), encontraram, estudando o comportamento reológico de manga na temperatura de 30 °C, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,999, também utilizando o modelo de Mizrahi-Berk. FERNANDES (2008) obteve, em estudo com polpa de umbu cajá nas temperaturas de 10 e 20 °C, os melhores ajustes com o modelo de Mizrahi-Berk e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,99. VIDAL & GASPARETTO et al. (2004), em estudos com suco integral de manga, também obtiveram o melhor ajuste com o modelo Mizrahi-Berk ( $R^2=0,999$ ).

O tipo de fluido, determinado pelo índice de comportamento do fluido ( $n$ ,  $n_H$  e  $n_M$ ), apresentou em todos os modelos aplicados valores inferiores a unidade, indicativo de fluido pseudoplástico. VIDAL et al. (2004), ao trabalharem com polpa de manga centrifugada nas temperaturas de 10 e 60 °C também verificaram tratar-se de um fluido pseudoplástico. Comportamento semelhante ao determinado por PELEGRINE et al. (2002), estudando o comportamento reológico de polpa de abacaxi e manga, por FERNANDES & RIBEIRO (2009) em polpa de maracujá adicionada de sacarose e pectina.

**Tabela 4.2** - Parâmetros dos modelos reológicos, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) para polpa de manga Haden

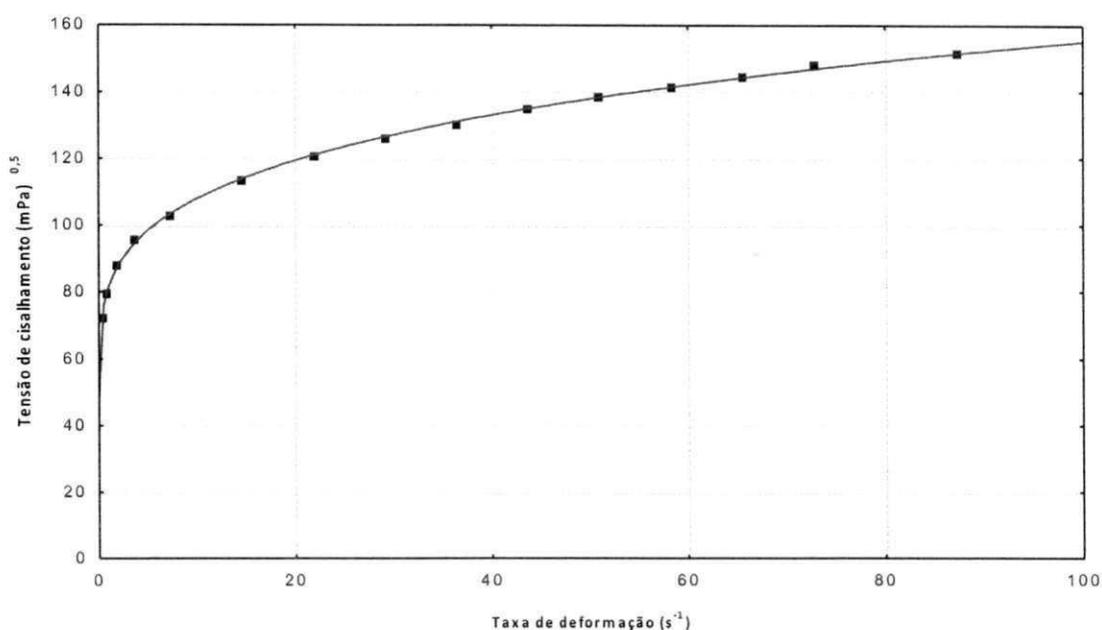
Modelo	Parâmetro			$R^2$	P
Lei da potência	K	n		0,9942	3,55
	6182,4	0,2885			
Herschel-Bulkley	$\tau_{0H}$	$K_H$	$n_H$	0,9991	1,25
	3380,8	3245,9	0,40239		
Mizrahi-Berk	$K_{OM}$	$K_M$	$n_M$	0,9991	0,57
	42,216	34,124	0,25		

Segundo MACHADO (2002), o índice de consistência (K) indica o grau de resistência do fluido diante do escoamento. Verifica-se que os índices de consistência dos três modelos, K,  $K_H$  e  $K_M$ , citados acima, apresentaram altos valores para a polpa da manga Haden, significando que se trata de um fluido de alta consistência. Comportamento inverso ao determinado por MELO (2008), em estudo com polpa integral do fruto de mandacaru quando obteve valores de consistência de 0,1751; 0,1099; 0,2195 para os modelos Lei da potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, respectivamente, significando que se trata de um fluido com pouca resistência ao escoamento.

Nas Figuras A.1 e A.2 (Apêndice A) tem-se os gráficos da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa da manga Haden com ajuste pelo modelo da Lei da potência e Herschel-Bulkley, respectivamente.

Na Figura 4.2 apresenta-se o comportamento reológico da polpa da manga Haden, com valores da tensão de cisalhamento, em função da taxa de deformação e ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk, escolhido como o melhor modelo dentre os demais testados, por

apresentar o maior coeficiente de determinação e o menor desvio percentual médio. Percebe-se que a relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento não é constante, confirmando que a polpa da manga Haden se trata de um fluido não newtoniano, de caráter pseudoplástico. Comportamento semelhante ao observado por VIDAL et al. (2006) em estudo de propriedade reológica de polpa da manga Keitt centrifugada, esses autores verificaram que o modelo de Mizrahi-Berk foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e que, com o aumento da taxa de deformação, também aumentou a tensão de cisalhamento.



**Figura 4.2** - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa da manga Haden, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

#### 4.3 - Seleção da formulação para secagem em camada de espuma

Visando determinar a melhor formulação para posteriormente ser desidratada pelo método de secagem em camada de espuma, várias formulações foram testadas com diferentes concentrações dos aditivos Super Liga Neutra e Emustab determinando-se, nas mesmas, os seguintes parâmetros utilizados para a seleção: densidade da espuma, over-run e estabilidade da espuma.

### 4.3.1 - Densidade da espuma

Na Tabela B.1 (Apêndice B) se apresenta a análise de variância dos valores da densidade das espumas, das diferentes formulações, em função das concentrações dos aditivos Super Liga Neutra e Emustab e de diferentes tempos de batimento. Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para as fontes de variação tempo de batimento e concentração do aditivo e para sua interação sobre os valores da densidade da espuma.

Na Tabela 4.3 se encontram os valores médios de densidade das espumas ( $\text{g/cm}^3$ ) das diferentes formulações, em função dos diferentes tempos de batimento. Observa-se que os valores das densidades das espumas das diferentes formulações diminuíram significativamente com o aumento do tempo de batimento, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.3** - Valores médios das densidades das espumas ( $\text{g/cm}^3$ ) para as diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento

Tempo (min)	Formulações				
	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5
5	0,9222 aA	0,7371 aC	0,6956 aD	0,8137 aB	0,6542 Ae
10	0,9197 bA	0,6898 bC	0,6647 bD	0,8034 bB	0,6232 Be
15	0,9104 cA	0,6666 cC	0,6479 cD	0,7890 cB	0,5807 Ce
20	0,8781 dA	0,6346 dC	0,6209 dD	0,7834 dB	0,5593 dE
25	0,8667 eA	0,5993 eD	0,6162 eC	0,7737 eB	0,5504 eE
30	0,8262 fA	0,5834 fD	0,5960 fC	0,7528 fB	0,5412 fE

DMS para colunas = 0,0009; DMS para linhas = 0,0008; MG = 0,70999; CV% = 0,05

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Analisando o comportamento da densidade para cada tempo de batimento, observa-se que houve diminuição significativa entre a amostra com 1% de aditivos (Tratamento 1), quando comparada com a amostra com 3% de aditivos (Tratamento 5); essas diminuições foram de 29,06; 32,23; 36,21; 36,31; 36,49 e 34,49% nos tempos de batimento de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, respectivamente.

GURJÃO et al. (2008) encontraram, para a polpa de tamarindo com o aditivo Emustab como agente espumante comercial (7,5%), uma densidade aparente entre 0,40 e 0,50 g/cm<sup>3</sup>. SOARES et al. (2001) encontraram, trabalhando com os aditivos Super Liga Neutra e Emustab em polpa de acerola, pelo método de secagem em camada de espuma, densidade de 0,51 g/cm<sup>3</sup>, após 20 minutos de batimento.

Constata-se que no presente trabalho foi atingida, após 20 minutos de batimento para a espuma do Tratamento 5, uma densidade média de 0,5593 g/cm<sup>3</sup>. KARIN & CHEE WAÍ (1999), utilizando CMC, constataram que a concentração deste aditivo influenciava na densidade da espuma de carambola e, quanto maior a concentração do agente estabilizante, menor a densidade da espuma e maior o tamanho de bolha formada.

O aumento do tempo de batimento acarretou diminuição da densidade da espuma, em todas as formulações testadas; analisando a formulação do Tratamento 1, percebe-se que as médias das densidades foram consideradas estatisticamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre todos os tempos de batimento de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos; no entanto, percebe-se no tempo de 30 minutos de batimento conseguiu-se a menor densidade da espuma deste tratamento, de 0,8262 g/cm<sup>3</sup>. Verifica-se, no Tratamento 2, que as médias das densidades foram consideradas estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre os tempos de batimento 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos; quando o tempo de batimento variou de 5 para 30 minutos, teve uma diminuição significativa na ordem de 20,85%, cuja densidade da espuma variou de 0,7371 g/cm<sup>3</sup> (5 minutos de batimento) para 0,5834 g/cm<sup>3</sup> (30 minutos de batimento).

Observa-se, nos Tratamentos 3 e 4, que as densidades também foram consideradas estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre os tempos de batimento de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos; percebe-se, também que no tempo de 30 minutos de batimento conseguiu-se as menores densidades das espumas de 0,5960 g/cm<sup>3</sup> (Tratamento 3) e 0,7528 g/cm<sup>3</sup> (Tratamento 4). Tem-se que, quando se usou uma concentração menor de Emustab obteve-se conseqüentemente, maior valor das densidades das espumas, quando comparadas com as concentrações de 1,0 e 1,5% do aditivo Emustab indicando que, quanto maior a concentração do aditivo Emustab menor foi a densidade das espumas.

Na formulação com maior concentração de aditivos (Tratamento 5) as densidades também foram consideradas estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a

5% de probabilidade, entre os tempos de batimento de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Verifica-se que a menor densidade da espuma de  $0,5412 \text{ g/cm}^3$  ocorreu no tempo de 30 minutos de batimento. Observa-se, então, que esta foi a menor densidade da espuma quando comparada com todas as formulações e tempos de batimentos testados. Nota-se que as densidades das espumas do Tratamento 5 nos tempos de batimento 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos obtiveram valores dentro dos considerados ideais por SOARES et al. (2001) que são de 0,1 a  $0,6 \text{ g/cm}^3$  e por BATES (1964) de  $0,5 \text{ g/cm}^3$ . Segundo VAN ARSDEL et al. (1964) a densidade da espuma deve apresentar valor mínimo de  $0,1 \text{ g/cm}^3$  e o máximo compreendido entre 0,5 e  $0,6 \text{ g/cm}^3$ . Com base nos resultados das densidades analisados a formulação com maior concentração de aditivos (Tratamento 5) e no tempo de batimento de 30 minutos, foi considerada ideal para a secagem em camada de espuma. Resultados semelhantes também foram detectados por CAMARGO et al. (2008) ao avaliarem a desidratação da polpa do maracujá, pelo processo de secagem em camada de espuma, ao determinaram também, o tempo de batimento de 30 minutos como ideal para a realização do experimento.

#### **4.3.2 - Over-run**

Na Tabela B.2 (Apêndice B) é apresentada a análise de variância dos valores do over-run das diferentes formulações, em função da concentração dos aditivos (Super Liga Neutra e Emustab) e de diferentes tempos de batimento. Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para as fontes de variação tempo de batimento e concentração do estabilizante e para sua interação.

Na Tabela 4.4 são apresentados os valores médios do over-run (%) das diferentes formulações em função dos tratamentos (diferentes concentrações dos aditivos), e tempos de batimento, tempo mínimo de 5 minutos e tempo máximo avaliado de 30 minutos.

Observa-se, no Tratamento 1 e nos tempos de batimento de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, que os valores dos over-run foram considerados estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade; no intervalo de 5 para 30 minutos de batimento houve um aumento no valor do over-run, da ordem de 98,29%.

Verifica-se, no Tratamento 2 e nos tempos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de batimento, que os valores dos over-run foram considerados estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade e que, quando o tempo de batimento

variou de 5 para 30 minutos houve um aumento no valor do over-run, da ordem de 89,28%.

**Tabela 4.4** - Valores médios do over-run (%) das diferentes formulações, em função da concentração dos aditivos e dos tempos de batimento

Tempo (min)	Formulação				
	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5
5	13,42 fE	41,90 fC	50,37 fB	28,55 fD	59,98 fA
10	13,73 eE	51,64 eC	57,36 eB	30,19 eD	67,83 eA
15	14,88 dE	56,91 dC	61,43 dB	32,56 dD	80,13 dA
20	19,11 cE	65,07 cC	68,47 cB	33,52 cD	87,02 cA
25	20,69 bE	74,55 bB	69,80 bC	35,19 bD	90,05 bA
30	26,61 aE	79,31 aB	75,51 aC	38,94 aD	93,22 aA

DMS para colunas = 0,19; DMS para linhas = 0,18; MG = 51,26; CV = 0,15%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Observa-se, no Tratamento 3 e nos tempos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de batimento, que os valores dos over-run foram considerados estatisticamente diferentes de conformidade com o teste de Tukey a 5% de probabilidade; o aumento do over-run foi da ordem de 49,91% quando o tempo de batimento passou de 5 para 30 minutos.

No Tratamento 4 e nos tempos de batimento de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, os valores dos over-run foram considerados estatisticamente diferentes segundo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade; obteve-se um aumento do over-run da ordem de 36,39% quando o tempo de batimento variou de 5 para 30 minutos. Analisando a influência dos tempos de batimento nota-se, no Tratamento 4, que houve aumento do over-run com o aumento do tempo de batimento.

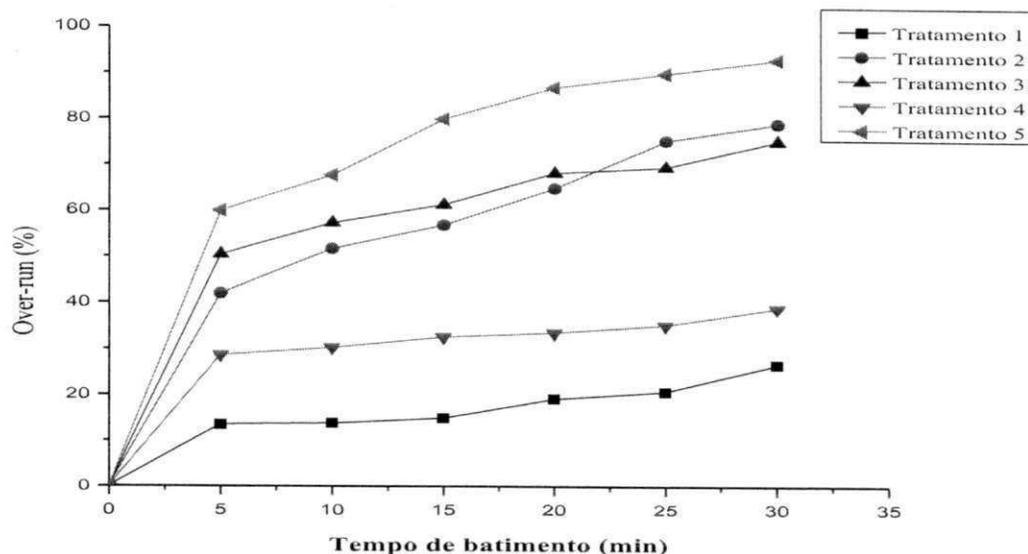
Observa-se, na formulação com 1,5% de Super Liga Neutra e 1,5% de Emustab (Tratamento 5) e nos tempos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de batimento, que os valores dos over-run foram considerados estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade e também, aumento do over-run da ordem de 55,42% quando o tempo de batimento passou de 5 para 30 minutos.

Verifica-se, ainda, também que houve aumento do over-run com o aumento dos tempos de batimento, em todos os tratamentos estudados, com os menores valores de over-run após 30 minutos de batimento nas espumas dos Tratamentos 1 e 4 e os maiores over-run nos Tratamentos 2, 3 e 5.

Comparando os valores dos over-run entre os tratamentos nos diferentes tempos de batimento, constata-se que todas as médias foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos, com os maiores valores obtidos no Tratamento 5 em todos os tempos de batimento e os menores valores no Tratamento 1. Verifica-se que apesar dos Tratamentos 2, 3 e 4 terem a mesma quantidade de aditivos (2%) as médias foram estatisticamente diferentes, significando que o tipo de aditivo e sua concentração influencia no over-run. MARQUES (2009) observou, em estudo com caldo de cana em leite de espuma, utilizando-se do Tratamento b (0,7% de emulsificante, 1,4% de estabilizante e 0,7% antiuementante) e do Tratamento c (0,7% de emulsificante, 2,1% de estabilizante e 1,05% antiuementante) tendência de aumento do over-run com o aumento da concentração dos aditivos.

Segundo RAJKUMAR et al. (2007) o melhor tempo de batimento da espuma é obtido quando a espuma apresenta a maior expansão volumétrica; conseqüentemente, também o maior over-run e o menor valor da densidade o que, nesse experimento foi verificado no tempo de 30 minutos de batimento, e na maior concentração dos aditivos (Tratamento 5).

Na Figura 4.3 apresenta-se o comportamento do over-run (%) para as diferentes formulações (tratamentos) elaboradas com a polpa da manga Haden, em função do tempo de batimento.



**Figura 4.3** - Valores médios do over-run (%) dos diferentes tratamentos em função dos tempos de batimento

#### 4.3.3 - Estabilidade da espuma

Com os resultados do ar incorporados à polpa (over-run) e das densidades das espumas para os diferentes tempos de batimento, selecionou-se o tempo de batimento de 30 minutos como o melhor para avaliar a estabilidade das espumas em razão de se ter sido verificado, neste tempo, as menores densidades e os maiores over-run. Segundo SANKAT & CASTAIGNE (2004), a adição de agentes espumantes às amostras é necessária para produzir espumas após batimento; entretanto, as espumas produzidas não são, em geral, satisfatórias para uma desidratação posterior, com isto BASTOS et al. (2005) prevêem a importância de testes preliminares com vista a determinar um nível mínimo de agente estabilizante necessário para a produção de espuma com estabilidade adequada para a secagem em camada de espuma. Alguns alimentos carecem da adição de pequena quantidade de estabilizante de forma a produzir uma espuma capaz de resistir à operação de bombeamento, expansão e secagem (VAN ARSEL & COPLEY, 1964).

Uma vez que a estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume de líquido coletado, observou-se que todos os tratamentos analisados estão adequados para o processo de secagem, em que o volume de líquido drenado para a proveta foi igual a zero em todos os tratamentos, desta forma, a formulação escolhida foi a que apresentou maior

concentração de aditivos (Tratamento 5) em razão de também apresentar a menor densidade da espuma e a maior incorporação de ar (over-run). Segundo KARIM & CHEE WAI (1999), quanto maior a concentração do estabilizante menor a densidade da espuma e maior o over-run. RAJKUMAR et al. (2007) verificaram, após 20 minutos de agitação, que a densidade da polpa de manga fresca com adição de 0,5% de metil celulose foi de 1,01 g/cm<sup>3</sup>, para a amostra com 10% de albumina a densidade foi de 0,52 g/cm<sup>3</sup> e, na amostra com 15% de albumina, a densidade da espuma foi de 0,51 g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.4 - Caracterização química, física e físico-química da espuma selecionada

Na Tabela 4.5 se apresentam os valores da caracterização química, física e físico-química da formulação selecionada para a secagem em camada de espuma, representada pelo Tratamento 5, com 30 minutos de batimento.

**Tabela 4.5** - Caracterização química, física e físico-química da espuma selecionada (Tratamento 5)

Parâmetro	Média ± desvio padrão
Sólidos totais (%)	16,89 ± 0,07
Umidade (%)	83,11 ± 0,06
Sólidos solúveis totais (°Brix)	15,0 ± 0,00
pH	3,88 ± 0,01
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	0,53 ± 0,00
Ácido ascórbico (mg/100g)	17,0 ± 0,50
Açúcares totais (% glicose)	9,05 ± 0,03
Açúcares redutores (% glicose)	4,09 ± 0,01
Açúcares não redutores (% sacarose)	4,95 ± 0,04
Cinzas (%)	0,29 ± 0,03
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,5413 ± 0,0102
Luminosidade (L*)	77,74 ± 0,13
Intensidade de vermelho (+a*)	3,97 ± 0,12
Intensidade de amarelo (+b*)	39,53 ± 0,47

Constata-se que os valores médios dos sólidos totais e da umidade foram próximos ao da polpa da manga Haden integral e que os sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa da manga Haden integral se mantiveram bom próximo ao da espuma, sendo o teor da espuma cerca de 3,95% maior, o que foi considerado baixo, como previsto, devido os aditivos terem baixos valores de °Brix. PINTO et al. (2009) em estudo da caracterização da polpa de jenipapo com aditivos, verificaram que o Emustab possuía baixo teor de sólidos solúveis totais.

Fazendo uma comparação entre a caracterização química, físico-química e física da polpa da manga Haden integral com a polpa adicionada dos aditivos e após 30 minutos de batimento, pode-se perceber que o pH da espuma foi maior que o da polpa, na ordem de 10,54%, mostrando que a incorporação dos aditivos na polpa influenciou o pH, tornando a espuma com característica menos ácida. MELO (2008), trabalhando com polpa do fruto de mandacaru, verificou também que o pH da espuma é maior que o da polpa.; comportamento semelhante também foi observado por PINTO (2009), em estudo da caracterização da espuma de jenipapo com Emustab, obteve valor médio de pH de 3,57 e utilizando a Super Liga Neutra obteve valor médio de 3,60.

Verifica-se que a acidez total titulável se apresentou maior na polpa do que na espuma na ordem de 13,21% em virtude da ausência de ácido cítrico nos aditivos incorporados, resultado que foi observado também por SOARES et al. (2001), na caracterização da espuma da polpa de acerola.

Tem-se que o valor médio do ácido ascórbico na espuma foi maior que o da polpa, na ordem de 177,3%. SILVA et al. (2008), em estudo com polpa de tamarindo, também observaram um aumento de 7,40% de ácido ascórbico na polpa formulada com 5% do composto protéico, à base de albumina, além de diminuição na acidez total titulável, na ordem de 11,39%.

Os açúcares totais presentes na espuma diminuíram na ordem de 19,12% os açúcares redutores tiveram um aumento na ordem de 29,43% e os açúcares redutores não redutores diminuíram na ordem de 35,04%, quando comparados com a polpa da manga Haden integral, indicando que os açúcares existentes nos aditivos eram açúcares redutores. PINTO (2009) em estudo da caracterização da espuma do jenipapo com diferentes aditivos visando a secagem em leito de espuma, também observou um aumento dos açúcares redutores em relação a concentração dos aditivos. Mas se pode observar nos agentes

espumantes (albumina e maltodextrina) mais açúcares redutores em relação à polpa *in natura* (6,46).

Observa-se que o valor das cinzas presentes na espuma foi maior na ordem de 3,57%, quando comparado com o da polpa integral, resultado esperado uma vez que ocorreu adição de material sólido à polpa.

A densidade da espuma foi reduzida em cerca de 48,25%, quando comparada com a densidade da polpa da manga Haden integral, esta diminuição se deve à incorporação do ar, por meio do batimento. O valor da densidade da espuma está dentro dos valores considerados ideais por SOARES et al. (2001) de 0,1 a 0,6 g/cm<sup>3</sup> e também por BATES (1964) de 0,5 g/cm<sup>3</sup>.

Analisando o parâmetro luminosidade (L\*) verifica-se que o mesmo aumentou em relação à polpa integral, em cerca de 90,29%; como a amostra apresentou valor maior para o parâmetro luminosidade (L\*), constata-se um clareamento da amostra, sabendo-se que, quanto mais próximo o valor de L\* de 100 mais clara será a amostra. Este clareamento da espuma se deve a cor clara dos aditivos adicionados à polpa. GURJÃO (2006) observou o mesmo comportamento para a espuma do tamarindo, em que as formulações das espumas tiveram maior valor de L\* que a da polpa de tamarindo.

Os valores da intensidade do vermelho (+a\*) e intensidade do amarelo (+b\*) apresentaram comportamentos semelhantes, além de diminuição nos seus valores, em relação à polpa integral, em cerca de 64,65 e 20,16%, respectivamente. PINTO et al. (2009) também verificaram, em estudo da caracterização da polpa de jenipapo com aditivos, o mesmo comportamento.

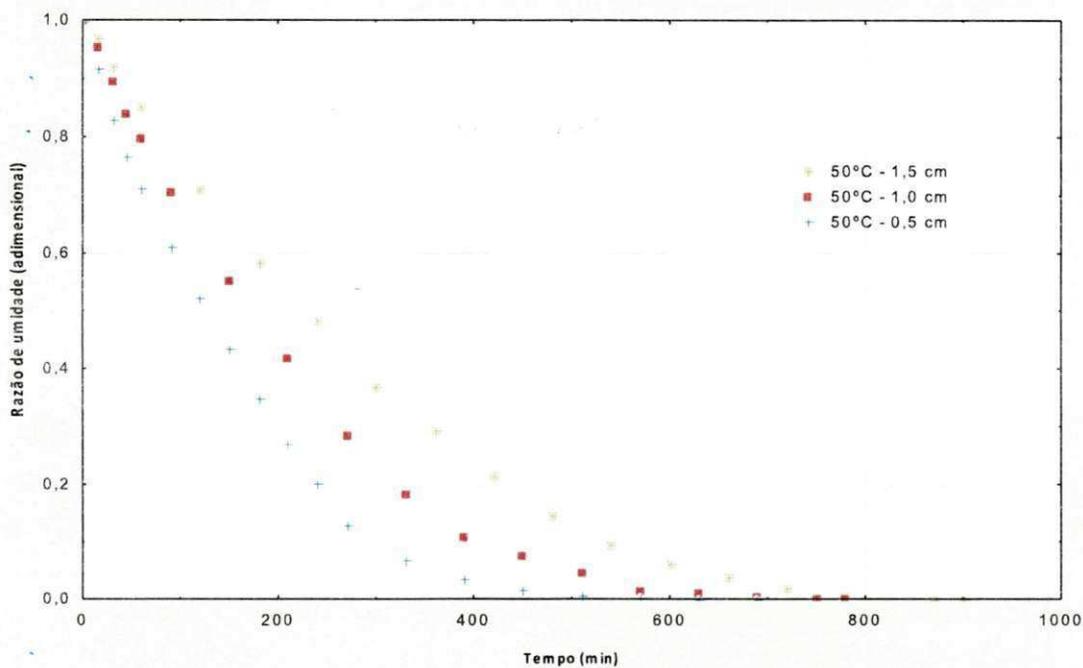
#### 4.5 - Secagem em camada de espuma

##### 4.5.1 - Influência da espessura da camada

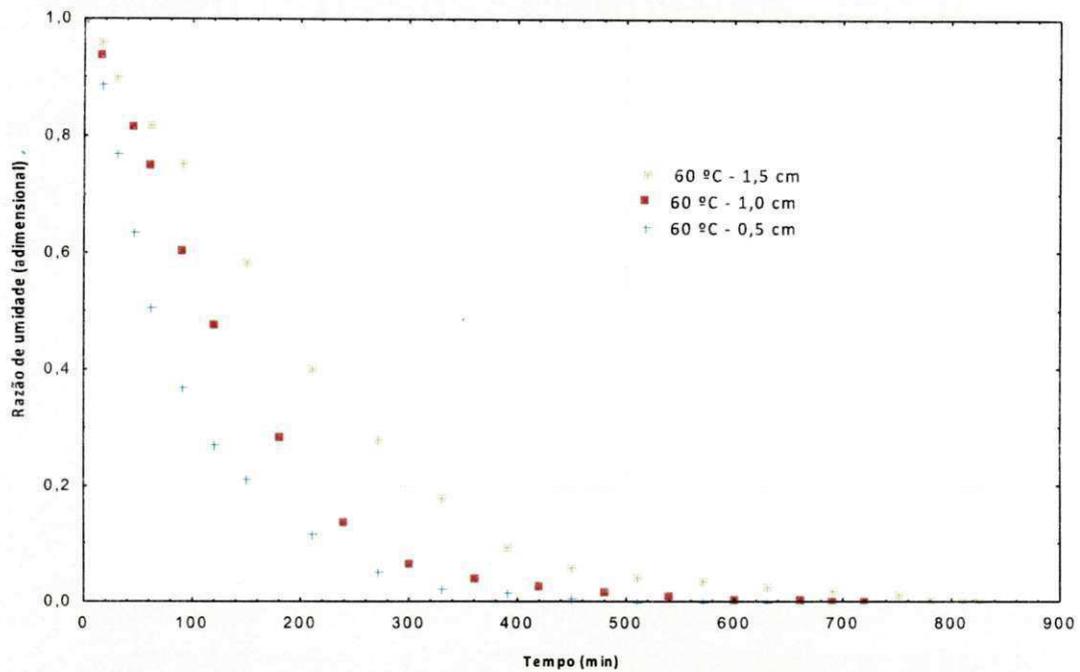
Nas Figuras 4.4 a 4.6 estão representadas as cinéticas de secagem em camada de espuma da polpa da manga Haden, elaborada conforme o Tratamento 5, batida durante 30 minutos, com espessuras da camada de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e temperatura de secagem de 50, 60 e 70 °C, cujos os dados são apresentados na forma de razão de umidade em função do tempo (minutos). Notou-se que a espessura influenciou significativamente em todas as secagens ocorrendo de forma mais rápida nas espessuras menores; na



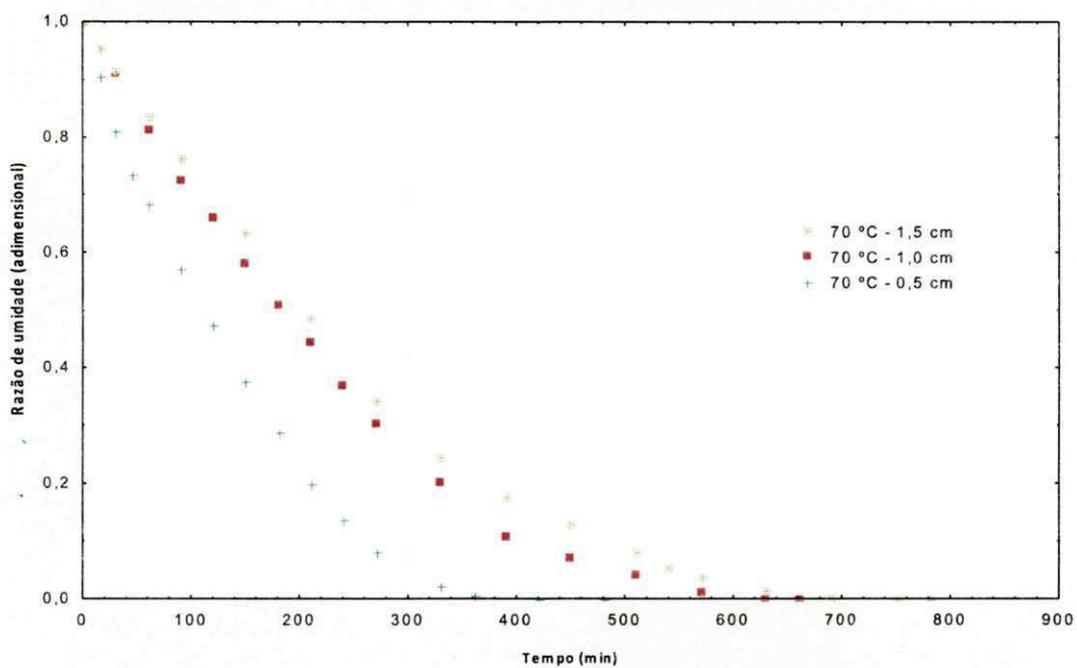
temperatura de 70 °C houve os menores tempos de secagem 8 h; 11 h e 13 h para as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente; na temperatura de 60 °C produziram-se os tempos de secagem intermediários de 10,5 h; 12 h e 13,75 h, para as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente; a temperatura de 50 °C resultou nos maiores tempos de secagem 11,5 h; 13 h e 15 h para as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente. Observa-se que a temperatura de secagem e a espessura da camada de espuma influenciaram no tempo de secagem. RAJKUMAR et al. (2007) obtiveram, ao estudar a cinética de secagem da polpa da manga com aditivos (albumina e metilcelulose), na temperatura de 60 °C e espessuras de 1, 2 e 3 mm, resultados semelhantes.



**Figura 4.4** - Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) a 50 °C, para as diferentes espessuras da camada de espuma



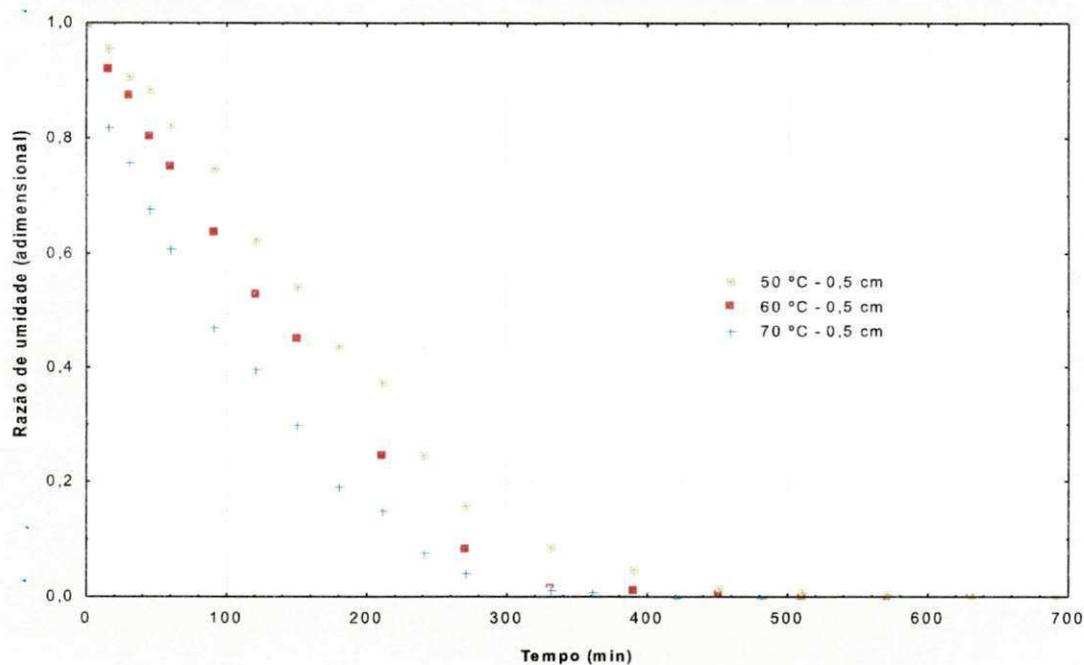
**Figura 4.5** - Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) a 60 °C, para as diferentes espessuras da camada de espuma



**Figura 4.6** - Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) a 70 °C, para as diferentes espessuras da camada de espuma

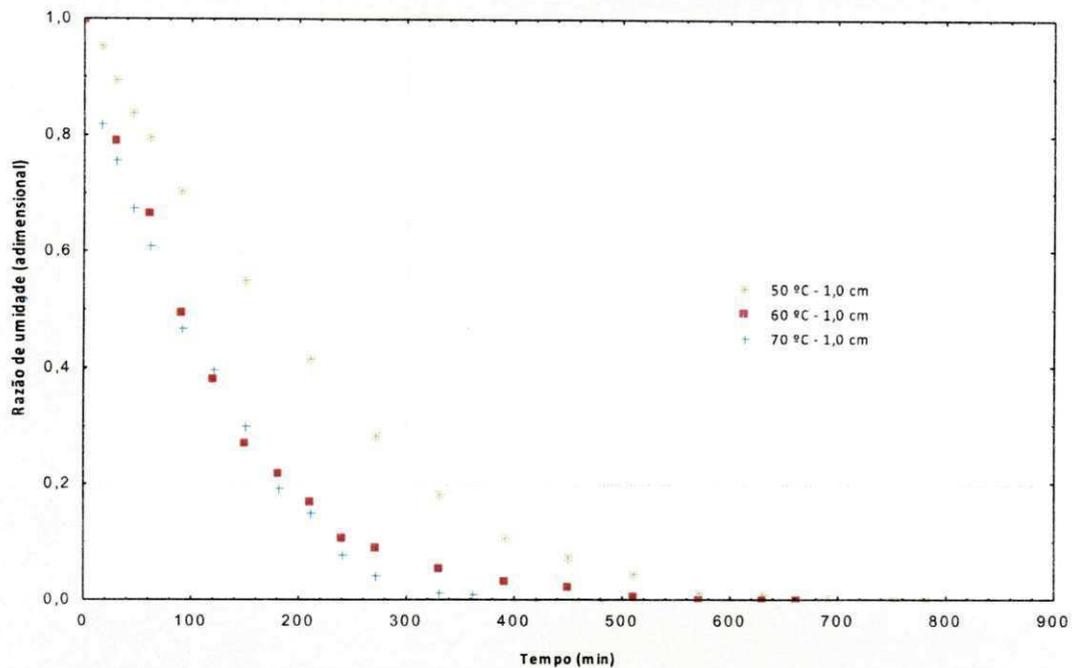
#### 4.5.2 - Influência da temperatura

Nas Figuras 4.7 a 4.9 estão as cinéticas de secagem em camada de espuma da polpa da manga Haden com aditivos (Tratamento 5), nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C, com espessuras da camada de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, na forma de razão de umidade, em função do tempo de secagem em minutos. Verifica-se que a temperatura influenciou as curvas de secagem, que a perda de umidade foi mais rápida no início do processo de secagem e que, quanto maior a temperatura, mais rápida foi a secagem para todas as espessuras da camada de espuma. Na Figura 4.7 Tem-se que, temperatura de 70 °C que a perda de umidade foi maior que a da temperatura de 60 °C, até aproximadamente 400 minutos; a partir daí, a perda de umidade se apresenta semelhante nas duas temperaturas, na espessura de 0,5 cm.



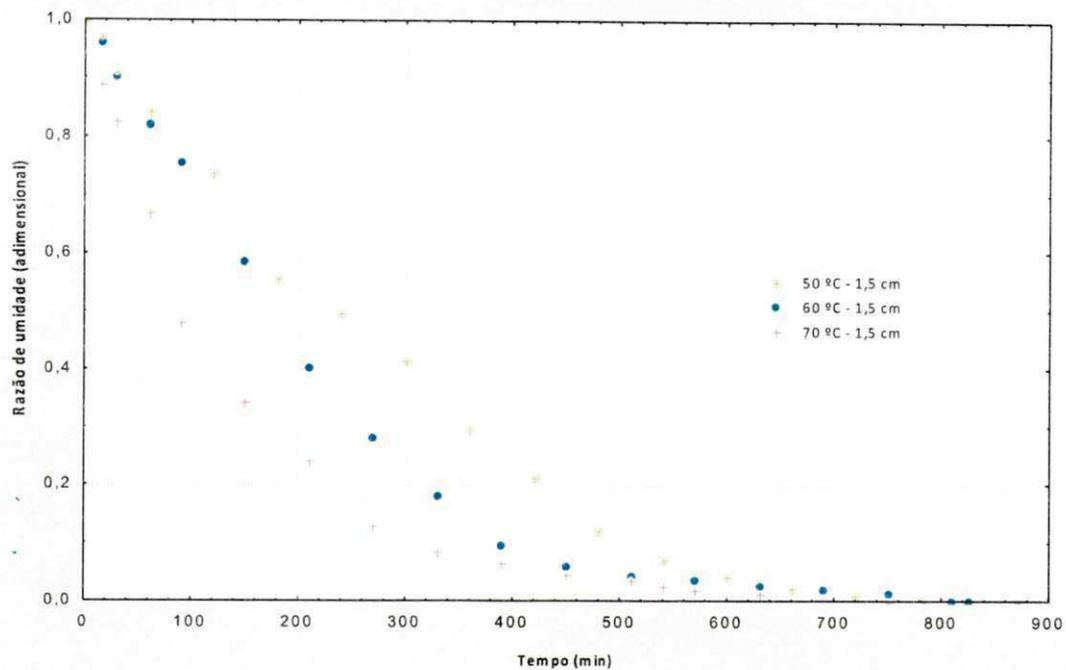
**Figura 4.7** - Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, para as diferentes temperaturas

Nota-se, na Figura 4.8, que a perda de umidade do produto ocorreu muito próximo na temperatura de 70 °C, quando comparado com da temperatura de 60 °C, para a espessura de 1,0 cm.



**Figura 4.8** - Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) com espessura da camada de espuma de 1,0 cm, para as diferentes temperaturas

Verifica-se, na Figura 4.9 e na espessura de 1,5 cm, que a temperatura de 70 °C apresentou a maior perda de umidade no início do processo de secagem até aproximadamente 720 minutos, a partir daí, as temperaturas de 70, 60 e 50 °C passaram a ter uma perda de umidade quase constante, até o término do período de secagem.



**Figura 4.9** - Cinética de secagem da espuma do Tratamento 5 (polpa da manga Haden e aditivos) com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, para as diferentes temperaturas

#### 4.5.3 - Modelos matemáticos

Nas Tabelas 4.6, 4.7 e 4.8 se exibem os parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Logarítmico e Henderson, ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa da manga Haden (Tratamento 5) desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) e espessuras da camada de espuma (0,5, 1,0 e 1,5 cm), os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios quadráticos médios. Verifica-se que os modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Henderson e Logarítmico ajustados às curvas de secagem da formulação com polpa da manga Haden (Tratamento 5) desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) e espessuras da camada de espuma de 0,5 cm, podem ser utilizados para representar o processo de secagem, em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) todos eles superiores a 0,97 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,004. SILVA et al. (2008) obtiveram, estudando a secagem de polpa de tamarindo em camada de espuma, valores de  $R^2$ , para o modelo Henderson & Pabis, iguais a 0,9721, 0,9706 e 0,9736 para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. BABALIS et al. (2006) encontraram, em estudo com secagem de figo nas temperaturas de 55 e 85 °C para o modelo Henderson & Pabis, valores de  $R^2 > 0,99$ .

A Tabela 4.6 indica que, dentre os modelos testados, o Logarítmico, com três parâmetros, foi o que resultou nos melhores ajustes, apresentando os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios, em todas as temperaturas. O segundo melhor modelo foi o de Henderson, com quatro parâmetros. REIS et al. (2011), verificaram, em estudo com secagem da pimenta Cumari do Pará, nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C, que o modelo Logarítmico apresentou altos coeficientes de determinação, todos superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,01. Segundo MOHAPATRA & RAO (2005), valores inferiores a 0,01 de desvios quadráticos médios, são recomendados para a seleção de modelos.

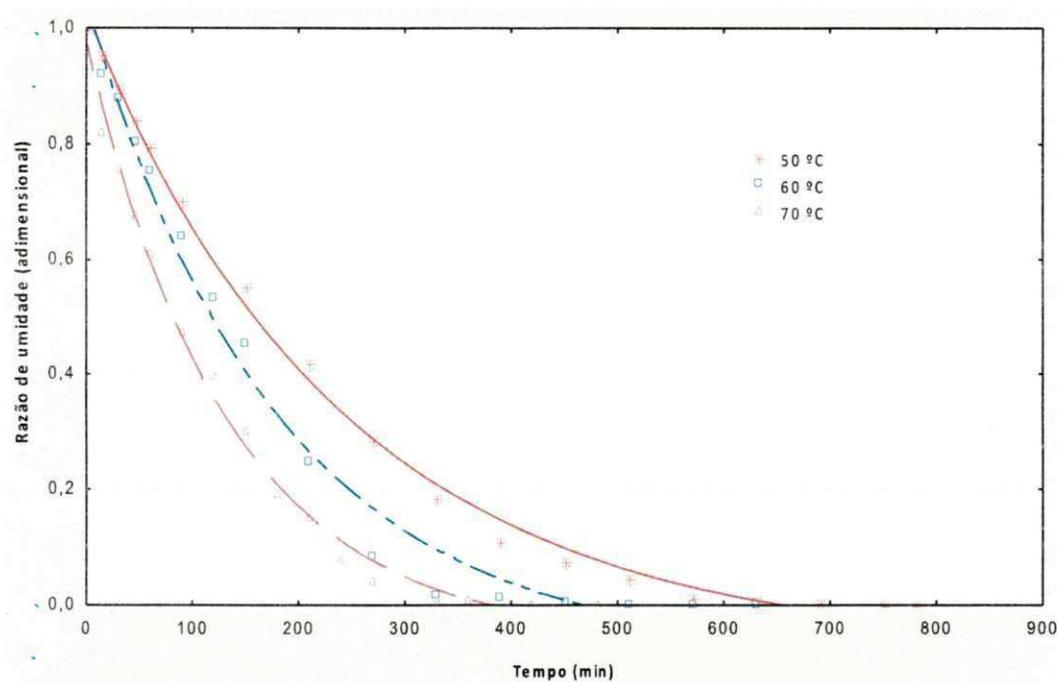
**Tabela 4.6** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa de manga Haden (Tratamento 5), com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		$R^2$	DQM		
		a	K				
Henderson & Pabis	50	1,0912	0,0055	0,9744	0,0035		
	60	1,0622	0,0067	0,9806	0,0026		
	70	0,9927	0,0087	0,9908	0,0009		
Temperatura (°C)		a	c	K	$R^2$	DQM	
Logarítmico	50	1,0984	- 0,072	0,0041	0,9969	0,0004	
	60	1,1239	- 0,081	0,0055	0,9878	0,0016	
	70	1,0331	- 0,057	0,0077	0,9949	0,0005	
Temperatura (°C)		a	b	c	d	$R^2$	DQM
Henderson	50	0,522	0,004	0,52	0,004	0,9920	0,0012
	60	0,531	0,006	0,53	0,006	0,9806	0,0026
	70	0,495	0,008	0,49	0,008	0,9908	0,0009

Foi constatado que o parâmetro K ( $\text{min}^{-1}$ ) do modelo de Henderson & Pabis, aumentou quando a temperatura de secagem aumentou de 50 para 70 °C. Esse

comportamento que se assemelha ao observado por DANTAS (2010), em que os valores deste coeficiente se elevaram com a variação da temperatura de 60 para 70 °C; em estudo com polpa de manga Tommy Atkins. Observa-se ainda que, para o modelo Logarítmico, o valor de  $K$  ( $\text{min}^{-1}$ ) aumentou quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C, comportamento semelhante foi observado por ALEXANDRE (2005) ao estudar a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de pitanga e por SILVA et al. (2008) ao estudarem a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo cujo o parâmetro  $K$  ( $\text{min}^{-1}$ ) aumentou com o aumento da temperatura (50, 60 e 70 °C) utilizando-se o modelo de Henderson & Pabis.

Apresentam-se na Figura 4.10, as cinéticas de secagem da formulação com a polpa da manga Haden (Tratamento 5), com 0,5 cm de espessura da camada de espuma e desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), com ajuste pelo modelo de Logarítmico, considerado o melhor modelo entre os testados. Observa-se que as curvas ajustadas estão muito próximas aos dados experimentais.



**Figura 4.10** - Cinética de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5) com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, nas diferentes temperaturas, com ajuste pelo modelo de Logarítmico

Na Tabela 4.7 se apresentam os valores dos parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Logarítmico e Henderson, ajustados às curvas de secagem da formulação com polpa da manga Haden (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) com 1,0 cm de espessura da camada de espuma, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvios quadráticos médios, em que todos os modelos podem representar o processo de secagem em razão de terem apresentado coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,003.

**Tabela 4.7** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa de manga Haden (Tratamento 5), com espessura da camada de espuma de 1,0 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas

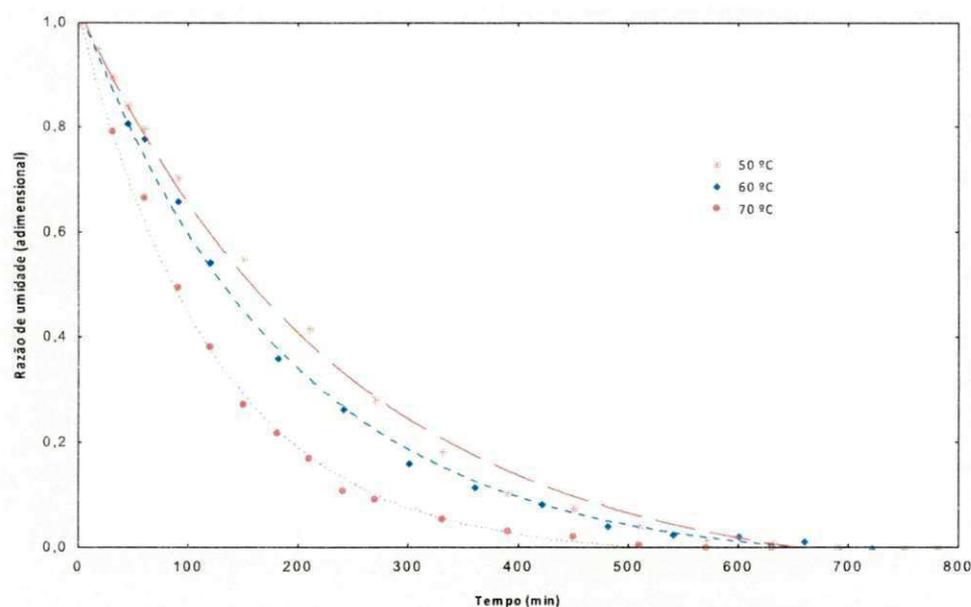
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		$R^2$	DQM		
		a	K				
Henderson & Pabis	50	1,0467	0,0037	0,9809	0,0024		
	60	1,0440	0,0001	0,9961	0,0005		
	70	1,0238	0,0084	0,9967	0,0004		
Temperatura (°C)		a	c	K	$R^2$	DQM	
Logarítmico	50	1,098	-0,072	0,0041	0,9968	0,0004	
	60	1,065	-0,032	0,0052	0,9977	0,0003	
	70	1,033	-0,014	0,0080	0,9973	0,0003	
Temperatura (°C)		a	b	c	d	$R^2$	DQM
Henderson	50	0,53	0,003	0,510	0,003	0,9808	0,0024
	60	0,52	0,005	0,521	0,005	0,9961	0,0004
	70	0,91	0,008	0,113	0,008	0,9967	0,0003

Dentre os modelos testados o Logarítmico foi o que resultou nos melhores ajustes com os maiores coeficientes de determinação  $R^2 > 0,99$ , e os menores desvios quadráticos médios, inferiores a 0,005. Comportamento similar foi encontrado por CABRAL et al.

(2006), em estudo da cinética de secagem da casca de manga Tommy Atkins, ao empregarem modelo Logarítmico, encontrando coeficientes de determinação  $R^2 > 0,99$  nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e desvios quadráticos médios inferiores a 0,0040. Nota-se, no modelo Logarítmico, que o parâmetro K aumentou quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C; resultado este contrário ao encontrado no trabalho de MONZELLE (2009), em estudo de secagem de caldo de cana em camada de espuma, em que o valor de K diminuiu com o aumento da temperatura (50, 60 e 70 °C), utilizando-se o modelo de Logarítmico; comportamento similar foi verificado por FREITAS et al. (2007) ao estudarem a cinética de secagem de manga em fatias, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

O parâmetro *a* dos modelos de Henderson & Pabis e Logarítmico, diminuiu com o aumento da temperatura de secagem, de 50 para 70 °C, comportamento inverso ao apresentado por LIMA et al. (2007), no estudo da cinética de secagem de polpa de facheiro na faixa de temperatura entre 50 e 70 °C.

Na Figura 4.11 se apresentam as cinéticas de secagem da formulação com polpa da manga Haden (Tratamento 5), com 1,0 cm de espessura da camada de espuma e desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), com ajuste pelo modelo de Logarítmico, considerado o melhor modelo entre os testados; verifica-se que as curvas ajustadas ficaram próximas aos dados experimentais.



**Figura 4.11** - Cinética de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5) com espessura da camada de espuma de 1,0 cm, nas diferentes temperaturas com ajuste pelo modelo de Logarítmico

Na Tabela 4.8 se encontram os valores dos parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Logarítmico e Henderson, ajustados às curvas de secagem da formulação com polpa da manga Haden (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), com 1,5 cm de espessura da camada de espuma, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvios quadráticos médios.

**Tabela 4.8** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (QDM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa de manga Haden (Tratamento 5), com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas

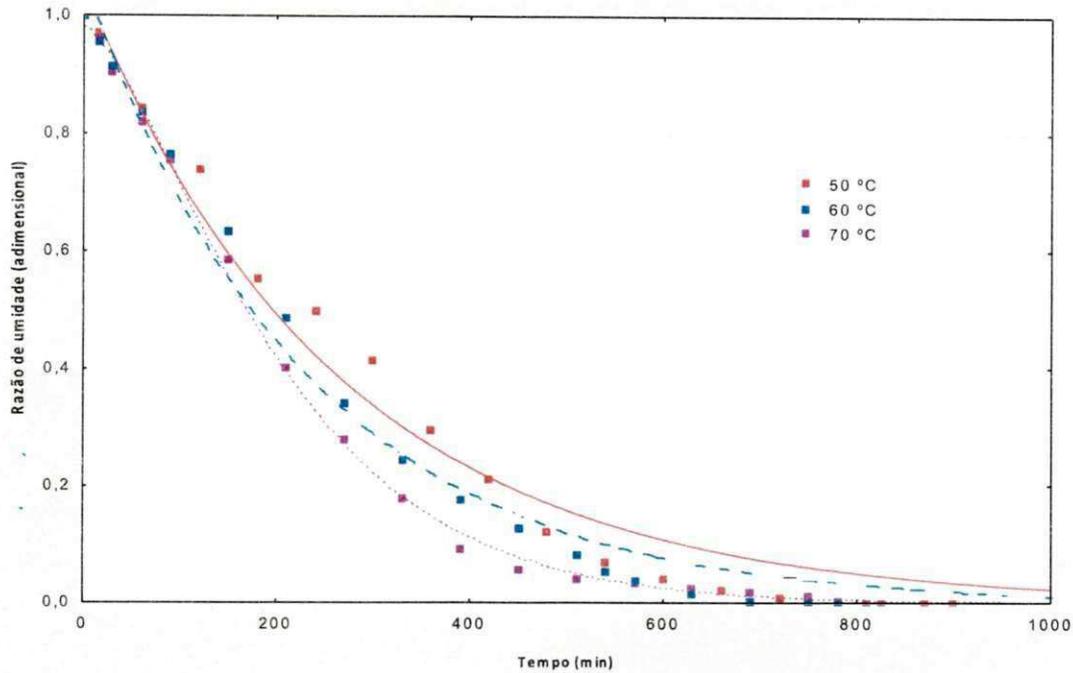
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		$R^2$	DQM		
		a	K				
Henderson & Pabis	50	1,0467	0,0037	0,9903	0,0025		
	60	1,0600	0,0049	0,9942	0,0016		
	70	1,0018	0,0072	0,9991	0,0002		
Temperatura (°C)		a	c	K	$R^2$	DQM	
Logarítmico	50	1,1612	- 0,140	0,0027	0,9928	0,0009	
	60	1,0976	- 0,052	0,0043	0,9923	0,0011	
	70	1,0069	0, 001	0,0072	0,9983	0,0002	
Temperatura (°C)		a	b	c	d	$R^2$	DQM
Henderson	50	0,522	0,003	0,5241	0,003	0,9808	0,0024
	60	-23,9	0,008	24,963	0,008	0,9985	0,0002
	70	0,529	0,008	0,4754	0,006	0,9983	0,0002

Observa-se que todos os modelos podem representar o processo de secagem em razão de terem apresentado coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,003. Verifica-se também que entre os modelos testados o de Logarítmico (50 °C) e o Henderson (60 e 70 °C) foram os que resultaram nos melhores ajustes, com os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios. Comportamento similar foi encontrado por MARQUES (2009) em estudo de

secagem de caldo de cana em leito de espuma, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C encontrando valor de  $R^2 > 0,99$  com o modelo de Henderson. DOYMAZ (2004) em estudo de cinética de secagem de ameixa na temperatura de 50 °C e velocidade de ar de secagem de 1,0 m/s, encontrou  $R^2$  igual a 0,984 e desvio quadrático médio de 0,03435 utilizando o modelo de Henderson & Pabis. MELO (2008), em estudo com polpa do fruto de mandacaru utilizando o modelo de Henderson & Pabis obteve  $R^2$  igual a 0,956 e desvio quadrático médio de 0,0050 na temperatura de 70 °C e, MELO (2008), em estudo com polpa do fruto de mandacaru utilizando o modelo de Henderson & Pabis obteve  $R^2$  igual a 0,956 e desvio quadrático médio de 0,0050 na temperatura de 70 °C.

Observa-se que o parâmetro K dos modelos de Henderson & Pabis e Logarítmico aumentou quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C, comportamento este também observado por ALEXANDRE et al. (2006) ao estudarem a secagem de polpa de pitanga adicionada de agentes emulsificantes, estabilizantes e espessantes, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, para o modelo de Henderson & Pabis.

Na Figura 4.12 se acham as cinéticas de secagem da formulação com polpa da manga Haden (Tratamento 5) com 1,5 cm de espessura da camada de espuma e desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), com ajuste pelo modelo Henderson, que foi o que apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais. Bons ajustes também foram encontrados por REIS et al. (2011) em estudo com secagem da pimenta Cumari do Pará, nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C; os autores obtiveram coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,01 para o modelo Henderson; observa-se que as curvas ajustadas ficaram próximas aos dados experimentais.



**Figura 4.12** - Cinética de secagem da polpa da manga Haden (Tratamento 5) com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, nas diferentes temperaturas, com ajuste pelo modelo de Henderson

#### 4.6 - Caracterização química, física e físico-química da polpa de manga Haden em pó

##### 4.6.1 - Umidade

Encontra-se, na Tabela C.1 (Apêndice C), a análise de variância da umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5) desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Analisando os valores médios da umidade da polpa da manga Haden em pó na Tabela 4.9, nota-se uma tendência de aumento da umidade com o aumento da espessura da camada de espuma, e sua redução com o aumento da temperatura.

Observa-se que houve diferença significativa a 5% de probabilidade quando a temperatura de secagem variou de 50 para 70 °C, nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm. Analisando o comportamento da umidade das amostras em pó, seca com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, nota-se que os valores médios diminuíram na ordem de

22,72% com o aumento da temperatura de 50 °C para 70 °C; nota-se, ainda, que as médias entre 50 e 60 °C foram estatisticamente iguais. Verifica-se que nas espessuras de 1,0 e 1,5 cm, todas as médias foram estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre as três temperaturas de 50, 60 e 70 °C; na espessura de 1,0 cm a redução da umidade na temperatura de 70 °C em relação à de 50 °C, foi de 18,49% e, na espessura de 1,5 cm, de 21,71%.

**Tabela 4.9** - Valores médios da umidade (% b.u.) da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5), em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	7,44±0,03 aC	7,95±0,06 aB	8,89±0,03 aA
60	7,28±0,03 aB	7,58±0,25 bB	7,94±0,09 bA
70	5,75±0,03 bC	6,48±0,16 cB	6,96±0,12 cA

DMS para colunas = 0,31; DMS para linhas = 0,31; MG = 7,35; CV = 2,00%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

A variação da umidade das amostras em pó, seca nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, era provável, já que as secagens foram realizadas até peso constante e não estabelecendo apenas um teor de umidade final.

Analisando o comportamento da umidade com o aumento da espessura da camada de espuma, verifica-se que houve aumento da umidade com o aumento da espessura nas três temperaturas avaliadas; na temperatura de 50 °C este aumento foi de 19,49% na espessura de 1,5 cm em relação à de 0,5 cm; na temperatura de 60 °C foi de 9,07% e, na temperatura de 70 °C foi de 21,04%.

BASTOS et al. (2005) reportaram, em estudo com polpa de manga desidratada em camada de espuma a 70 °C durante 4 horas, umidade de 5,25%, próxima ao do presente trabalho na espessura de 0,5 cm e temperatura de 70 °C.

OLIVEIRA et al. (2006) encontraram, realizando estudos de secagem por aspersão da polpa de pitanga umidades de 8,12 e 7,64% para a polpa de pitanga em pó; valores esses próximos aos encontrados para a polpa de manga Haden em pó secada nas temperaturas de 50 e 60 °C. NOGUEIRA (1991) encontrou no pó de acerola liofilizada, um teor de

umidade de 8%, também próximo ao encontrado para a polpa de manga Haden em pó secada principalmente nas temperaturas de 50 e 60 °C com espessuras de 1,0 e 1,5 cm.

Segundo AGUERRE & GASPARINO FILHO (2002) a remoção da água ocorre por vaporização térmica, com o auxílio de ar aquecido, que flui pela superfície; esta vaporização térmica se processa numa temperatura inferior à de ebulição da água e depende de vários fatores, principalmente do ar de secagem e da temperatura. A redução da umidade ocorrida com o aumento da temperatura de secagem e devida, provavelmente, ao aumento da evaporação da água com o aumento da temperatura. Com relação ao aumento da umidade com o aumento da espessura da camada de espuma, este resultado era previsto uma vez que o material desidratado com maior espessura apresenta maior dificuldade para a água ser evaporada, em razão da menor transferência de calor e massa, o que torna maior a evaporação com camadas menores.

#### 4.6.2 - pH

Analisando os resultados dos valores médios do pH da polpa da manga Haden em pó, seca na temperatura de 50 °C, constata-se que o pH difere nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm.

Observando a influência da espessura da camada de espuma sobre o pH das amostras em pó tem-se, na temperatura de secagem de 50 °C com 0,5 cm de espessura verifica-se o menor valor médio de pH quando comparado como as demais espessuras.

**Tabela 4.10** - Valores médios de pH da polpa de manga Haden em pó em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	4,03±0,00	4,17±0,00	4,19±0,00
60	4,27±0,00	4,17±0,00	4,22±0,00
70	4,22±0,00	4,21±0,00	4,21±0,00

Na temperatura de 60 °C o pH difere nas três espessuras porém a espessura da camada de espuma de 0,5 cm apresentou o maior valor quando comparada com a espessura de 1,0 e 1,5 cm; nas temperaturas de 60 e 70 °C nota-se, com o aumento da espessura de

0,5 para 1,5 cm, que os valores do pH diminuíram, enquanto na temperatura de 70 °C o pH foi igual nas espessuras de 1,0 e 1,5 cm, mas de forma geral houve um declínio no pH com o aumento da espessura da camada de espuma. BASTOS et al. (2005) verificaram, em estudo realizado com secagem de polpa de manga por camada de espuma, comportamento semelhante nas temperaturas de 70 e 85 °C, ou seja, declínio do pH com aumento da espessura.

De forma geral, foi notório a tendência de aumento do pH com o aumento da temperatura de secagem.

Nota-se que, quando a temperatura de secagem aumentou de 50 para 70 °C houve um aumento do pH na ordem de 4,71; 0,96 e 0,48%, nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente. Observa-se que o pH da polpa da manga Haden em pó na temperatura de 70 °C, foi menor que o valor encontrado por BASTOS et al. (2005), em estudo realizado com secagem de polpa de manga em camada de espuma, obtendo-se um valor médio de pH em torno 4,58, na mesma temperatura de secagem e espessura de 0,5 cm.

MEDEIROS (2007) verificaram, ao determinarem o pH da mangaba em pó obtido pelo método de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, que ele foi, em média, de 3,2 unidades de pH, sendo inferior ao da polpa de manga Haden em pó; já SOARES et al. (2001) também encontraram valor médio inferior de pH (3,22) para o pó de acerola, obtido pelo método de secagem em camada de espuma, a 70 °C.

Para produtos industrializados de frutas é interessante que o pH seja inferior a 4,3 haja que confere maior resistência aos micro-organismos patogênicos. Segundo GAVA (1998), durante a maturação dos frutos de manga há um crescimento do seu pH; com isto dependendo do estágio de maturação usado para o preparo da polpa em pó, tem-se um valor maior ou menor do pH.

Fazendo-se uma comparação do pH da polpa integral com o pH da polpa da manga Haden em pó, tem-se que o pH aumentou na ordem de 21,65%, quando comparado com o pH da amostra seca, na temperatura de 60 °C, com 0,5 cm de espessura, isto é, o maior valor de pH encontrado no pó porém ainda abaixo do valor que delimita o desenvolvimento de grande parte dos micro-organismos.

#### **4.6.3 - Sólidos solúveis totais (°Brix)**

Apresentam-se, na Tabela 4.11, os valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5); nota-se um aumento nos sólidos

solúveis totais (°Brix) quando a temperatura de secagem variou de 50 para 70 °C na espessura de 0,5 cm; nas espessuras de 1,0 e 1,5 cm não houve aumento dos sólidos solúveis totais com o aumento da temperatura de secagem de 50 para 70 °C.

**Tabela 4.11** - Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	75,00±0,00	80,00±0,00	80,00±0,00
60	75,00±0,00	75,00±0,00	75,00±0,00
70	85,00±0,00	80,00±0,00	80,00±0,00

Verifica-se, na temperatura de secagem de 60 °C, que os valores médios dos sólidos solúveis totais permaneceram os mesmos nas espessuras 0,5; 1,0 e 1,5 cm, e que, na temperatura de 70 °C que os sólidos solúveis totais variaram de 85,00 a 80,00 °Brix. SOARES et al. (2001) obtiveram, em estudos realizados com polpa de acerola desidratada por camada de espuma na temperatura de 70 °C, valor médio de 62,30 °Brix, inferior ao da polpa de manga Haden em pó.

Verifica-se que houve grande concentração dos sólidos solúveis totais da polpa de manga Haden em pó quando comparado com o da polpa da manga Haden integral, na ordem de 420 e 489%, quando a temperatura variou de 50 para 70 °C, respectivamente, na espessura de 0,5 cm. Comportamento similar também foi encontrado por DANTAS (2010) trabalhando com secagem em camada de espuma da polpa de manga Tommy Atkins nas temperaturas de secagem de 60 e 70 °C, na espessura de 0,5 cm, em que o autor, encontrou valores médios de sólidos solúveis totais nas amostras em pó de 84,96 e 78,74 °Brix, respectivamente; referidos valores foram próximos aos determinados para a polpa de manga Haden em pó.

Fazendo uma comparação da polpa integral com a polpa em pó, verifica-se que houve uma grande concentração de sólidos solúveis totais, em virtude, provavelmente, da perda parcial da água; comportamento semelhante foi observado por ALMEIDA et al. (2009) no teor de sólidos solúveis totais, nas variedades de manga Tommy Atkins e Rosa, em estudo com polpa de manga liofilizada; comportamento inferior foi determinado por BRANDRÃO et al. (2003) pesquisando pedaço de polpa de manga em imersão em xarope

com 45 e 55 °Brix, em seguida seca em secador solar, eles encontraram teor médio de sólidos solúveis totais de 66,86 e 74 °Brix, respectivamente.

#### 4.6.4 - Ácido ascórbico

Observa-se, na Tabela C.2 (Apêndice C), a análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para a fonte de variação temperatura de secagem e para a interação entre os dois fatores porém não houve efeito significativo a 1% de probabilidade para a fonte de variação espessura da camada de espuma.

Na Tabela 4.12 se encontram os resultados médios do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma. Observa-se que os valores do ácido ascórbico das amostras em pó foram superiores ao da polpa da manga Haden integral e ao da espuma (Tratamento 5) após 30 minutos de batimento; este comportamento era esperado em razão do processo de secagem em camada de espuma evaporar parte da água da amostra aumentando, conseqüentemente, a concentração de ácido ascórbico.

**Tabela 4.12** - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	27,13±0,81 aAB	25,23±1,27 aB	27,73±1,45 aA
60	27,00±1,14 aA	25,13±1,89 aB	22,17±0,58 bC
70	20,70±0,66 bB	22,33±0,96 bAB	23,77±1,25 bA

DMS para colunas = 2,45; DMS para linhas = 2,45 ; MG = 24,72; CV = 4,76%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Nota-se que, quando a temperatura de secagem variou de 50 para 70 °C, os valores do ácido ascórbico diminuíram na ordem de 23,70; 11,49 e 14,28% nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente. Os menores valores médios do ácido ascórbico na

temperatura de 70 °C, se devem provavelmente, ao efeito do calor na degradação da vitamina C. A vitamina C é, provavelmente, a mais sensível de todas as vitaminas contidas nos alimentos, sendo rapidamente destruída durante a desidratação a altas temperaturas (ALVES, 2003). Nota-se que na temperatura de 70 °C o ácido ascórbico variou de 20,70 a 23,77 (mg/100 g) quando a espessura variou de 0,5 para 1,5 cm, valores esses superiores aos detectados por SOARES et al. (2001), em estudos realizados com acerola em pó seca pelo método de secagem em camada de espuma na temperatura de 70 °C, quando apresentaram, em média, 15,16% de ácido ascórbico. Segundo SINGH & LUND (1984), entre os fatores que influenciam a degradação da vitamina C, se encontram a temperatura de secagem, a atividade de água, o pH, a presença de oxigênio e de íons metálicos. RAJKUMAR et al. (2007) encontraram, estudando a secagem de polpa de manga em camada de espuma na temperatura de 60 °C, com 1, 2 e 3 mm de espessura, o teor de ácido ascórbico de 23,11%, resultado semelhante ao verificado nesta pesquisa.

Observando a influência da espessura da camada de espuma, verifica-se que quando a espessura variou de 0,5 para 1,0 cm, os valores do ácido ascórbico permaneceram estatisticamente iguais, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, nas temperaturas de secagem de 50 e 70 °C; na temperatura de 60 °C houve redução do ácido ascórbico com o aumento da espessura da camada de espuma.

#### 4.6.5 - Acidez total titulável

Observa-se, na Tabela C.3 (Apêndice C), a análise de variância da acidez total (% ac. cítrico) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessura da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.13 se apresentam os resultados médios da acidez total titulável (% ac. cítrico) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma; observa-se que o valor médio da acidez total diminuiu na ordem de 12,54% com o aumento da temperatura de secagem de 50 para 70 °C, na espessura de 0,5 cm; nota-se, na espessura de 1,0 cm, que as médias da acidez total titulável foram estatisticamente iguais, de acordo com o teste de Tukey a

5% de probabilidade, entre todas as temperaturas. A acidez aumentou quando a temperatura variou de 50 para 70 °C na espessura de 1,5 cm, na ordem de 12,05%. SILVA et al. (2008), também observaram, em estudo de desidratação com polpa de tamarindo pelo método de secagem por camada de espuma, uma diminuição da acidez total titulável com o aumento da temperatura de 50 para 70 °C, na espessura de 0,5 cm.

**Tabela 4.13** - Valores médios da acidez total titulável (% ac. cítrico) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	2,79±0,02 aA	2,69±0,00 aA	2,24±0,05 bB
60	2,17±0,00 cC	2,68±0,15 aA	2,34±0,05 bB
70	2,44±0,04 bB	2,58±0,00 aA	2,51±0,00 aAB

DMS para colunas = 0,12; DMS para linhas = 0,12; MG = 2,49; CV = 2,29%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

BASTOS et al. (2005) verificaram, em estudos com polpas de manga Tommy Atkins desidratadas a 70 e 85 °C, diminuição da acidez total em função do aumento da temperatura de 4,38 a 3,59% ac. Cítrico; esta redução da acidez com o aumento da temperatura de secagem de 50 para 70 °C foi inversa à do pH, corroborando os resultados. Comportamento semelhante foi observado por MEDEIROS (2007) que encontrou redução da acidez com o aumento da temperatura de 6,65% (50 °C), 6,58% (60 °C) e 6,48% (70 °C) para mangaba em pó.

Verifica-se, na temperatura de 50 °C que, quando a espessura da camada de espuma variou de 0,5 para 1,5 cm, os valores médios da acidez total titulável diminuíram na ordem de 19,71%; nota-se também que a menor oxidação dos ácidos orgânicos se deu na amostra seca na temperatura de 50 °C, com 0,5 cm de espessura, e a maior oxidação ocorreu na amostra seca na temperatura de 60 °C, com 0,5 cm de espessura.

A acidez total titulável variou de 2,17 a 2,79% ac. cítrico, valores esses próximos ao encontrado por AGRA (2006) em manga Haden em passa, ou seja, valor médio de 2,33% ac. cítrico na amostra secada na temperatura de secagem de 55 °C.

#### 4.6.6 - Açúcares redutores

Observa-se, na Tabela C.4 (Apêndice C), a análise de variância dos açúcares redutores (% glicose) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessura da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Verificam-se, na Tabela 4.14, os valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma. Tem-se que ocorreu, com o aumento da temperatura de secagem, uma redução significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, nos valores dos açúcares redutores; tais decréscimos dos açúcares, quando a temperatura variou de 50 para 70 °C, nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, foram na ordem de 10,99; 15,35 e 11,38%, respectivamente.

**Tabela 4.14** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	16,65±0,00 aB	16,61±0,11 aB	19,69±0,11 aA
60	16,44±0,11 bB	15,67±0,14 bC	17,46±0,08 bA
70	14,82±0,04 cB	14,06±0,06 cC	17,45±0,03 bA

DMS para colunas = 0,17; DMS para linhas = 0,17; MG = 16,54; CV = 0,49%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Os açúcares redutores variaram de 14,06 a 19,69% glicose, sendo seus valores próximos ao encontrado por MARTIN (2006) em estudo com desidratação de polpa da manga Tommy Atkins, na temperatura de 60 °C, ao relatar valor médio de 17,85% de glicose. BASTOS et al. (2005) verificaram, em estudos com polpa de manga Tommy Atkins desidratada a 70 e 85 °C valores de açúcares redutores de 5,34 e 5,39% de glicose, respectivamente, sendo inferiores portanto, ao da polpa da manga Haden em pó. Fazendo

uma comparação com o valor encontrado pelos autores citados, a 70 °C com o resultado dos açúcares redutores da polpa de manga Haden em pó desidratada na temperatura de 70 °C com 0,5 cm de espessura, percebe-se que o valor encontrado nesta pesquisa foi superior para os açúcares redutores na ordem de 63,97%; valor superior foi obtido por SOARES et al. (2001) em estudo com polpa de acerola desidratada pelo método de secagem por camada de espuma, onde os autores encontraram um teor de açúcares redutores de 43,22% glicose.

Nota-se, na temperatura de 50 °C que, quando a espessura da camada de espuma variou de 0,5 para 1,5 cm, os valores médios dos açúcares redutores aumentaram na ordem de 18,26% e, quando a espessura da camada de espuma variou de 0,5 para 1,0 cm as médias permaneceram estatisticamente iguais, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando a temperatura variou de 60 para 70 °C, as médias das amostras permaneceram estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade nas espessuras de 0,5 e 1,0 cm e estatisticamente igual na espessura de 1,5 cm.

Quando a espessura da camada de espuma variou de 0,5 para 1,5 cm, percebeu-se um pequeno aumento dos açúcares redutores, na ordem de 18,26; 6,20 e 17,75%, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

#### **4.6.7 - Luminosidade (L\*)**

Observa-se, na Tabela C.5 (Apêndice C), a análise de variância da luminosidade (L\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação espessura da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores, e não significativa pelo teste F, para a fonte de variação temperatura de secagem.

Apresentam-se, na Tabela 4.15, os valores médios da luminosidade (L\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma.

**Tabela 4.15** - Valores médios da luminosidade ( $L^*$ ) da polpa de manga Haden em pó em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de Secagem (°C)	Espessura da Camada de Espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	58,99±0,00 aA	54,23±0,01 cB	52,88±0,00 bC
60	56,50±0,01 bA	56,87±0,00 bA	54,59±0,00 aB
70	55,30±0,00 cB	58,06±0,00 aA	53,92±0,01 abC

DMS para colunas = 1,12; DMS para linhas = 1,12; MG = 55,70; CV = 0,96%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Nota-se que o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) diminuiu após a secagem em camada de espuma, quando comparado com o da espuma (77,75), indicando escurecimento da amostra com o processo de secagem. Comportamento semelhante foi detectado por LISBOA (2010) em estudo com figo-da-índia em pó, armazenado na temperatura de 40 °C e umidade relativa de 55%, ao verificar que a luminosidade da espuma foi de 77,67 e diminuindo após o período de secagem, para 64,11.

Com o aumento da temperatura de secagem de 50 para 70 °C, as amostras se comportaram estatisticamente diferentes nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm.

Verifica-se, na espessura de 0,5 cm, com o aumento da temperatura de secagem diminuição nos valores médios da luminosidade, indicando que a amostra sofreu alteração durante a secagem; tal diminuição, quando a temperatura variou de 50 para 70 °C, foi na ordem de 6,26%, ou seja, a amostra tornou-se mais escura com o aumento da temperatura; comportamento semelhante ao observado por MELO (2008), em estudo de secagem de polpa de mandacaru pelo método de secagem em camada de espuma, que também notou diminuição da luminosidade com o aumento da temperatura de 50 para 70 °C, na espessura de 0,5 cm.

Nota-se que, quando a temperatura de secagem variou de 50 para 70 °C houve um aumento da luminosidade na ordem de 7,06 e 1,97% nas espessuras de 1,0 e 1,5 cm, respectivamente; comportamento inverso ao observado por KARIN & WAI (1999), ao avaliarem a cor da carambola em pó desidratada pelo método de secagem em camada de espuma, com espessuras de 1,0 e 1,5 cm em que, com o aumento da temperatura de 70 para 90 °C, as amostras se tornaram mais escuras com o aumento da concentração dos aditivos.

SILVA (2008) observou em estudo com polpa de tamarindo em pó secado nas temperaturas entre 50 e 70 °C, um aumento da luminosidade, em termos percentuais de 2,38%.

#### 4.6.8 - Intensidade do vermelho (+a\*)

Observa-se, na Tabela C.6 (Apêndice C), a análise de variância da intensidade do vermelho (+a\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessura da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Tem-se, na Tabela 4.16, os valores médios da intensidade do vermelho (+a\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma. Fazendo uma comparação da intensidade do vermelho (+a\*) da polpa da manga Haden integral com a polpa em pó, verifica-se que houve diminuição da cor vermelha (diminuição de +a\*) nas amostras em pó. MARQUES (2008) verificou, analisando os dados obtidos para a goiaba liofilizada, perda da cor vermelha (+a\*) de 36,9% em relação ao valor inicial da goiaba in natura.

**Tabela 4.16** - Valores médios da intensidade do vermelho (+a\*) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	7,51±0,00 cB	8,75±0,00 bA	8,93±0,00 bA
60	8,43±0,01 bA	8,46±0,00 bA	8,44±0,00 bA
70	10,04±0,00 aA	9,98±0,00 aA	10,18±0,00 aA

DMS para colunas = 0,67; DMS para linhas = 0,67; MG = 8,97; CV = 3,59%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Nota-se que, com o aumento da temperatura de secagem ocorreu aumento nos valores médios da intensidade do vermelho e se observa que, quando a temperatura de

secagem variou de 50 para 70 °C nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, ocorreu um aumento da intensidade do vermelho (+a\*) na ordem de 33,69; 14,06 e 13,99%, respectivamente, significando que houve tendência de escurecimento da amostra com o aumento da temperatura. SOARES et al. (2001) justificaram e correlacionaram o aumento da taxa de escurecimento ao decréscimo do teor de ácido ascórbico consequência, sem dúvida, do processo de degradação oxidativa caracterizado como escurecimento não enzimático. Comportamento semelhante também foi observado por LIMA et al. (1995) em pó de acerola obtido em leito de jorro, que também indicaram tendência ao escurecimento quando submetido a temperatura do ar de secagem acima de 50 °C.

Observando influência da espessura da camada de espuma sobre a intensidade do vermelho (+a\*) verifica-se, nas temperaturas de 60 e 70 °C, que os valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) foram estatisticamente iguais, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade entre as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm; na temperatura de 50 °C apenas a média na espessura de 0,5 cm foi estatisticamente diferente das espessuras de 1,0 e 1,5 cm.

#### 4.6.9 - Intensidade do amarelo (+b\*)

Na Tabela C.7 (Apêndice C) tem-se a análise de variância da intensidade do amarelo (+b\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para a fonte de variação temperatura de secagem e para a interação entre os dois fatores porém apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F, para a fonte de variação espessura da camada de espuma.

Observam-se, na Tabela 4.17, os valores médios da intensidade do amarelo (+b\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma. Verifica-se que, com o aumento da temperatura de secagem ocorreu aumento nos valores médios da intensidade do amarelo (+b\*), comportamento também verificado por QUEK et al. (2007) ao estudarem a influência da temperatura do ar de secagem em polpa de melancia nas temperaturas de (145, 155, 165 e 175 °C) que observaram, com o aumento da temperatura haver tendência de aumento da intensidade do amarelo. Quando a temperatura de secagem aumentou de 50

para 70 °C percebeu-se aumento da intensidade do amarelo (+b\*) na ordem de 14,26; 2,35 e 0,65%, nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente.

**Tabela 4.17** - Valores médios da intensidade do amarelo (+b\*) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	37,16±0,00 cB	40,73±0,00 abA	41,42±0,00 aA
60	39,96±0,00 bA	40,18±0,00 bA	38,56±0,00 bB
70	42,46±0,00 aA	41,69±0,00 aA	41,69±0,00 aA

DMS para colunas = 1,33; DMS para linhas = 1,33; MG = 40,43; CV = 1,58%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Nota-se, na temperatura de 70 °C, que os valores médios da intensidade do amarelo (+b\*) foram estatisticamente iguais entre as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com base na influência da espessura da camada de espuma sobre a intensidade de amarelo (+b\*) das amostras em pó, observou-se, na temperatura de 50 °C, uma tendência de aumento de +b\* com o aumento da espessura e, na temperatura de 70 °C, a tendência foi de redução.

#### 4.6.10 - Atividade de água

Observa-se, na Tabela C.8 (Apêndice C), a análise de variância da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessura da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Apresentam-se, na Tabela 4.18, os valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma. Nota-se que, com o aumento da temperatura de secagem

houve diminuição nos valores médios da atividade de água, indicando que houve uma perda de água maior durante a secagem.

Quanto à atividade de água (25 °C) das nove amostras, verificou-se grande diferença quando comparada com da polpa da manga Haden integral, que foi de 0,992; na temperatura de 70 °C com espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm foi a que obteve a maior diferença, quando comparada com a atividade de água da polpa integral, na ordem de 78,02; 78,43 e 79,54%, respectivamente. AGRA (2006), obteve, em estudo com polpa da manga Haden liofilizada resultado de atividade de água superior (0,335) ao encontrado nesta pesquisa. Observa-se que, quando a temperatura de secagem aumentou de 50 para 70 °C com espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, deu-se diminuição da atividade de água na ordem de 21,01; 12,29 e 4,69%, respectivamente. DANTAS (2010), verificou, em estudo de secagem por camada de espuma em polpa de manga em pó, nas temperaturas de secagem de 60 e 70 °C, com espessura de 0,5 cm, uma redução da atividade de água na ordem de 4,35%.

**Tabela 4.18** - Valores médios da atividade de água da manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	0,276±0,000 aA	0,244±0,000 aB	0,213±0,000 aC
60	0,232±0,000 bA	0,224±0,000 bB	0,217±0,000 aC
70	0,218±0,000 cA	0,214±0,000 cA	0,203±0,000 bB

DMS para colunas = 0,005; DMS para linhas = 0,005; MG = 0,23; CV = 0,99%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Com relação ao efeito do aumento da espessura da camada de espuma verificou-se tendência de redução com o aumento da espessura em todas as temperaturas de secagem.

Os valores de atividade de água nos pós de manga apresentaram-se bem abaixo do indicado para frutas secas, que varia entre 0,51 a 0,89, de acordo com FRANCO et al. (2005); em geral, alimentos com atividade de água menor de 0,6, são considerados

microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de micro-organismos (QUEK et al., 2007).

#### 4.6.11 - Solubilidade

Na Tabela C.9 (Apêndice C) tem-se a análise de variância da solubilidade (min) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessuras da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Verifica-se, na Tabela 4.19, que os resultados dos valores médios da solubilidade da polpa da manga Haden em pó diminuíram estatisticamente com o aumento da temperatura de secagem nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm; quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C a solubilidade foi reduzida em 33,28; 36,23 e 35,89% nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente.

**Tabela 4.19** - Valores médios de solubilidade (min) da polpa da manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	6,31±0,07 aA	6,32±0,02 aA	6,27±0,06 aA
60	5,00±0,01 bA	4,35±0,02 bB	4,28±0,02 bB
70	4,21±0,04 cA	4,03±0,01 cB	4,02±0,03 cB

DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,07; MG = 4,98; CV = 0,70%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV = Coeficiente de variação

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

Na temperatura de 50 °C as médias das amostras permaneceram estatisticamente iguais entre as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm; nas temperaturas de 60 e 70 °C houve tendência de redução da solubilidade como aumento da espessura, com as médias estatisticamente iguais entre as espessuras de 1,0 e 1,5 cm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade nestas temperaturas.

O tempo requerido em minutos para o material ser dissolvido completamente, variou de 4,02 a 6,32 minutos; comportamento este similar ao determinado por SOUZA (2009), em estudo de secagem convencional de misturas de polpa de frutas (manga, seriguela e umbu), que encontrou o tempo de dissolução de 5 minutos.

#### 4.6.12 - Ângulo de repouso

Tem-se, na Tabela 4.20, os valores médios dos ângulos de repouso ( $^{\circ}$ ) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5); verifica-se, na determinação do ângulo de repouso, que quando a temperatura de secagem aumentou, ocorreu aumento também dos ângulos de repouso; observa-se que quando a temperatura de secagem variou de 50 para 70  $^{\circ}\text{C}$  houve um aumento do ângulo de repouso na ordem de 17,5%, nas três espessuras da camada de espuma, 0,5; 1,0 e 1,5 cm; nota-se que na temperatura de 70  $^{\circ}\text{C}$  se obteve o maior ângulo de repouso 47 $^{\circ}$ , nas três espessuras da camada de espuma 0,5; 1,0 e 1,5 cm; comportamento semelhante foi detectado por GOMES (2002), em estudo com polpa de acerola em pó, que obteve o maior ângulo de repouso com valor médio de 47,22 $^{\circ}$ . LIMA (2006), em estudo com farinha de facheiro obtida na temperatura de 60  $^{\circ}\text{C}$ , encontrou valores inferiores de 36,68 $^{\circ}$ ; 36,70 $^{\circ}$  e 36,79 $^{\circ}$ , respectivamente. De acordo com a descrição de BHANDARI et al. (1998), os pós que apresentam ângulos de repouso menores que 45 $^{\circ}$  têm a capacidade de escoamento livre enquanto ângulos acima de 50 $^{\circ}$  sugerem coesividade ou problema de escoamento. MOREIRA (2007), em estudo de resíduo de acerola, encontrou valores médios de ângulo de repouso que variaram entre 40,19 $^{\circ}$  e 52,27 $^{\circ}$ , resultados coerentes com os encontrados nesta pesquisa.

**Tabela 4.20** - Valores médios do ângulo de repouso ( $^{\circ}$ ) da polpa da manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem ( $^{\circ}\text{C}$ )	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	40,00 $\pm$ 0,00	40,00 $\pm$ 0,00	40,00 $\pm$ 0,00
60	43,00 $\pm$ 0,00	43,00 $\pm$ 0,00	43,00 $\pm$ 0,00
70	47,00 $\pm$ 0,00	47,00 $\pm$ 0,00	47,00 $\pm$ 0,00

#### 4.6.13 - Rendimento

Observa-se, na Tabela C.10 (Apêndice C), a análise de rendimento (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessura da camada de espuma, porém não houve efeito significativo a 1% de probabilidade para a interação entre os dois fatores.

Analisando na Tabela 4.21, os resultados dos valores médios do rendimento da polpa da manga Haden em pó, verificou-se que na temperatura de 60 °C todas as médias diferem estatisticamente entre as espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade; nas temperaturas de 50 e 70 °C notou-se tendência de aumento do rendimento com o aumento da espessura da camada de espuma.

**Tabela 4.21** - Valores médios do rendimento (%) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	17,08±0,32 bB	18,32±1,17 abA	18,73±0,53 bA
60	17,36±0,20 bC	18,14±1,08 bB	18,95±0,15 abA
70	18,19±0,11 aB	18,83±0,14 aA	19,39±0,27 aA

DMS para colunas = 0,58; DMS para linhas = 0,58; MG = 18,33 CV = 1,53%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Verifica-se, na temperatura de secagem de 50, 60 e 70 °C, que os valores dos rendimentos das amostras em pó aumentaram quando a espessura aumentou de 0,5 para 1,5 cm, na ordem de 9,66; 9,16 e 6,60%, respectivamente.

Nota-se que o rendimento na temperatura de 50 °C variou de 17,08 a 18,73%, sendo esses valores superiores ao detectado por VIANA JUNIOR (2010), em estudo de secagem convencional de banana em pó nas temperaturas de 55 e 80 °C, em que o autor encontrou rendimentos médios de 15,10 e 14,60%, respectivamente. RODRIGUES et al. (2006),

analisando o rendimento da maçã Fuji desidratada em secador convencional na temperatura de 70 °C, encontrou rendimentos inferiores a 15,7%.

Quando a temperatura aumentou as amostras não apresentaram comportamento padrão e apenas na espessura de 0,5 cm é que se nota pequena tendência de aumento do rendimento com o aumento da temperatura. Observa-se que, quando a temperatura variou de 50 para 60 °C, as amostras permaneceram estatisticamente iguais nas três espessuras, 0,5; 1,0 e 1,5 cm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.6.14 - Densidade

Observam-se na Tabela C.11 (Apêndice C), a análise de variância da densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de secagem e espessura da camada de espuma e para a interação entre os dois fatores.

Apresentam-se, na Tabela 4.22, os valores médios da densidade polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5) desidratada em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma; verificando-se, que, com o aumento da temperatura de secagem, uma diminuição nos valores médios da densidade; quando a temperatura variou de 50 para 70 °C, nas espessuras de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, as densidades das amostras em pó diminuíram na ordem de 3,09; 3,16 e 2,41%, respectivamente.

**Tabela 4.22** - Valores médios da densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) da polpa de manga Haden em pó, em diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura de secagem (°C)	Espessura da camada de espuma (cm)		
	0,5	1,0	1,5
50	1,683±0,000 aA	1,678±0,000 aB	1,659±0,000 aC
60	1,653±0,000 bA	1,642±0,000 bB	1,634±0,000 bC
70	1,631±0,000 cA	1,625±0,000 cB	1,619±0,000 cC

DMS para colunas = 0,0042; DMS para linhas = 0,0042; MG = 1,64715 CV% = 0,12

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Nota-se então que os resultados dos valores médios da densidade nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C são estatisticamente diferentes entre as três espessuras 0,5; 1,0 e 1,5 cm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se, na temperatura de 70 °C que a densidade variou de 1,631 a 1,619 g/cm<sup>3</sup>. GOMES et al. (2002), ao determinarem a densidade da polpa de acerola em pó desidratada em leito de jorro, com adição de 10% de maltodextrina, a 70 °C, encontraram valor de 1,313 g/cm<sup>3</sup> e OLIVEIRA et al. (2006) encontraram valor médio de 1,381 g/cm<sup>3</sup> em polpa de pitanga em pó desidratada pelo método de secagem spray dryer.

Fazendo uma comparação da densidade da polpa integral (1,046 g/cm<sup>3</sup>) com as polpas desidratadas, nota-se que houve aumento da densidade.

#### 4.7 - Distribuição granulométrica

Tem-se, na Tabela 4.23, os valores médios da análise granulométrica da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5) obtida na temperatura de secagem de 50 °C, com 1,5 cm de espessura da camada de espuma, verificando-se que as partículas apresentaram diâmetros muito variados. Esta variação nos diâmetros se deve ao processo de trituração que foi feito em multiprocessador doméstico sem ser feito nenhum peneiramento posterior como forma de uniformização. TONON et al. (2009), quando estudaram as propriedades físicas do suco de açaí em pó produzido em secador por aspensão, também observaram que as partículas apresentaram diâmetros muito variados entre 0,11 a 301,68 µm (0,30168 mm).

O maior percentual de amostra retida (26,23%) foi na peneira com malha de 0,149 mm (100 Tyler) e 20,76% (resíduo) das partículas tinham diâmetros inferiores a 0,125 mm.

BATISTA et al. (2007) verificaram, avaliando a distribuição granulométrica de farinhas de algaroba para uso em produtos de panificação, obtidas nas temperaturas de 50 e 60 °C, maior percentual de amostra retida na peneira com 10 Tyler (48,45 e 41,92%) e na peneira de 100 Tyler, na ordem de 4,85 e 5,10%.

**Tabela 4.23** - Valores médios da análise granulométrica da polpa da manga Haden em (Tratamento 5), obtida na temperatura de 50 °C, com 1,5 cm de espessura

Peneira (nº)	Amostra retida (%)
35 Tyler – 0,420 mm	18,23
48 Tyler – 0,297 mm	7,60
60 Tyler – 0,250 mm	4,84
80 Tyler – 0,177 mm	7,61
100 Tyler – 0,149 mm	26,23
115 Tyler – 0,125 mm	14,73
Resíduo	20,76

Segundo SILVA et al. (2009) o tamanho das partículas do alimento após a moagem se constituem em aspecto importante no preparo de alimentos, tendo em vista que uma maior uniformidade maior da granulometria, permite a elaboração de um produto final de melhor qualidade sensorial, principalmente textura, sabor e aspecto visual, pois o alimento absorve água de forma homogênea.

#### 4.8 - Isotermas de adsorção de umidade

Visando-se à determinação das isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, utilizou-se a amostra do Tratamento 5, seca na temperatura de 50 °C/1,5 cm de espessura da camada de espuma.

Na Tabela 4.24 observam-se os resultados dos valores experimentais da umidade de equilíbrio da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5) e suas respectivas atividades de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C; nota-se que a umidade de equilíbrio ( $X_{eq}$ ) da amostra aumentou com o aumento da atividade de água ( $a_w$ ) e que, na maioria dos resultados, a  $X_{eq}$  diminuiu com o aumento da temperatura; comportamento semelhante foi observado por ALEXANDRE et al. (2007) em estudo com isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

**Tabela 4.24** - Valores experimentais da umidade de equilíbrio ( $X_{eq}$ ) da polpa da manga Haden em pó, em função da atividade de água ( $a_w$ ) nas diferentes temperaturas

Temperatura (°C)					
20		30		40	
$a_w$	$X_{eq}$	$a_w$	$X_{eq}$	$a_w$	$X_{eq}$
0,286	2,500	0,232	1,738	0,187	2,432
0,373	3,617	0,317	2,423	0,282	3,497
0,417	4,702	0,366	3,309	0,336	4,322
0,448	5,557	0,406	4,327	0,375	5,338
0,461	6,445	0,436	4,984	0,427	6,937
0,513	7,957	0,474	6,399	0,463	8,254
0,528	9,240	0,499	7,811	0,495	9,852
0,560	10,720	0,531	8,796	0,556	12,371
0,601	12,825	0,568	11,066	0,585	13,883
0,641	14,765	0,597	12,973	0,626	15,927
0,670	17,034	0,637	15,770	0,673	19,167
0,707	19,171	0,667	17,839	0,715	22,988
0,727	21,736	0,698	20,795	0,745	26,335
0,734	23,743	0,725	23,354	0,780	31,374
0,763	26,768	0,773	29,345	0,796	34,251
0,786	29,300	0,795	31,624	0,816	37,656
0,802	31,438	0,804	32,776	0,832	41,782
0,817	33,345	0,820	35,174	0,846	45,030
0,823	35,974	0,832	37,212	0,857	47,890
0,857	52,090	0,893	63,870	0,864	50,454
0,895	57,812	0,908	74,953	0,923	80,577
0,899	61,134	0,922	88,919	0,937	93,577
0,910	73,598	0,926	95,398	-	-
0,918	79,846	-	-	-	-

Tem-se, na Tabela 4.25, os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg, Oswin e Halsey, ajustados às isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

De acordo com os valores obtidos dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e dos desvios percentuais médios (P), pode-se observar que os modelos de Oswin, GAB e Peleg, apresentaram coeficientes de determinação maiores que 0,99 e desvios percentuais médios menores que 15%, já no modelo de Halsey, apesar de ter apresentado coeficientes de

determinação ( $R^2 > 0,99$ ) e os menores desvios percentuais médios ( $P < 5,1\%$ ), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. MELO (2008) ao estudar as isotermas de adsorção de umidade do fruto de mandacaru em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C obteve  $R^2 > 0,99$  e  $P < 7\%$  para o modelo de Peleg. ALEXANDRE et al. (2007) estudando as isotermas de adsorção de umidade de pitanga em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, obteve  $R^2 > 0,98$  e  $P < 4\%$  com o modelo de Peleg.

Nota-se ainda, que o modelo de GAB para as isotermas nas temperaturas de 20 e 40 °C se ajustou muito bem aos dados experimentais, com  $R^2 > 0,99$  e  $P < 10\%$ .

Constata-se, para o modelo de Oswin, que o parâmetro **a** do modelo aumentou e o parâmetro **b** diminuiu entre as temperaturas de 20 e 40 °C. Resultado semelhante foi observado por GOMES et al. (2002) em estudo com polpa de acerola em pó, ao ajustarem o modelo de Oswin às isotermas de adsorção de umidade da acerola em pó nas temperaturas de 20 e 30 °C, verificando que o parâmetro **a** aumentou de 0,0866 para 0,1113 e o parâmetro **b** diminuiu de 0,6407 para 0,2763, respectivamente; em relação ao parâmetro **a**, este comportamento é inverso ao estudado por AL-MUHTASEB et al. (2004), ao ajustarem o modelo às isotermas de sorção do amido de batata, na faixa de temperatura entre 30 e 60 °C.

A umidade na monocamada determina o teor de umidade para uma armazenagem segura na qual o material tem estabilidade máxima (MISHIRA et al., 1996). Avaliando os parâmetros dos modelos de GAB, verifica-se que os valores da umidade de equilíbrio da monocamada ( $X_m$ ) variaram entre 8,0914 a 10,3311% b.s., apresentando pequeno aumento no seu valor, na temperatura de 40 com relação à de 20 °C; valor próximo de  $X_m$  foi constatado por BEZERRA et al. (2010) para manga cv. Coité em pó, que foi de 9,086%, ao ajustarem o modelo de GAB à isoterma de adsorção de umidade a 23 °C. MEDEIROS et al. (2006) verificaram, para o cupuaçu em pó, que  $X_m$  do modelo de GAB, diminuiu entre as temperaturas de 25 a 35 °C, apresentando valores de 3,99% b.s. e 3,39% b.s., respectivamente, inferiores ao da polpa da manga Haden em pó.

Com referência ao parâmetro **C** do modelo de GAB, que representa o calor total de sorção da primeira camada, constata-se que entre as temperaturas de 20 e 40 °C, os valores aumentam com o aumento da temperatura, variando entre 0,7898 e 1,0361, respectivamente, exceto na temperatura de 30 °C, em que **C** igual a 1,0914, é ligeiramente superior ao da temperatura de 40 °C; comportamento este similar ao encontrado por

VENCATO et al. (2005) ao determinarem as isotermas da proteína de soja entre 10 e 40 °C.

O parâmetro K do modelo de GAB, que é a constante relacionada ao calor de sorção na multicamada com relação ao volume do líquido, constata-se que o parâmetro K está próximo de 1,0, variando entre 0,96 a 0,99, o valor aumentou com o aumento da temperatura de 20 para 30 °C e diminuiu entre 30 e 40 °C; comportamento este semelhante ao observado por ALEXANDRE et al. (2007) constatou que o parâmetro K do modelo de GAB aumentou de 0,82 a 0,90 com o aumento da temperatura, de 10 para 20 °C. SILVA et al. (2005) em estudo de suco de acerola, encontraram valores de K variando de 0,85 a 0,99 para as isotermas de adsorção, temperaturas de 10 a 40 °C.

De acordo com a classificação de BLAHOVEC (2004) as isotermas de adsorção de umidade da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5) são do Tipo III em razão de terem apresentado valores de  $0 < K \leq 1$  e  $0 \leq C \leq 2$ .

No ajuste pelo modelo de Peleg observa-se que as constantes do modelo  $K_1$  e  $n_1$  apresentaram tendência de acréscimo com o aumento da temperatura de 20 para 30 °C e decréscimo de 30 para 40 °C; já as constantes  $K_2$  e  $n_2$  apresentaram tendência de decréscimo com o aumento da temperatura de 20 para 40 °C. SILVA (2005) ao ajustar o modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade de amostras de carqueja desidratadas nas temperaturas de 30, 45 e 60 °C, observou decréscimos em  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  com o aumento da temperatura, obtendo coeficientes de determinação iguais a 0,993; 0,997 e 0,999%, respectivamente. OLIVEIRA et al. (2006), para as isotermas de adsorção de umidade de pitanga em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, verificaram comportamento semelhante na constante  $K_1$  (22,4676; 202,4059 e 24,4025) e comportamento inverso para a  $K_2$  (73,3408; 23,6184 e 429,7868), além de aumento da constante  $n_1$  (0,8189; 14,2445 e 1,0049) quando a temperatura passou de 20 para 40 °C e comportamento inverso com o acréscimo da constante  $n_2$  (8,7930; 0,8790 e 17,6571) quando a temperatura passou de 20 para 40 °C.

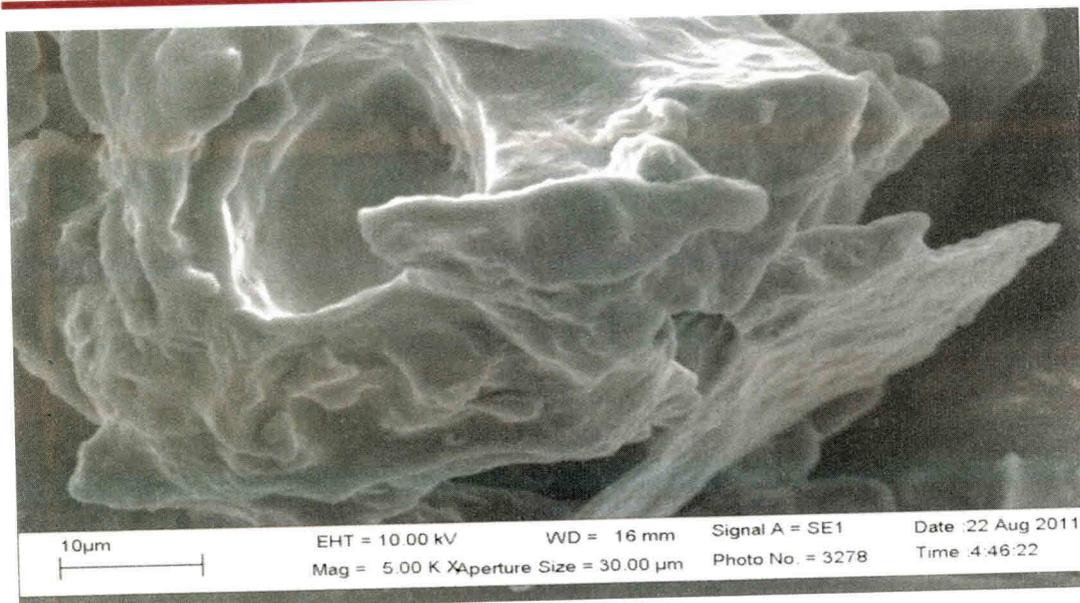
Avaliando os ajustes pelo modelo de Halsey, observa-se que quando a temperatura passou de 20 para 30 °C, os valores dos parâmetros **a** e **b** diminuíram com o aumento da temperatura, com os valores variando entre 6,4529 a 5,7001 e 0,9863 a 0,9439, respectivamente, e quando a temperatura passou de 30 para 40 °C, os valores dos parâmetros **a** e **b** aumentaram com o aumento da temperatura, com os valores variando entre 5,7001 a 11,5524 e 0,9439 a 1,1301, respectivamente.

determinação maiores que 0,98, os desvios percentuais médios foram maiores que 18%, devendo-se evitar seu uso na estimativa das isotermas da polpa da manga Haden em pó.

**Tabela 4.25** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada na temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		$R^2$	P(%)		
		a	b				
Oswin	20	8,8210	0,9081	0,9913	11,315		
	30	8,4995	0,9539	0,9978	14,935		
	40	11,1513	0,7987	0,9967	13,099		
Modelo	Temperatura (°C)	$X_m$	C	K	$R^2$	P(%)	
GAB	20	9,6494	0,7898	0,9718	0,9924	7,1769	
	30	8,0914	1,0914	0,9941	0,9978	13,888	
	40	10,3311	1,0361	0,9607	0,9997	3,1608	
Modelo	Temperatura (°C)	$K_1$	$n_1$	$K_2$	$n_2$	$R^2$	P(%)
Peleg	20	51,17	2,773	155,81	16,94	0,9924	4,9026
	30	295,1	24,35	59,910	2,960	0,9965	5,0711
	40	128,8	13,51	45,606	2,196	0,9994	4,6816
Modelo	Temperatura (°C)	a	b	$R^2$	P(%)		
Halsey	20	6,4529	0,9863	0,9867	18,792		
	30	5,7001	0,9439	0,9956	26,510		
	40	11,5524	1,1301	0,9900	25,410		

Nota-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade da amostra em pó produzida com temperatura de 50 °C/1,5 cm de camada de espuma, foi o modelo de Peleg, apresentando os maiores coeficientes de



**Figura 4.16** - Fotomicrografia da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada na temperatura de 50 °C e espessuras da camada de espuma de 1,5 cm, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 5000x

#### 4.10 - Armazenamento do pó

O estudo do armazenamento da polpa da manga Haden em pó foi realizado com a melhor amostra, ou seja, na concentração de 1,5% de Super Liga Neutra + 1,5% de Emustab (Tratamento 5) a qual foi, posteriormente, desidratada, a uma temperatura do ar de secagem de 50 °C, na espessura da camada de espuma de 1,5 cm. As amostras em pó foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas e colocadas em recipientes de vidro, contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr), propiciando um ambiente de umidade relativa média aproximada de 55%. A amostra prosta neste ambiente foi analisada a cada 15 dias, durante 60 dias, sob atmosfera controlada em câmaras do tipo BOD, nas temperaturas de 25 e 40 °C.

##### 4.10.1 - Umidade

Verifica-se, na Tabela E.1 (Apêndice E), a análise de variância da umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) cujos resultados mostraram efeito

significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.28 são apresentados os valores médios da umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), armazenada em embalagem laminada durante 60 dias de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%; nota-se que durante o armazenamento ocorreu diminuição da umidade nas temperaturas de 25 e 40 °C, em relação ao teor de umidade inicial.

**Tabela 4.26** - Valores médios de umidade (% b.u.) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Umidade (%)	
	25 °C	40 °C
0	12,44±0,26 aA	12,44±0,26 aA
15	8,60±0,06 dB	10,17±0,02 eA
30	10,16±0,13 cB	10,75±0,05 dA
45	11,23±0,07 bB	11,99±0,09 bA
60	10,89±0,08 bB	11,44±0,21 cA

DMS para colunas = 0,37; DMS para linhas = 0,26; MG = 11,01; CV% = 1,36

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Observa-se, na temperatura de 25 °C, diminuição da umidade do período inicial (0 dia) para o período de 60 dias de armazenamento na ordem de 12,46%; e, entre os tempos de armazenamento de 45 e 60 dias nas quais não houve diferença significativa a 5% de probabilidade entre as médias, indicando que, provavelmente, as amostras tinham entrado em equilíbrio com o ambiente neste tempo; contrariamente, SILVA et al. (2005) em estudo com umbu-cajá em pó acondicionado em embalagem laminada e armazenado sob temperatura ambiente, observaram após 60 dias de armazenamento, um ganho de umidade de 24,5%; essas diferenças de comportamento são devidas às diferentes condições de temperatura e umidade relativa do armazenamento.

Constata-se também, na temperatura de 40 °C, uma diminuição da umidade do tempo inicial para o tempo 15 dias de armazenamento, na ordem de 18,25%. No final do

armazenamento em relação ao início do armazenamento, a redução da umidade foi na ordem de 8,04%. Comportamento inverso ao determinado por GOMES (2002) que, utilizando embalagem de polietileno, verificou aumento de 51,31% na umidade da polpa de acerola em pó, após 60 dias de armazenamento.

Comparando o teor de umidade entre as temperaturas nos diferentes tempos de armazenamento, verifica-se que houve diferença significativa entre os valores médios de umidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre as duas temperaturas, com os maiores valores obtidos nas amostras armazenadas a 40 °C. Constata-se, então, que a temperatura de armazenamento influenciou significativamente no teor de umidade da manga Haden em pó.

Verificam-se, na Tabela E.2 e E.3 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo do armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%; já na temperatura de 25 °C (Tabela E.2), a equação linear não foi significativa, entretanto, as equações quadrática e cúbica foram significativas a 1% de probabilidade porém a equação de 4º grau foi significativa a 5% de probabilidade; enquanto na temperatura de 40 °C (Tabela E.3), as equações linear, quadrática, cúbica e de 4º grau foram todas significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.27 tem-se as equações de regressão significativas propostas para estimar a umidade (% b.u.) da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento. Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que a equação quadrática não resultou em um bom ajuste, com coeficiente de determinação igual a 0,2525; as equações cúbica e de 4º grau apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação iguais a 0,9945 e 0,9999, respectivamente, podendo ser usadas para estimar o teor de umidade em função do tempo de armazenamento; já para a temperatura de 40 °C, pode-se observar que as equações linear e quadrática não resultaram em bons ajustes, com coeficiente de determinação iguais a 0,3071 e 0,6189, respectivamente; as equações cúbica e de 4º grau mostraram bons ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,96. OLIVEIRA et al. (2006) em estudo do armazenamento da polpa de pitanga em pó armazenada em embalagem laminada, verificaram que a equação linear resultou em ajuste razoável com coeficiente de determinação de 0,9049 e a equação quadrática com ajuste melhor, com coeficiente de determinação de 0,9634.

**Tabela 4.27** - Equações de regressão propostas para a umidade (% b.u.) da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$U = 11,5789 - 0,10754t + 0,00182t^{2**}$	0,2525
	$U = 12,4129 - 0,50601t + 0,02035t^2 - 0,000020t^3**$	0,9945
	$U = 12,4399 - 0,58114t + 0,02721t^2 - 0,00039t^3 + 0,000001t^4*$	0,9999
40 °C	$U = 11,3946 - 0,00624t**$	0,3071
	$U = 12,0875 - 0,09628t + 0,001539t^{2**}$	0,6189
	$U = 12,4001 - 0,24801t + 0,008481t^2 - 0,000772t^3**$	0,9611
	$U = 12,4399 - 0,35859t + 0,018587t^2 - 0,00035t^3 + 0,000002t^4**$	0,9999

U - umidade (%); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

#### 4.10.2 - Acidez total titulável

Verifica-se, na Tabela E.4 (Apêndice E), a análise de variância da acidez total titulável (% ac. cítrico) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados indicaram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Nota-se, na Tabela 4.28 que, durante o armazenamento ocorreu tendência de diminuição da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) com o tempo de armazenamento. No final do armazenamento em relação ao início do armazenamento, esta redução foi na ordem de 7,58% e 8,66%, nas temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente; observa-se, na temperatura de 25 °C, que nos tempos de armazenamento 0, 15 e 45 dias as médias da acidez total titulável foram estatisticamente iguais, não existindo diferença significativa entre os tempos de 30 e 60 dias, também não existiu diferença significativa a 5% de probabilidade; já na temperatura de 40 °C, as médias apresentaram diferenças significativas entre os tempos 0, 15 e 30 dias e, entre os tempos de 15, 45 e 60 as médias foram estatisticamente iguais, não apresentando diferença significativa a 5% de probabilidade. MEDEIROS (2007), em estudo de armazenamento de

mangaba em pó armazenada em embalagem laminada, detectou após 60 dias de armazenamento, diminuição na acidez total titulável na ordem de 20,03%.

Esta redução da acidez pode estar relacionada à diminuição da umidade e/ou aos processos oxidativos.

Comparando os valores entre as temperaturas observa-se que os maiores valores da acidez ocorreram na temperatura de 25 °C, sinalizando que as alterações da acidez foram menores nesta temperatura.

**Tabela 4.28** - Valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Acidez total titulável (%)	
	25 °C	40 °C
0	2,77±0,02 aA	2,77±0,02 aA
15	2,77±0,03 aA	2,49±0,00 bB
30	2,56±0,04 bA	2,40±0,01 cB
45	2,75±0,00 aA	2,48±0,00 bB
60	2,56±0,00 bA	2,53±0,05 bA

DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,05; MG = 2,61; CV = 1,06%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

Obs: 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 Tabela E.5 e E.6 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionados em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, armazenado nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%; na temperatura de 25 °C (Tabela E.5), a equação quadrática não foi significativa, entretanto, as equações linear, cúbica e de 4º grau, foram significativas a 1% de probabilidade; enquanto na temperatura de 40 °C (Tabela E.6), a equação de 4º grau não foi significativa, mas as equações linear, quadrática e cúbica, foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.29 tem-se as equações de regressão propostas para o cálculo da acidez total titulável da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do

tempo de armazenamento; já para a temperatura de 25 °C, tem-se que a equação linear e cúbica apresentaram baixos coeficientes de determinação, devendo ser evitadas para estimar o comportamento da acidez total titulável; a equação de 4º grau apresentou alto coeficiente de determinação, igual a 0,9999, podendo representar, de maneira satisfatória, o comportamento deste parâmetro com o tempo; para a temperatura de 40 °C, verifica-se que a equação linear apresentou baixo coeficiente de determinação, igual a 0,3196, e as equações quadrática e cúbica apresentaram os maiores coeficientes de determinação, podendo representar de maneira satisfatória o comportamento da acidez total titulável. Segundo LIMA (2006), em estudo de armazenamento da farinha de facheiro, a equação quadrática apresentou alto coeficiente de determinação, igual a 0,9897, considerada, portanto, adequada para representar o comportamento da acidez total titulável deste produto.

**Tabela 4.29** - Equações de regressão propostas para a acidez total titulável da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp. (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$ATT = 2,77000 - 0,00324t^{**}$	0,4295
	$ATT = 2,79242 - 0,01461t + 0,00053t^2 - 0,000006t^3^{**}$	0,5371
	$ATT = 2,77333 + 0,03842t - 0,00430t^2 + 0,00012t^3 - 0,000001t^4^*$	0,9999
	$ATT = 2,63533 - 0,00335t^{**}$	0,3196
40 °C	$ATT = 2,75295 - 0,01903t + 0,000261t^2^{**}$	0,9305
	$ATT = 2,77561 - 0,02986t + 0,000765t^2 - 0,0000055t^3^{**}$	0,9953

ATT - acidez total titulável (% ac. cítrico); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

#### 4.10.3 - Açúcares redutores

Observa-se, na Tabela E.7 (Apêndice E), a análise de variância dos açúcares redutores (% glicose) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para as

fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.30 verifica-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C, que os açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento, sendo os aumentos no final do armazenamento em relação ao início, na ordem de 18,40 e 16,02% respectivamente. Este aumento no teor de açúcares redutores pode ser atribuído a diminuição da umidade durante o armazenamento das amostras; nota-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C que, durante todo o armazenamento, as amostras apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade entre os valores médios dos açúcares redutores.; os valores médios dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó foram de 20,91 e 20,49% glicose, respectivamente, após 60 dias de armazenamento; valores inferiores ao detectado por SOARES et al. (2001), no estudo da estabilidade da acerola em pó, ao final de 60 dias de armazenamento, que reportaram um teor de açúcares redutores de 39,44% glicose; comparando-se os açúcares redutores entre as temperaturas constata-se que, na maioria dos tempos, os maiores teores ocorreram na temperatura de 25 °C.

**Tabela 4.30** - Valores médios dos açúcares redutores polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Açúcares redutores (%)	
	25 °C	40 °C
0	17,66±0,00 eA	17,66±0,00 eA
15	19,80±0,04 bA	19,60±0,07 bB
30	18,14±0,05 dB	18,52±0,03 dA
45	19,61±0,06 cA	19,27±0,06 cB
60	20,91±0,00 aA	20,49±0,00 aB

DMS para colunas = 0,11; DMS para linhas = 0,07; MG = 19,17; CV = 0,22%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

Obs: 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 nas, Tabelas E.8 e E.9 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó

(Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se nas Tabelas E.8 e E.9 para as temperaturas de 25 e 40 °C, que as equações lineares, quadráticas, cúbicas e de 4º grau, foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 4.31, para a temperatura de 25 °C a equação de 4º grau apresentou o maior coeficiente de determinação, igual a 0,9999, podendo estimar os açúcares redutores; as equações linear, quadrática e cúbica, não resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação iguais a 0,5742; 0,5960 e 0,7851, respectivamente; já na temperatura de 40 °C a equação cúbica e de 4º grau apresentaram os maiores coeficientes de determinação, iguais a 0,8791 e 0,9999, respectivamente, enquanto as equações linear e quadrática apresentaram baixos coeficientes de determinação iguais a 0,6137 e 0,6160 respectivamente; comportamento este inferior ao detectado por SILVA et al. (2005) em estudo do armazenamento de umbu-cajá em pó, armazenada em embalagem laminada por 60 dias de armazenamento que, utilizando a equação quadrática para estimar os dados experimentais dos açúcares redutores, encontraram coeficiente de determinação igual a 0,9049.

**Tabela 4.31** - Equações de regressão propostas para os açúcares redutores da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento

Temp. (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	AR = 17,9606+0,0420t**	0,5742
	AR = 18,1682+0,0144t+ 0,000461t <sup>2</sup> **	0,5960
	AR = 17,8059+0,1875t-0,007590t <sup>2</sup> - 0,000089t <sup>3</sup> **	0,7851
	AR = 17,6600+0,5929t-0,044619t <sup>2</sup> +0,00109t <sup>3</sup> - 0,000008t <sup>4</sup> **	0,9999
40 °C	AR = 18,0426+0,0355t**	0,6137
	AR = 18,0983+0,28104t +0,0001t <sup>2</sup> **	0,6160
	AR = 17,7493+0,10484t -0,0076t <sup>2</sup> +0,0000861t <sup>3</sup> **	0,8791
	AR = 17,6600+0,44312t-0,30308t <sup>2</sup> +0,000704t <sup>3</sup> +0,000005t <sup>4</sup> **	0,9999

AR - açúcares redutores (% glicose); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

#### 4.10.4 - Ácido ascórbico

Observa-se, na Tabela E.10 (Apêndice E), a análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e, para a interação entre os dois fatores, mostra diferença significativa a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.32 verifica-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C, que os teores de ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) diminuíram durante o período de 60 dias de armazenamento sendo essas reduções no final do armazenamento com relação ao início, na ordem de 26,23 e 33,37%, respectivamente; as vitaminas são compostos bastante sensíveis podendo ser degradadas por vários fatores, como temperatura, presença de oxigênio, luz, umidade, pH, e duração do tratamento a que foi submetido o alimento, entre outros. Portanto, o processamento de alimentos pode alterar significativamente a composição qualitativa e quantitativa desses nutrientes, apesar de tornar os alimentos mais atraentes ao paladar e aumentar sua vida de prateleira (AGOSTINI-COSTA et al., 2003).

**Tabela 4.32** - Valores médios de ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Ácido ascórbico (mg/100 g)	
	25 °C	40 °C
0	24,36±0,30 aA	24,36±0,30 aA
15	23,43±0,25 aA	22,27±0,25 bB
30	22,40±0,34 bA	20,73±0,86 cB
45	20,77±0,32 cA	19,43±0,50 dB
60	17,97±0,35 dA	16,23±0,30 eB

DMS para colunas = 1,03; DMS para linhas = 0,71; MG = 21,19; CV = 1,98%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Na temperatura de 25 °C nota-se que não houve diferença significativa entre as médias do tempo inicial (zero) e o tempo de 15 dias, entre os tempos de 15, 30, 45 e 60 dias houve diferenças significativas a 5% de probabilidade; já na temperatura de 40 °C, ocorreram diferenças significativas a 5% de probabilidade entre todos os tempos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). GALDINO (2003) verificou uma diminuição do ácido ascórbico na ordem de 30,07% no armazenamento do umbu em pó acondicionado em embalagem laminada, e exposta a temperatura ambiente após 60 dias de armazenamento.

Comparando o teor de ácido ascórbico entre as temperaturas nos diferentes tempos, observa-se que a temperatura mostrou influência significativa na degradação do ácido ascórbico apresentando, em todos os tempos, médias estatisticamente diferentes entre as temperaturas de 25 e 40 °C, com os maiores valores observados a 25 °C, significando que quanto maior a temperatura de armazenamento maior também a degradação do ácido ascórbico. Segundo BRASIL & GUIMARÃES (1998), a maior perda de vitamina C se dá com o aquecimento dos alimentos e, de modo geral, sua estabilidade é aumentada com o abaixamento da temperatura.

Tem-se, na Tabela E.11 e E.12 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se, na Tabela E.11, temperatura de 25 °C, que a equação linear e a quadrática foram significativas a 1% de probabilidade, porém a cúbica e a equação de 4º grau não foram significativas. Observa-se, portanto, para a temperatura de 40 °C (Tabela E.12), que a equação quadrática e a equação de 4º grau não foram significativas, embora a equação linear tenha sido significativa a 1% de probabilidade e a equação cúbica foi significativa a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.33 nota-se, para a temperatura de 25 °C, que a equação linear e a quadrática resultaram em bons ajustes, com coeficiente de determinação igual a 0,9421 e 0,9955, respectivamente.

Observa-se, na temperatura de 40 °C, que as equações linear e cúbica apresentaram coeficientes de determinação iguais a 0,9750 e 0,9987, respectivamente, podendo ser utilizadas de maneira satisfatória na estimativa do comportamento do ácido ascórbico.

OLIVEIRA (2006) também utilizou equação linear para descrever o comportamento do ácido ascórbico da pitanga em pó em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 4.33** - Equações de regressão propostas para o ácido ascórbico da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp.(°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	AA = 24,8740 - 0,1029t**	0,9421
	AA = 24,2520 - 0,02005t - 0,001382t <sup>2</sup> **	0,9955
40 °C	AA = 24,4206 - 0,12720t**	0,9750
	AA = 24,3825 - 0,20673t + 0,004828t <sup>2</sup> - 0,0000606t <sup>3</sup> *	0,9987

AA - ácido ascórbico (mg/100 g); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01); \* significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05)

#### 4.10.5 - Atividade de água (a<sub>w</sub>)

Observa-se, na Tabela E.13 (Apêndice E), a análise de variância da atividade de água (a<sub>w</sub>) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Tem-se, na Tabela 4.34, os valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada no período de 60 dias de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.

Nota-se que, na temperatura de 25 °C, não houve alteração estatisticamente significativa a 5% de probabilidade da atividade de água durante os 60 dias de armazenamento; na temperatura de 40 °C ocorreu aumento da atividade de água na ordem de 72,07%, entre o tempo 0 (zero) e 15 dias de armazenamento, após este período a atividade de água se manteve estatisticamente estável durante os tempos de 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento; Este aumento pode ter sido causado pelo embalagem laminada, ou por condensação do vapor d'água com conseqüente aumento da atividade de água em virtude do aumento interno da pressão de vapor da amostra ou da pressão de vapor

externo. MOREIRA et al. (2011) em estudo de secagem de cupuaçu, encontraram valores médios de atividade de água de 0,62. Todas as atividades de água das amostras durante o armazenamento foram inferiores a 0,502, portanto apresentou-se numa faixa de atividade de água segura. Segundo BOBBIO & BOBBIO (1992) quando a atividade de água baixa para 0,40-0,80, haverá possibilidade de ocorrerem reações químicas e enzimáticas rápidas, pelo aumento da concentração dos reagentes mas, para  $a_w$  próxima de 0,60, tem-se pequeno ou nenhum crescimento microbiano.

**Tabela 4.34** - Valores médios de atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Atividade de água ( $a_w$ )	
	25 °C	40 °C
0	0,290±0,003 aA	0,290±0,003 bA
15	0,288±0,008 aB	0,499±0,002 aA
30	0,286±0,003 aB	0,502±0,006 aA
45	0,288±0,007 aB	0,501±0,005 aA
60	0,285±0,004 aB	0,497±0,004 aA

DMS para colunas = 0,013; DMS para linhas = 0,009; MG = 0,373; CV = 1,40%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Fazendo a comparação da atividade de água das amostras armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C, nota-se que a temperatura influenciou na atividade de água da amostra armazenada a 40 °C, a qual apresentou valores estatisticamente superiores a partir de 15 dias de armazenamento, quando comparada com a de 25 °C.

Observam-se, nas Tabelas E.14 e E.15 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se na Tabela E.14 (temperatura de 25 °C) que todas as equações testadas não foram significativas; na Tabela E.15 (temperatura de 40 °C) as equações linear, quadrática, cúbica e de 4ª grau, foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.35 tem-se as equações de regressão propostas para estimar a atividade de água da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento. Verifica-se que as equações se ajustaram bem aos dados experimentais, em função de apresentarem coeficientes de determinação superiores a 0,85, exceto a equação linear, que apresentou baixo coeficiente de determinação  $R^2 < 0,50$ , sinal de que não se ajustou bem aos dados experimentais. A equação de 4ª grau apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais quando comparada com as outras equações, com o maior coeficiente de determinação  $R^2 > 0,99$ . LISBOA (2010), em estudo com figo-da-índia em pó, armazenado na temperatura de 40 °C e umidade relativa de 55%, verificou que a equação de 4º grau foi a que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,9965.

**Tabela 4.35** - Equações de regressão propostas para atividade de água da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
40 °C	$a_w = 0,3746 + 0,0027t^{**}$	0,4910
	$a_w = 0,3130 + 0,0109t - 0,0001t^{2**}$	0,8681
	$a_w = 0,2928 + 0,0206t - 0,0005t^2 + 0,000004t^{3**}$	0,9840
	$a_w = 0,2900 + 0,0284t - 0,0013t^2 + 0,00002t^3 - 0,0000001t^{4**}$	0,9999

$a_w$  - atividade de água; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

#### 4.10.6 - Luminosidade (L\*)

Verifica-se, na Tabela E.16 (Apêndice E), a análise de variância da luminosidade (L\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e para a interação entre os dois fatores; porém, para o fator tempo de estocagem (dias) mostrou resultado não significativo.

Apresentam-se, na Tabela 4.36, os valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) nas temperaturas de 25 e 40 °C. Observa-se que as luminosidades das amostras armazenadas em embalagens laminadas nas

temperaturas de 25 e 40 °C, reduziram ao longo do período de armazenamento, significando que houve escurecimento das amostras durante o armazenamento, em razão de que, quanto mais próximo o valor de L\* de zero mais escura é a amostra; segundo, Observa-se, na temperatura de 25 °C, que existem diferenças significativas entre as médias da luminosidade nos tempos de armazenamento de 0 (zero) e 15 dias e de 45 e 60 dias, mantendo-se estatisticamente estável entre os tempos de 30 e 45 dias de armazenamento; notou-se tendência de redução do parâmetro luminosidade com o tempo de armazenamento sendo, no final do armazenamento e em relação ao início, esta redução na ordem de 20,14%.

**Tabela 4.36** - Valores médios de luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Luminosidade	
	25 °C	40 °C
0	62,97±0,11 aA	62,97±0,11 aA
15	52,84±0,21 bB	54,14±0,06 bA
30	51,52±0,25 cA	51,17±0,01 cB
45	51,23±0,06 cA	50,58±0,08 dB
60	50,29±0,01 dA	50,02±0,05 eB

DMS para colunas = 0,30; DMS para linhas = 0,21; MG = 53,77; CV = 0,23%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Verifica-se, na temperatura de 40 °C, que houve diferenças significativas entre todos os tempos de armazenamento; percebe-se, porém, uma redução da luminosidade maior do tempo inicial (0) até 15 dias e de 15 a 30 dias de armazenamento na ordem de 14,02% e 5,48%, respectivamente; no final do armazenamento e em relação ao início, a redução foi de 20,56%. LISBOA (2010), em estudo com figo-da-índia em pó avaliando o parâmetro luminosidade durante 20 dias de armazenamento na umidade relativa de 55% e nas temperaturas de 25 e 40 °C, também observou redução da luminosidade, na ordem de 2,64 e 12,53%, respectivamente. SILVA et al. (2005), em estudo de armazenamento de umbu-cajá em pó desidratada em estufa com circulação de ar sob temperatura de 70 °C e

armazenada a temperatura ambiente, também observaram redução do parâmetro luminosidade após 60 dias de armazenamento, na ordem de 4,52%.

Comparando as médias da luminosidade entre as temperaturas verifica-se, na maioria dos tempos, que as médias da luminosidade foram maiores que 25 °C, implicando no fato de que o escurecimento, nesta temperatura, foi menor; comportamento este semelhante ao determinado por GALDINO (2009) em estudo de polpa de figo-da-índia em pó, quando também observou que na maioria dos tempos o parâmetro luminosidade era menor na temperatura de 25 °C; assim, tem-se que houve influência da temperatura sobre o parâmetro luminosidade da amostra da manga Haden em pó.

Observam-se, na Tabela E.17 e E.18 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se, nas Tabelas E.17 e E.18, que todas as equações testadas (linear, quadrática, cúbica e de 4º grau) foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.37 constata-se que as equações quadráticas, cúbicas e de 4º grau se ajustaram melhor aos dados experimentais nas temperaturas de 25 e 40 °C, tendo em vista que os valores dos coeficientes de determinação foram todos superiores a 0,91; a equação linear não teve um ajuste muito satisfatório aos dados experimentais, por ter apresentado baixos coeficientes de determinação  $R^2 < 0,67$  para a temperatura de 25 °C e  $R^2 < 0,75$  para a temperatura de 40 °C. RAMOS et al. (2008) em estudo com fatias de abacaxis desidratadas na temperatura de 60 °C e acondicionadas em embalagens de polietileno com folha de alumínio e armazenada durante 75 dias sob temperatura ambiente ( $27 \pm 2$  °C) e protegida da luz, obtiveram  $R^2 < 0,48$  ao ajustarem a equação linear aos dados experimentais da luminosidade com o tempo.

**Tabela 4.37** - Equações de regressão propostas para luminosidade da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp.(°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$L = 59,2173 - 0,1810t^{**}$	0,6653
	$L = 62,0154 - 0,5541t + 0,00621t^{2**}$	0,9125
	$L = 62,9714 - 1,0108t + 0,02746t^2 - 0,000236t^3^{**}$	0,9950
	$L = 63,0599 - 1,2568t + 0,0499t^2 - 0,00084t^3 + 0,0000051t^4^{**}$	0,9999
40 °C	$L = 59,6653 - 0,1963t^{**}$	0,7495
	$L = 62,3681 - 0,5566t + 0,006006t^{2**}$	0,9705
	$L = 62,9505 - 0,8349t + 0,01894t^2 - 0,0001437t^3^{**}$	0,9998
	$L = 62,9666 - 0,8797t + 0,02304t^2 - 0,00025t^3 + 0,000000t^4^{**}$	0,9999

L - luminosidade; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

#### 4.10.7 - Intensidade de vermelho (+a\*)

Tem-se, na Tabela E.19 (Apêndice E), a análise de variância da intensidade do vermelho (+a\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Nota-se, na Tabela 4.38, que houve aumento da intensidade de vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), do tempo inicial (zero) para o tempo de armazenamento final, após 60 dias de armazenamento na ordem de 5,07%, na temperatura de 25 °C; verifica-se também que nesta temperatura os valores da intensidade do vermelho (+a\*) permaneceram estatisticamente iguais entre os tempos de armazenamento de 0 (zero), 15 e 45 dias e entre 30 e 60 dias; constata-se que, na temperatura de 40 °C, ocorreu um decréscimo da intensidade do vermelho do tempo inicial (zero) para o tempo de 15 dias, na ordem de 12,06%, permanecendo estatisticamente estável a partir de 30 dias até o tempo final de armazenamento. GALDINO (2011), em estudo do armazenamento do figo-da-índia em pó armazenada em saco de polietileno de baixa densidade na temperatura de 40 °C, após 40 dias de armazenamento, verificou um decréscimo da intensidade do vermelho de 3,85%.

**Tabela 4.38** - Valores médios de intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Intensidade do vermelho (+a*)	
	25 °C	40 °C
0	8,29±0,05 bA	8,29±0,05 aA
15	8,33±0,26 bA	7,29±0,10 cB
30	8,64±0,03 aA	7,64±0,08 bB
45	8,44±0,03 bA	7,61±0,04 bB
60	8,71±0,04 aA	7,67±0,05 bB

DMS para colunas = 0,15; DMS para linhas = 0,11; MG = 8,08; CV = 0,77%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Constatam-se nas Tabelas E.20 e E.21 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da intensidade de vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Nota-se, na Tabela E.20 (temperatura de 25 °C) que as equações linear e de 4º grau foram significativas a 1% de probabilidade e as equações quadrática e cúbica não foram significativas. Na Tabela E.21 (temperatura de 40 °C) observa-se que todas as equações testadas (linear, quadrática, cúbica e de 4º grau) foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.39 nota-se, na temperatura de 25 °C, que a equação linear não resultou em bom ajuste com coeficiente de determinação igual a 0,6471, quando comparado com a equação de 4º grau, que resultou em maior coeficiente de determinação 0,9999, podendo ser utilizada na predição do comportamento da intensidade de vermelho; já na temperatura de 40 °C as equações linear e quadrática não se ajustaram bem, apresentando baixos coeficientes de determinação; as equações cúbica e de 4º grau apresentaram bons ajustes com os maiores coeficientes de determinação, 0,8691 e 0,9999, respectivamente. LISBOA (2010) constatou, para as amostras armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C e com umidade relativa de 55%, que as equações lineares e de 4º grau apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,86.

**Tabela 4.39** - Equações de regressão propostas para intensidade de vermelho da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp. (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	+a* = 8,2786 + 0,00657t**	0,6471
	+a* = 8,2866 - 0,05999t + 0,00645t <sup>2</sup> - 0,000181t <sup>3</sup> +0,000001t <sup>4</sup> **	0,9999
40 °C	+a* = 7,8826 - 0,00606t**	0,1586
	+a* = 8,1307 - 0,03914t + 0,00055t <sup>2</sup> **	0,7558
	+a* = 8,2554 - 0,09870t + 0,00332t <sup>2</sup> - 0,000030t <sup>3</sup> **	0,8691
	+a* = 8,2866 - 0,18548t + 0,11246t <sup>2</sup> - 0,000246t <sup>3</sup> +0,000001t <sup>4</sup> **	0,9999

+a\* - intensidade de vermelho; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

#### 4.10.8 - Intensidade de amarelo (+b\*)

Verifica-se, na Tabela E.22 (Apêndice E), a análise de variância da intensidade de amarelo (+b\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Analisando os resultados da Tabela 4.40, nota-se a ocorrência de um decréscimo da intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) no decorrer do armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C. Observa-se, na temperatura de 25 °C, uma diminuição do tempo inicial (zero) para o tempo de 15 dias na ordem de 9,10%; a partir do tempo de 15 dias até 60 dias de armazenamento, as médias de +b\* não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Tukey; na temperatura de 40 °C a amostra sofreu decréscimo do parâmetro intensidade de amarelo durante todo o armazenamento, na ordem de 23,90%, entre o tempo inicial até o término do armazenamento. LIMA (2006) em estudo de armazenamento da farinha de facheiro, armazenada em embalagem de polietileno em temperatura ambiente, após 60 dias de armazenamento, observou uma diminuição do parâmetro intensidade de amarelo na ordem de 18,42%.

Analisando a intensidade de amarelo entre as temperaturas verifica-se haver diferença significativa entre as médias, em que os maiores valores ocorreram na

temperatura de 25 °C, indicando que a degradação da intensidade de amarelo foi mais intensa na temperatura de 40 °C.

**Tabela 4.40** - Valores médios de intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	25 °C	40 °C
0	40,32±0,21 aA	40,32±0,21 aA
15	36,65±0,14 bA	34,73±0,19 bB
30	36,63±0,21 bA	33,05±0,15 cB
45	36,90±0,24 bA	31,29±0,10 dB
60	36,62±0,09 bA	30,68±0,01 eB

DMS para colunas = 0,43; DMS para linhas = 0,30; MG = 35,72; CV = 0,49%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Observam-se, nas Tabelas E.23 e E.24 (Apêndice E) as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, isto è, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se, na Tabela E.23 (temperatura de 25 °C) que as equações linear, quadrática e cúbica foram significativas a 1% de probabilidade e a equação de 4º grau foi significativa a 5% de probabilidade; na temperatura de 40 °C (Tabela E.24) constata-se que todas as equações testadas foram significativas a 1% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 4.41 para a temperatura de 25 °C, que as equações quadrática, cúbica e de 4º grau se ajustaram bem aos dados experimentais da intensidade de amarelo, enquanto a equação linear não resultou em um ajuste bom, com coeficiente de determinação igual a 0,4987; as outras equações apresentaram bons coeficientes de determinação, todos superiores a 0,91, enquanto a equação de 4º grau resultou no maior coeficiente de determinação, igual a 0,9999.

Na temperatura de 40 °C (Tabela 4.41) a equação linear resultou em ajuste razoável, com coeficiente de determinação igual a 0,8638; as equações quadrática, cúbica e de 4º grau resultaram nos melhores ajustes, todos superiores a 0,99, podendo-se utilizar qualquer uma destas equações para estimar a intensidade do amarelo. RAMOS et al. (2008), em estudo de armazenamento de abacaxi desidratado acondicionado em embalagem de polietileno transparente, verificaram que a equação linear foi satisfatória no ajuste dos dados experimentais, com coeficiente de determinação igual a 0,99.

**Tabela 4.41** - Equações de regressão propostas para a intensidade de amarelo da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp.(°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$+b^* = 38,8813 - 0,04817t^{**}$	0,4987
	$+b^* = 39,8822 - 0,18163t + 0,00222t^2^{**}$	0,9130
	$+b^* = 40,2902 - 0,37657t + 0,11291t^2 - 0,000100t^3^{**}$	0,9926
	$+b^* = 40,3233 - 0,46837t + 0,01967t^2 - 0,00032t^3 + 0,000001t^4^{**}$	0,9999
40 °C	$+b^* = 38,5600 - 0,15146t^{**}$	0,8638
	$+b^* = 39,9723 - 0,33978t + 0,003138t^2^{**}$	0,9902
	$+b^* = 40,2483 - 0,47165t + 0,009271t^2 - 0,000681t^3^{**}$	0,9934
	$+b^* = 40,3233 - 0,67985t + 0,28287t^2 - 0,00058t^3 + 0,000004t^4^{**}$	0,9999

+b\* - intensidade do amarelo; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

---

## 5 - CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho com a polpa da manga Haden integral e em pó, pode-se concluir que:

✓ Os parâmetros de caracterização da polpa da manga Haden integral e da polpa formulada, são estatisticamente diferentes; a polpa integral apresentou maiores valores de umidade, sólidos totais, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores, não redutores, totais, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, em relação à polpa formulada a qual, por sua vez, apresentou menores valores de sólidos solúveis totais e densidade.

✓ A polpa da manga Haden integral se caracteriza como fluido não-newtoniano e pseudoplástico; dentre os modelos reológicos avaliados o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Mizrahi-Berk.

✓ Dentre os tratamentos avaliados a combinação de aditivos 1,5% de Super Liga Neutra com 1,5% de Emustab (Tratamento 5) mostrou-se eficaz para a formação de espuma com a polpa da manga Haden, com excelentes propriedades para secagem: densidade variando entre 0,6542 e 0,5412 g/cm<sup>3</sup>, alta incorporação de ar com o over-run variando entre 59,98 e 93,22% e excelente estabilidade.

✓ A condição do processo de secagem em camada de espuma da amostra do Tratamento 5, através do qual se obteve os menores teores de umidade, ocorreu na temperatura de 70 °C onde os tempos de secagem necessários foram de 8, 11 e 13 horas, para as espessuras da camada de espuma de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente.

✓ O modelo de Henderson para a amostra do Tratamento 5 na temperatura de 70 °C/1,5 cm de espessura da camada de espuma, foi o que descreveu, de forma mais satisfatória os dados da secagem da espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação e o menor desvio quadrático médio; os modelos de Henderson & Pabis e Logarítmico, também se mostraram adequados para a predição das curvas de secagem em camada de espuma da manga Haden.

✓ Nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e nas espessuras de 0,5 e 1,0 cm o modelo Logarítmico, foi o que resultou nos melhores ajustes com os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios.

✓ Os pós da manga Haden do Tratamento 5 obtidos por secagem em camada de espuma nas diferentes temperaturas e espessuras da camada de espuma, apresentaram: teores de umidade entre 5,75 e 8,89% b.u.; pH pouco ácido; sólidos solúveis totais na ordem de 75-85 °Brix; teores de ácido ascórbico variando entre 20,70 e 28,00 mg/100 g; atividade de água variando entre 0,213 a 0,276, indicando que a baixa atividade de água em combinação com a acidez, possibilita conservar o produto durante longo tempo; ângulo de repouso variando entre 40 a 47°, sugerindo bom escoamento em tubulações e rendimento entre 17,08 e 19,39%.

✓ As amostras em pó da polpa da manga Haden do Tratamento 5 secada na temperatura de 50 °C e 1,5 cm de espessura da camada de espuma apresentaram o maior teor de ácido ascórbico, sendo essas condições de secagem selecionadas como as melhores para as amostras do Tratamento 5; o tamanho das partículas da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) foi variado, com maior retenção percentual na malha com abertura de 0,149 mm.

✓ O modelo de Peleg apresentou os melhores ajustes às isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), com os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios percentuais médios, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C; as isotermas foram classificadas como Tipo III.

✓ De modo geral, a polpa em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) apresentou formatos irregulares e tamanhos variados, com muitas imperfeições em toda a superfície, não se encontrando partícula com superfície totalmente lisa.

✓ A umidade e a acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) diminuíram com o tempo de armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C; equações cúbicas e de 4º grau representaram com precisão o comportamento desses parâmetros com o tempo de armazenamento.

✓ Os açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) aumentaram durante o armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C, e podem ser estimados por equações cúbicas e de 4º grau.

✓ Os teores de ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) diminuíram com o tempo de armazenamento; e a temperatura de armazenamento influenciou significativamente no teor de ácido ascórbico das amostras. Equações lineares, quadrática e cúbica representaram bem a perda do ácido ascórbico com o tempo de armazenamento.

✓ A atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), armazenada na temperatura de 25 °C diminuiu na ordem de 1,72% após 60 dias de armazenamento. Na temperatura de 40 °C a atividade de água aumentou com o tempo de armazenamento, atingindo um aumento da ordem de 71,38% aos 60 dias. As equações quadrática, cúbica e de 4º grau podem ser usadas para representar o comportamento da atividade de água, na temperatura de 40 °C, durante o armazenamento.

✓ Durante o armazenamento da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), nas temperaturas de 25 e 40 °C, a luminosidade e a intensidade de amarelo diminuíram com o tempo de armazenamento, indicando que houve escurecimento das amostras com o tempo.

---

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHANTA, S.; OKOS, M. R. Quality changes during drying of food polymers. In: MUJUMDAR, A. S.; SUVACHITTANONT, S. **Development in drying**. Thailand: Kasetsart University Press., 2000. v. 2, p. 195-209.

ADAMS, S.; FRITH, W. J.; STOKES, J. R. Influence of particle modulus on the rheological properties of agar microgels suspensions. **Journal of Rheology**, v. 48, n. 6, p. 1195-1213, 2004.

ADHIKARI, B.; DI FALCO, S.; LOVETT J. C. Household characteristics and forest dependency: evidence from community-based forest management in Nepal. **Ecological Economics**, v. 48, n. 2, p. 245-257, 2004.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; ABREU, L. N.; ROSSETTI, A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 60-66, 2003.

AGRA, N. G. **Secagem e liofilização de manga: características físico-químicas, nutricionais e sensoriais**. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

AGRIANUAL 2007: **anúário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2007. p. 369.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; RAGHAVAN, G. S. V. Rheological characteristics and kinetics of colour degradation of green chilli puree. **Journal of Food Engineering**, v. 44, n. 5, p. 239-244, 2000.

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H.; Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **Jornal of Food Engineering**, v. 65, n. 1, p. 95-99, 2004.

---

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MOUCO, M. A. C.; MEDINA, V. D.; SANTOS, C. R.; TAVARES, S. C. C. H. **O Cultivo da mangueira irrigada no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido/Associação dos Produtores e Exportadores de Hortifrutigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco, 1999. 77p.

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. C. Indução floral. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 13, p. 259-276.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALEXANDRE, H. F. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 1, p. 145-151, 2006.

ALMEIDA, P.; MEIRA, T.; ALENCAR, L. C.; FREITAS, A.; HERCULANO, L. Avaliação físico-química de pós-alimentícios de manga (*Mangifera indica* L.) de diferentes variedades obtidas pelo processo de liofilização. In: ENCONTRO NACIONAL DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. CD.

AL-MUNHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders. Part 1: mathematical description of experimental. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 1, p. 297-307, 2004.

ALSINA, O. L. S.; SILVA, O. S. E.; SANTOS, J. M. Efeitos das condições operacionais na cinética de secagem de fatias de bananas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. CD Rom.

ALVES, D.G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem**. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AMBONI, R. D. M. C.; FRANCISCO, A.; TEIXEIRA, E. Utilização de microscopia eletrônica de varredura para detecção de fraudes em café torrado e moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3. p. 331-313, 1999.

AMSTALDEN, L. C. **Estudo da deposição de hesperidina em evaporadores da indústria de citrus**. 1996. 94 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANDRADE, C. O; SOUZA, J. S; MENDES, L. N; PEREIRA, R. J. Tendências do mercado internacional de manga. Documentos Técnicos Científicos. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n. 1, p. 112-120, 2001.

ANDRADE, S. A.; METRI, J. C.; BARROS NETO, B. Desidratação osmótica do jenipapo (*Geniba americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 276-281, 2003.

ANTONIO, G. C. **Avaliação do efeito dos pré-tratamentos de desidratação osmótica e secagem HTST na obtenção de snacks de batata doce (*Ipomoea batatas* Lam)**. Campinas, 2006. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANTONIO, G. C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.).** 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

**ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA.** Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2007. 136 p.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, Williams, S. (Ed) 14. Ed. Arlington, 1997. 1141p.

ASAE. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. ANSI/ASAE S319.3. In: ASAE. **Agricultural Engineers Yearbook of Standard**. St. Joseph: ASAE, 2004. p. 578-581.

ASSIS, J. I. S. **Cultivo da mangueira: colheita e pós-colheita.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/colheita.htm>> Acesso em: 21 jan. 2012.

ASSIS, M. M. M.; LANNES, S. C. S.; TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; ROMERO, J. Influence of temperature and concentration on rheological properties of caja juice (*Spondias mombin* L.). In: EURO THERM SEMINAR, 77., Heat and mass Transfer in Food Processing. Anais... Parma: Italy, 2005.

AZOUBEL, P. M. **Influência de pré-tratamentos na obtenção de produtos secos de caju (*Anacardium occidentale* L.)** 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de

Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AZOUBEL, P. M.; CIPRIANI, D. C.; EL-AOUAR, Â. A.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 413-417, 2005.

BABALIS, S. J.; PAPANICOLAOU, E.; KYRIAKIS, N.; BELESSIOTIS, V. G. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214. 2006.

BAKER, S.; HERRMAN, T. Evaluating particle size. **Feed Manufacturing**, MF-2051, 2002.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, 317 p.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; IBARZ, A.; PELEG, M. Propriedades reológicas de alimentos fluidos. **Revisión Alimentaria**, n. 241, p. 39-49, 1993.

BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNADI, M. R. Desidratação da polpa de manga "Tommy Atkins" utilizando a técnica de foam mat drying: avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Engineering**, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.

BATISTA, M. B; EL - AOAR, A. A; SILVA, C. G; CARVALHO, J. C. C; GOUVEIA, C. Q. Aspectos tecnológicos de obtenção da farinha integral de algaroba para uso em produtos de panificação. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2., 2007. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2007. CD-Rom.

BATES, R. P. Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit product. **Food Technology**, v. 18, n.1, p. 93-96, 1964.



- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extrattractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-573, 1998.
- BERISTAIN, C. I.; CORTÉS, R.; CASILLAS, M. A.; DÍAZ, R. Obtención de jugo de piña en polvo por el método de secado por espumas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 41, n. 2, p. 238-245, 1991.
- BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. supl., p.116-120, 2003.
- BENEVIDES, S.D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.
- BEZERRA, J. R. M. V. **Estudo reológico do suco de manga: efeito dos sólidos insolúveis**. 1997. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BEZERRA, T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)** 2009. 101 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. F. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades *coité*, *espada* e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2186-2192, 2010.
- BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1998.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport phenomena**. New York, John Woley & Sons, Inc., 2002. 895 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 151 p.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; NASCIMENTO, R. E. N.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BORGES, S. V.; MENEGALLI, F. C. Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 637-642, 1994.

BOZZOLA, J. J.; RUSSELL, L. D. **Eléctron microscopy**. 2. ed. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1992. 670 p.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P. PARENTE, E. J. de S. CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. de; Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 139-145, 2003.

BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. **Curso de tecnologia em processamento de sucos e polpas tropicais: química e bioquímica do processamento**. Brasília: ABEAS, 1998. v. 5, 109 p.

BRASIL. Instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Estabelece o Regulamento Técnico para a Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para a polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção 1, n. 6, p. 54-58.

---

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

BRENNAN, J. G. **Food processing handbook**. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co., 2006. 607 p.

BRUNINI, M. A. Avaliação das alterações em polpa de manga Tommy-Atkins congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 651-653, 2002.

BRYGIDYR, A. M.; RZEPECKA, M. A.; MCCONNELL, M. B. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 10. n. 4. p. 313-319. 1977.

CABRAL, A. C. P. L. F.; AZOUBEL, P. M.; SILVA, F. O.; SOUSA, R. M.; CAMPOS, A. B. Cinética de secagem de manga variedade Tommy Atkins com e sem pré-tratamento osmótico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1., 2006, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. p 27-31. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 197).

CABRAL, M. F. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) peneirada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2002.

CÁCERES, M. C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do “blend” misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAMARGO, P.; MORAES, C.; CANERI, M. H. G.; FRANCISCO, A. C.; MAIA, L. **Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “foam-mat”**. In: SEMANA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 6., 2008. **Anais...** 2008. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008. v. 2, n. 14, p.1-5.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 8, p. 1501-1507, 1982.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica L.*) var. Haden durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.

CARDOSO, R. L.; FERREIRA, V. L.; MONT-GOMERY, M. W.; YOTSOYANAGI, K. Efeito do tempo, luz e temperatura na cor da geléia de jambo vermelho (*Eugenia malaccensis*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 1, p. 28-31, 1997.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 264-271, 2004.

CASTRO NETO, M.T.; CUNHA, G.A. P. da. Aspectos botânicos. In: MATOS, A. P. de (Org.). **Manga: produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. (Frutas do Brasil, 4)

CASTRO NETO, M. T.; FONSECA, N.; SANTOS FILHO, H. P. CAVALCANTE JÚNIOR, A. T. Propagação e padrão da muda. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A Cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 6, p. 117-136.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

CHAVES-MONTES, B. E.; CHOPLIN, L.; SCHAER, E. Rheological characterization of wet food foams. **Journal of Texture Studies**, v. 38, n. 2, p. 236-252, 2007.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CHITARRA, M. I. F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 1-58.

CHOI, Y. H.; YOO, B. Characterization of time: dependent flow properties of food suspensions. **International Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 7, p. 801-805, 2004.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba. **Boletim Informativo dos Perímetros da Codevasf**, n. 3, 2009.

CORREIA, L. J. H.; LEITE, J. C. A.; ALVES, N. M. C.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, G. R. Análise das características físico-química da manga espada fresca. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2005.

CORREIA, R. C.; ARAÚJO, J. L. P. **Cultivo da mangueira: mercado**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2010. (Sistema de Produção, 2).

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucuscarota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.



---

COSTELL, E.; DURÁN, L. Reología físico química de los zumos y purés de frutas. Madrid. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 81-94, 1982.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrina a partir de amidos da mandioca e batata doce**. 2007. 137 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciência Agrônoma, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DA COSTA, J. M. C.; CAL-VIDAL. Caking degree of spray dried coconut milk. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRECONCENTRATION AND DRYING OF FOODS, 1998, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1998. p. 263275.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PAULA, M. L.; ASQUIERI, E. R. Avaliação química de geléias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.

DANTAS JUNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M.F. Determinação da difusividade térmica da polpa de manga Espada. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 22, n. 1, p. 39-42, 2007.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam mat drying**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DE GOIS, V. A.; CAL-VIDAL, J. Water sorption characteristics of freeze dried papaya in powdered and granular forms. **Canadian Institute of Food Science Technology**, v. 19, n. 1, p. 7-11, 1986.

DIKIN, D. A.; KOHLHAAS, K. M.; DOMMETT, G. H. B.; STANKOVICH, S. RVOFF, R. S. Scanning electron microscopy methods for analysis of polymer nanocomposites. **Microscopy and Microanalysis**, v. 12, n. 2, p. 674-675, 2006.

DOMINGUES, A. M.; ABADIO, F. D. B.; OLIVEIRA, V. M.; BORGES, S. V.; GAY, J. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananas comosus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através da análise de superfície de resposta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. CD.

DONADIO, L. C. Variedades de mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1996. Cap. 4, p. 32-56.

DOYMAZ, I. Effect of dipping treatment on air drying of plums. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 465-470, 2004.

DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; PAIVA, B. R. Propriedades termofísicas da polpa de mangaba a baixas e ultra-baixas temperaturas: densidade e calor específico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. esp., n. 1, p. 19-29, 2003.

DZAZIO, C. H; MACEDO, D. C; FLORÊNCIO, F; COSTA, J. A; ANJOS, M. M; SCHEMIN, M. H. C; OLIVEIRA, M. C. S; LEAL, E. S; ALEMIDA, J. V. P. Batata (*Polymnia sonchifolia*) desidratada em estufa e pelo método "foam-mat". **Revista Brasil Alimentos**, n. 38, p. 6, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Mandioca e Fruticultura: **Manga**. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br>> Acesso em: 27 jul. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Semi Árido. **Sistema de Produção**. 2 ISSN1807-0027 Versão Eletrônica Julho/2010. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br>> Acesso em: 10 nov. 2010.

EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUÊREIDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpas de umbu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. CD.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2001. 690 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Major food and agricultural commodities and producers**. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=571&year=2005>>.

Acesso em: 4 ago. 2009.

FARAONI, A. S. **Efeito do tratamento térmico do congelamento e da embalagem sobre o armazenamento da polpa de manga orgânica (*Mangifera indica L.*) cv. “UBÁ”** 2006. 117 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERNANDES, T. K. S. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 171-180, 2008.

FERNANDES, T. N.; RIBEIRO, F. C. R. Comportamento reológico, parâmetros físico-químicos e dinâmica do congelamento da polpa de maracujá adicionada de sacarose e pectina. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. BMCFB, p. 41-50, 2009.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FERRAZ, M. A.; SILVA, C. A. B.; VILELA, P. S. **Programa de desenvolvimento da fruticultura no Estado de Minas Gerais: caracterização da agroindústria de frutas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fapemig, 2002. 17 p.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229 p.

FISCHER, I. H.; ARRUDA, M. C.; ALMEIDA, A. M.; MONTES, S. M. N. M.; JERÔNIMO, E. M.; SIMIONATO, E. M. R. S.; BERTAN, R. M. A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em manga. **Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 107-116, 2009.

FRANCIS, F. J.; CLYDESDELE, F. M. **Food colorimetry: theory and applications**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1975. 477 p.

GALDINO, P. O. **Desidratação de polpa de umbu**. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia**. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

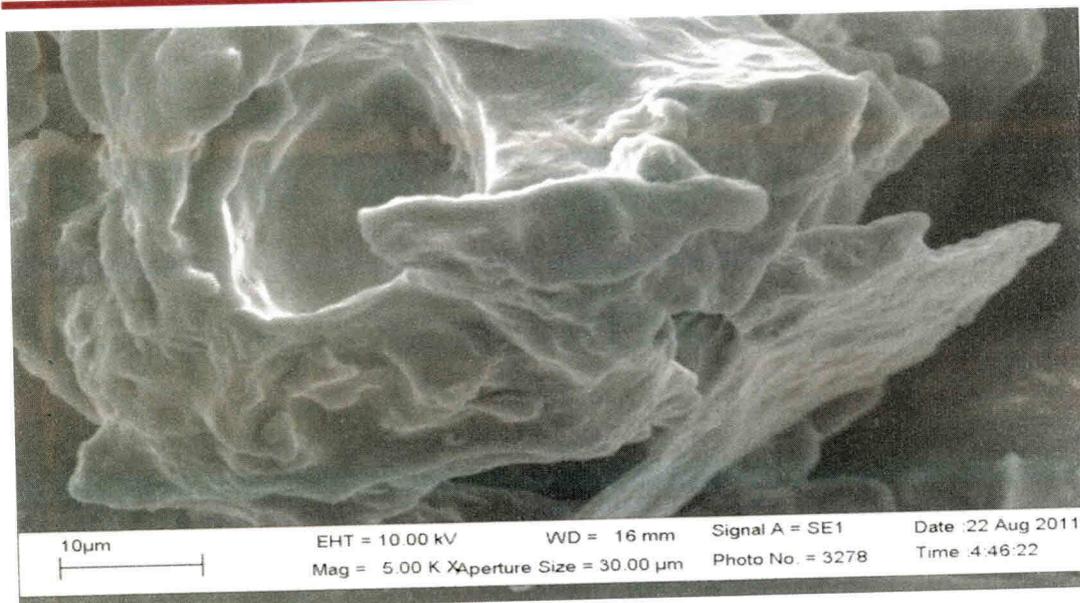
GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998. 289 p.

GASPARETTO, C. A.; GUIMARÃES, D. H. P. Rheological behavior of pineapple and mango pulps: effect of the measuring systems. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 16, p. 91-96, 2000.

GIRALDO, G.; TALENS, F. P.; CHIRALTA, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, n. 1, p. 33-43, 2003.

GOETZ, J.; BALZER, H.; HINRICHS, R. Characterization of the structure and flow behaviour of model chocolate, systems by means of NMR and rheology. **Applied Rheology**, v. 15, n. 2, p. 98-111, 2005.

GOFUR, M. A.; SHAFIQUE, M. Z.; HELALI-H., IBRAHIM, M., RAHMAN, M. M., HAKIM, A. Effect of various factors on the vitamin C (ascorbic acid) content of some mango varieties grown in Rajshahi region. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 29, n. 3, p. 163-71, 1994.



**Figura 4.16** - Fotomicrografia da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), desidratada na temperatura de 50 °C e espessuras da camada de espuma de 1,5 cm, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 5000x

#### 4.10 - Armazenamento do pó

O estudo do armazenamento da polpa da manga Haden em pó foi realizado com a melhor amostra, ou seja, na concentração de 1,5% de Super Liga Neutra + 1,5% de Emustab (Tratamento 5) a qual foi, posteriormente, desidratada, a uma temperatura do ar de secagem de 50 °C, na espessura da camada de espuma de 1,5 cm. As amostras em pó foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas e colocadas em recipientes de vidro, contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr), propiciando um ambiente de umidade relativa média aproximada de 55%. A amostra prosta neste ambiente foi analisada a cada 15 dias, durante 60 dias, sob atmosfera controlada em câmaras do tipo BOD, nas temperaturas de 25 e 40 °C.

##### 4.10.1 - Umidade

Verifica-se, na Tabela E.1 (Apêndice E), a análise de variância da umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) cujos resultados mostraram efeito

significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.28 são apresentados os valores médios da umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), armazenada em embalagem laminada durante 60 dias de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%; nota-se que durante o armazenamento ocorreu diminuição da umidade nas temperaturas de 25 e 40 °C, em relação ao teor de umidade inicial.

**Tabela 4.26** - Valores médios de umidade (% b.u.) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Umidade (%)	
	25 °C	40 °C
0	12,44±0,26 aA	12,44±0,26 aA
15	8,60±0,06 dB	10,17±0,02 eA
30	10,16±0,13 cB	10,75±0,05 dA
45	11,23±0,07 bB	11,99±0,09 bA
60	10,89±0,08 bB	11,44±0,21 cA

DMS para colunas = 0,37; DMS para linhas = 0,26; MG = 11,01; CV% = 1,36

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Observa-se, na temperatura de 25 °C, diminuição da umidade do período inicial (0 dia) para o período de 60 dias de armazenamento na ordem de 12,46%; e, entre os tempos de armazenamento de 45 e 60 dias nas quais não houve diferença significativa a 5% de probabilidade entre as médias, indicando que, provavelmente, as amostras tinham entrado em equilíbrio com o ambiente neste tempo; contrariamente, SILVA et al. (2005) em estudo com umbu-cajá em pó acondicionado em embalagem laminada e armazenado sob temperatura ambiente, observaram após 60 dias de armazenamento, um ganho de umidade de 24,5%; essas diferenças de comportamento são devidas às diferentes condições de temperatura e umidade relativa do armazenamento.

Constata-se também, na temperatura de 40 °C, uma diminuição da umidade do tempo inicial para o tempo 15 dias de armazenamento, na ordem de 18,25%. No final do

armazenamento em relação ao início do armazenamento, a redução da umidade foi na ordem de 8,04%. Comportamento inverso ao determinado por GOMES (2002) que, utilizando embalagem de polietileno, verificou aumento de 51,31% na umidade da polpa de acerola em pó, após 60 dias de armazenamento.

Comparando o teor de umidade entre as temperaturas nos diferentes tempos de armazenamento, verifica-se que houve diferença significativa entre os valores médios de umidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre as duas temperaturas, com os maiores valores obtidos nas amostras armazenadas a 40 °C. Constata-se, então, que a temperatura de armazenamento influenciou significativamente no teor de umidade da manga Haden em pó.

Verificam-se, na Tabela E.2 e E.3 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo do armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%; já na temperatura de 25 °C (Tabela E.2), a equação linear não foi significativa, entretanto, as equações quadrática e cúbica foram significativas a 1% de probabilidade porém a equação de 4º grau foi significativa a 5% de probabilidade; enquanto na temperatura de 40 °C (Tabela E.3), as equações linear, quadrática, cúbica e de 4º grau foram todas significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.27 tem-se as equações de regressão significativas propostas para estimar a umidade (% b.u.) da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento. Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que a equação quadrática não resultou em um bom ajuste, com coeficiente de determinação igual a 0,2525; as equações cúbica e de 4º grau apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação iguais a 0,9945 e 0,9999, respectivamente, podendo ser usadas para estimar o teor de umidade em função do tempo de armazenamento; já para a temperatura de 40 °C, pode-se observar que as equações linear e quadrática não resultaram em bons ajustes, com coeficiente de determinação iguais a 0,3071 e 0,6189, respectivamente; as equações cúbica e de 4º grau mostraram bons ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,96. OLIVEIRA et al. (2006) em estudo do armazenamento da polpa de pitanga em pó armazenada em embalagem laminada, verificaram que a equação linear resultou em ajuste razoável com coeficiente de determinação de 0,9049 e a equação quadrática com ajuste melhor, com coeficiente de determinação de 0,9634.

**Tabela 4.27** - Equações de regressão propostas para a umidade (% b.u.) da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$U = 11,5789 - 0,10754t + 0,00182t^{2**}$	0,2525
	$U = 12,4129 - 0,50601t + 0,02035t^2 - 0,000020t^3**$	0,9945
	$U = 12,4399 - 0,58114t + 0,02721t^2 - 0,00039t^3 + 0,000001t^4*$	0,9999
40 °C	$U = 11,3946 - 0,00624t**$	0,3071
	$U = 12,0875 - 0,09628t + 0,001539t^{2**}$	0,6189
	$U = 12,4001 - 0,24801t + 0,008481t^2 - 0,000772t^3**$	0,9611
	$U = 12,4399 - 0,35859t + 0,018587t^2 - 0,00035t^3 + 0,000002t^4**$	0,9999

U - umidade (%); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

#### 4.10.2 - Acidez total titulável

Verifica-se, na Tabela E.4 (Apêndice E), a análise de variância da acidez total titulável (% ac. cítrico) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados indicaram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Nota-se, na Tabela 4.28 que, durante o armazenamento ocorreu tendência de diminuição da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) com o tempo de armazenamento. No final do armazenamento em relação ao início do armazenamento, esta redução foi na ordem de 7,58% e 8,66%, nas temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente; observa-se, na temperatura de 25 °C, que nos tempos de armazenamento 0, 15 e 45 dias as médias da acidez total titulável foram estatisticamente iguais, não existindo diferença significativa entre os tempos de 30 e 60 dias, também não existiu diferença significativa a 5% de probabilidade; já na temperatura de 40 °C, as médias apresentaram diferenças significativas entre os tempos 0, 15 e 30 dias e, entre os tempos de 15, 45 e 60 as médias foram estatisticamente iguais, não apresentando diferença significativa a 5% de probabilidade. MEDEIROS (2007), em estudo de armazenamento de

mangaba em pó armazenada em embalagem laminada, detectou após 60 dias de armazenamento, diminuição na acidez total titulável na ordem de 20,03%.

Esta redução da acidez pode estar relacionada à diminuição da umidade e/ou aos processos oxidativos.

Comparando os valores entre as temperaturas observa-se que os maiores valores da acidez ocorreram na temperatura de 25 °C, sinalizando que as alterações da acidez foram menores nesta temperatura.

**Tabela 4.28** - Valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Acidez total titulável (%)	
	25 °C	40 °C
0	2,77±0,02 aA	2,77±0,02 aA
15	2,77±0,03 aA	2,49±0,00 bB
30	2,56±0,04 bA	2,40±0,01 cB
45	2,75±0,00 aA	2,48±0,00 bB
60	2,56±0,00 bA	2,53±0,05 bA

DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,05; MG = 2,61; CV = 1,06%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

Obs: 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 Tabela E.5 e E.6 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionados em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, armazenado nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%; na temperatura de 25 °C (Tabela E.5), a equação quadrática não foi significativa, entretanto, as equações linear, cúbica e de 4º grau, foram significativas a 1% de probabilidade; enquanto na temperatura de 40 °C (Tabela E.6), a equação de 4º grau não foi significativa, mas as equações linear, quadrática e cúbica, foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.29 tem-se as equações de regressão propostas para o cálculo da acidez total titulável da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do

tempo de armazenamento; já para a temperatura de 25 °C, tem-se que a equação linear e cúbica apresentaram baixos coeficientes de determinação, devendo ser evitadas para estimar o comportamento da acidez total titulável; a equação de 4º grau apresentou alto coeficiente de determinação, igual a 0,9999, podendo representar, de maneira satisfatória, o comportamento deste parâmetro com o tempo; para a temperatura de 40 °C, verifica-se que a equação linear apresentou baixo coeficiente de determinação, igual a 0,3196, e as equações quadrática e cúbica apresentaram os maiores coeficientes de determinação, podendo representar de maneira satisfatória o comportamento da acidez total titulável. Segundo LIMA (2006), em estudo de armazenamento da farinha de facheiro, a equação quadrática apresentou alto coeficiente de determinação, igual a 0,9897, considerada, portanto, adequada para representar o comportamento da acidez total titulável deste produto.

**Tabela 4.29** - Equações de regressão propostas para a acidez total titulável da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp. (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$ATT = 2,77000 - 0,00324t^{**}$	0,4295
	$ATT = 2,79242 - 0,01461t + 0,00053t^2 - 0,000006t^3^{**}$	0,5371
	$ATT = 2,77333 + 0,03842t - 0,00430t^2 + 0,00012t^3 - 0,000001t^4^*$	0,9999
	$ATT = 2,63533 - 0,00335t^{**}$	0,3196
40 °C	$ATT = 2,75295 - 0,01903t + 0,000261t^2^{**}$	0,9305
	$ATT = 2,77561 - 0,02986t + 0,000765t^2 - 0,0000055t^3^{**}$	0,9953

ATT - acidez total titulável (% ac. cítrico); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

#### 4.10.3 - Açúcares redutores

Observa-se, na Tabela E.7 (Apêndice E), a análise de variância dos açúcares redutores (% glicose) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para as

fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.30 verifica-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C, que os açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento, sendo os aumentos no final do armazenamento em relação ao início, na ordem de 18,40 e 16,02% respectivamente. Este aumento no teor de açúcares redutores pode ser atribuído a diminuição da umidade durante o armazenamento das amostras; nota-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C que, durante todo o armazenamento, as amostras apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade entre os valores médios dos açúcares redutores.; os valores médios dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó foram de 20,91 e 20,49% glicose, respectivamente, após 60 dias de armazenamento; valores inferiores ao detectado por SOARES et al. (2001), no estudo da estabilidade da acerola em pó, ao final de 60 dias de armazenamento, que reportaram um teor de açúcares redutores de 39,44% glicose; comparando-se os açúcares redutores entre as temperaturas constata-se que, na maioria dos tempos, os maiores teores ocorreram na temperatura de 25 °C.

**Tabela 4.30** - Valores médios dos açúcares redutores polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Açúcares redutores (%)	
	25 °C	40 °C
0	17,66±0,00 eA	17,66±0,00 eA
15	19,80±0,04 bA	19,60±0,07 bB
30	18,14±0,05 dB	18,52±0,03 dA
45	19,61±0,06 cA	19,27±0,06 cB
60	20,91±0,00 aA	20,49±0,00 aB

DMS para colunas = 0,11; DMS para linhas = 0,07; MG = 19,17; CV = 0,22%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

Obs: 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 nas, Tabelas E.8 e E.9 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó

(Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se nas Tabelas E.8 e E.9 para as temperaturas de 25 e 40 °C, que as equações lineares, quadráticas, cúbicas e de 4º grau, foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 4.31, para a temperatura de 25 °C a equação de 4º grau apresentou o maior coeficiente de determinação, igual a 0,9999, podendo estimar os açúcares redutores; as equações linear, quadrática e cúbica, não resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação iguais a 0,5742; 0,5960 e 0,7851, respectivamente; já na temperatura de 40 °C a equação cúbica e de 4º grau apresentaram os maiores coeficientes de determinação, iguais a 0,8791 e 0,9999, respectivamente, enquanto as equações linear e quadrática apresentaram baixos coeficientes de determinação iguais a 0,6137 e 0,6160 respectivamente; comportamento este inferior ao detectado por SILVA et al. (2005) em estudo do armazenamento de umbu-cajá em pó, armazenada em embalagem laminada por 60 dias de armazenamento que, utilizando a equação quadrática para estimar os dados experimentais dos açúcares redutores, encontraram coeficiente de determinação igual a 0,9049.

**Tabela 4.31** - Equações de regressão propostas para os açúcares redutores da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento

Temp. (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	AR = 17,9606+0,0420t**	0,5742
	AR = 18,1682+0,0144t+ 0,000461t <sup>2</sup> **	0,5960
	AR = 17,8059+0,1875t-0,007590t <sup>2</sup> - 0,000089t <sup>3</sup> **	0,7851
	AR = 17,6600+0,5929t-0,044619t <sup>2</sup> +0,00109t <sup>3</sup> - 0,000008t <sup>4</sup> **	0,9999
40 °C	AR = 18,0426+0,0355t**	0,6137
	AR = 18,0983+0,28104t +0,0001t <sup>2</sup> **	0,6160
	AR = 17,7493+0,10484t -0,0076t <sup>2</sup> +0,0000861t <sup>3</sup> **	0,8791
	AR = 17,6600+0,44312t-0,30308t <sup>2</sup> +0,000704t <sup>3</sup> +0,000005t <sup>4</sup> **	0,9999

AR - açúcares redutores (% glicose); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

#### 4.10.4 - Ácido ascórbico

Observa-se, na Tabela E.10 (Apêndice E), a análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e, para a interação entre os dois fatores, mostra diferença significativa a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.32 verifica-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C, que os teores de ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) diminuíram durante o período de 60 dias de armazenamento sendo essas reduções no final do armazenamento com relação ao início, na ordem de 26,23 e 33,37%, respectivamente; as vitaminas são compostos bastante sensíveis podendo ser degradadas por vários fatores, como temperatura, presença de oxigênio, luz, umidade, pH, e duração do tratamento a que foi submetido o alimento, entre outros. Portanto, o processamento de alimentos pode alterar significativamente a composição qualitativa e quantitativa desses nutrientes, apesar de tornar os alimentos mais atraentes ao paladar e aumentar sua vida de prateleira (AGOSTINI-COSTA et al., 2003).

**Tabela 4.32** - Valores médios de ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Ácido ascórbico (mg/100 g)	
	25 °C	40 °C
0	24,36±0,30 aA	24,36±0,30 aA
15	23,43±0,25 aA	22,27±0,25 bB
30	22,40±0,34 bA	20,73±0,86 cB
45	20,77±0,32 cA	19,43±0,50 dB
60	17,97±0,35 dA	16,23±0,30 eB

DMS para colunas = 1,03; DMS para linhas = 0,71; MG = 21,19; CV = 1,98%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Na temperatura de 25 °C nota-se que não houve diferença significativa entre as médias do tempo inicial (zero) e o tempo de 15 dias, entre os tempos de 15, 30, 45 e 60 dias houve diferenças significativas a 5% de probabilidade; já na temperatura de 40 °C, ocorreram diferenças significativas a 5% de probabilidade entre todos os tempos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). GALDINO (2003) verificou uma diminuição do ácido ascórbico na ordem de 30,07% no armazenamento do umbu em pó acondicionado em embalagem laminada, e exposta a temperatura ambiente após 60 dias de armazenamento.

Comparando o teor de ácido ascórbico entre as temperaturas nos diferentes tempos, observa-se que a temperatura mostrou influência significativa na degradação do ácido ascórbico apresentando, em todos os tempos, médias estatisticamente diferentes entre as temperaturas de 25 e 40 °C, com os maiores valores observados a 25 °C, significando que quanto maior a temperatura de armazenamento maior também a degradação do ácido ascórbico. Segundo BRASIL & GUIMARÃES (1998), a maior perda de vitamina C se dá com o aquecimento dos alimentos e, de modo geral, sua estabilidade é aumentada com o abaixamento da temperatura.

Tem-se, na Tabela E.11 e E.12 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se, na Tabela E.11, temperatura de 25 °C, que a equação linear e a quadrática foram significativas a 1% de probabilidade, porém a cúbica e a equação de 4º grau não foram significativas. Observa-se, portanto, para a temperatura de 40 °C (Tabela E.12), que a equação quadrática e a equação de 4º grau não foram significativas, embora a equação linear tenha sido significativa a 1% de probabilidade e a equação cúbica foi significativa a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.33 nota-se, para a temperatura de 25 °C, que a equação linear e a quadrática resultaram em bons ajustes, com coeficiente de determinação igual a 0,9421 e 0,9955, respectivamente.

Observa-se, na temperatura de 40 °C, que as equações linear e cúbica apresentaram coeficientes de determinação iguais a 0,9750 e 0,9987, respectivamente, podendo ser utilizadas de maneira satisfatória na estimativa do comportamento do ácido ascórbico.

OLIVEIRA (2006) também utilizou equação linear para descrever o comportamento do ácido ascórbico da pitanga em pó em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 4.33** - Equações de regressão propostas para o ácido ascórbico da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp.(°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	AA = 24,8740 - 0,1029t**	0,9421
	AA = 24,2520 - 0,02005t - 0,001382t <sup>2</sup> **	0,9955
40 °C	AA = 24,4206 - 0,12720t**	0,9750
	AA = 24,3825 - 0,20673t + 0,004828t <sup>2</sup> - 0,0000606t <sup>3</sup> *	0,9987

AA - ácido ascórbico (mg/100 g); t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01); \* significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05)

#### 4.10.5 - Atividade de água (a<sub>w</sub>)

Observa-se, na Tabela E.13 (Apêndice E), a análise de variância da atividade de água (a<sub>w</sub>) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Tem-se, na Tabela 4.34, os valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada no período de 60 dias de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.

Nota-se que, na temperatura de 25 °C, não houve alteração estatisticamente significativa a 5% de probabilidade da atividade de água durante os 60 dias de armazenamento; na temperatura de 40 °C ocorreu aumento da atividade de água na ordem de 72,07%, entre o tempo 0 (zero) e 15 dias de armazenamento, após este período a atividade de água se manteve estatisticamente estável durante os tempos de 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento; Este aumento pode ter sido causado pelo embalagem laminada, ou por condensação do vapor d'água com conseqüente aumento da atividade de água em virtude do aumento interno da pressão de vapor da amostra ou da pressão de vapor

externo. MOREIRA et al. (2011) em estudo de secagem de cupuaçu, encontraram valores médios de atividade de água de 0,62. Todas as atividades de água das amostras durante o armazenamento foram inferiores a 0,502, portanto apresentou-se numa faixa de atividade de água segura. Segundo BOBBIO & BOBBIO (1992) quando a atividade de água baixa para 0,40-0,80, haverá possibilidade de ocorrerem reações químicas e enzimáticas rápidas, pelo aumento da concentração dos reagentes mas, para  $a_w$  próxima de 0,60, tem-se pequeno ou nenhum crescimento microbiano.

**Tabela 4.34** - Valores médios de atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Atividade de água ( $a_w$ )	
	25 °C	40 °C
0	0,290±0,003 aA	0,290±0,003 bA
15	0,288±0,008 aB	0,499±0,002 aA
30	0,286±0,003 aB	0,502±0,006 aA
45	0,288±0,007 aB	0,501±0,005 aA
60	0,285±0,004 aB	0,497±0,004 aA

DMS para colunas = 0,013; DMS para linhas = 0,009; MG = 0,373; CV = 1,40%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Fazendo a comparação da atividade de água das amostras armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C, nota-se que a temperatura influenciou na atividade de água da amostra armazenada a 40 °C, a qual apresentou valores estatisticamente superiores a partir de 15 dias de armazenamento, quando comparada com a de 25 °C.

Observam-se, nas Tabelas E.14 e E.15 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se na Tabela E.14 (temperatura de 25 °C) que todas as equações testadas não foram significativas; na Tabela E.15 (temperatura de 40 °C) as equações linear, quadrática, cúbica e de 4ª grau, foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.35 tem-se as equações de regressão propostas para estimar a atividade de água da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento. Verifica-se que as equações se ajustaram bem aos dados experimentais, em função de apresentarem coeficientes de determinação superiores a 0,85, exceto a equação linear, que apresentou baixo coeficiente de determinação  $R^2 < 0,50$ , sinal de que não se ajustou bem aos dados experimentais. A equação de 4ª grau apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais quando comparada com as outras equações, com o maior coeficiente de determinação  $R^2 > 0,99$ . LISBOA (2010), em estudo com figo-da-índia em pó, armazenado na temperatura de 40 °C e umidade relativa de 55%, verificou que a equação de 4º grau foi a que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,9965.

**Tabela 4.35** - Equações de regressão propostas para atividade de água da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
40 °C	$a_w = 0,3746 + 0,0027t^{**}$	0,4910
	$a_w = 0,3130 + 0,0109t - 0,0001t^{2**}$	0,8681
	$a_w = 0,2928 + 0,0206t - 0,0005t^2 + 0,000004t^{3**}$	0,9840
	$a_w = 0,2900 + 0,0284t - 0,0013t^2 + 0,00002t^3 - 0,0000001t^{4**}$	0,9999

$a_w$  - atividade de água; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

#### 4.10.6 - Luminosidade (L\*)

Verifica-se, na Tabela E.16 (Apêndice E), a análise de variância da luminosidade (L\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e para a interação entre os dois fatores; porém, para o fator tempo de estocagem (dias) mostrou resultado não significativo.

Apresentam-se, na Tabela 4.36, os valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) nas temperaturas de 25 e 40 °C. Observa-se que as luminosidades das amostras armazenadas em embalagens laminadas nas

temperaturas de 25 e 40 °C, reduziram ao longo do período de armazenamento, significando que houve escurecimento das amostras durante o armazenamento, em razão de que, quanto mais próximo o valor de L\* de zero mais escura é a amostra; segundo, Observa-se, na temperatura de 25 °C, que existem diferenças significativas entre as médias da luminosidade nos tempos de armazenamento de 0 (zero) e 15 dias e de 45 e 60 dias, mantendo-se estatisticamente estável entre os tempos de 30 e 45 dias de armazenamento; notou-se tendência de redução do parâmetro luminosidade com o tempo de armazenamento sendo, no final do armazenamento e em relação ao início, esta redução na ordem de 20,14%.

**Tabela 4.36** - Valores médios de luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Luminosidade	
	25 °C	40 °C
0	62,97±0,11 aA	62,97±0,11 aA
15	52,84±0,21 bB	54,14±0,06 bA
30	51,52±0,25 cA	51,17±0,01 cB
45	51,23±0,06 cA	50,58±0,08 dB
60	50,29±0,01 dA	50,02±0,05 eB

DMS para colunas = 0,30; DMS para linhas = 0,21; MG = 53,77; CV = 0,23%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Verifica-se, na temperatura de 40 °C, que houve diferenças significativas entre todos os tempos de armazenamento; percebe-se, porém, uma redução da luminosidade maior do tempo inicial (0) até 15 dias e de 15 a 30 dias de armazenamento na ordem de 14,02% e 5,48%, respectivamente; no final do armazenamento e em relação ao início, a redução foi de 20,56%. LISBOA (2010), em estudo com figo-da-índia em pó avaliando o parâmetro luminosidade durante 20 dias de armazenamento na umidade relativa de 55% e nas temperaturas de 25 e 40 °C, também observou redução da luminosidade, na ordem de 2,64 e 12,53%, respectivamente. SILVA et al. (2005), em estudo de armazenamento de umbu-cajá em pó desidratada em estufa com circulação de ar sob temperatura de 70 °C e

armazenada a temperatura ambiente, também observaram redução do parâmetro luminosidade após 60 dias de armazenamento, na ordem de 4,52%.

Comparando as médias da luminosidade entre as temperaturas verifica-se, na maioria dos tempos, que as médias da luminosidade foram maiores que 25 °C, implicando no fato de que o escurecimento, nesta temperatura, foi menor; comportamento este semelhante ao determinado por GALDINO (2009) em estudo de polpa de figo-da-índia em pó, quando também observou que na maioria dos tempos o parâmetro luminosidade era menor na temperatura de 25 °C; assim, tem-se que houve influência da temperatura sobre o parâmetro luminosidade da amostra da manga Haden em pó.

Observam-se, na Tabela E.17 e E.18 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se, nas Tabelas E.17 e E.18, que todas as equações testadas (linear, quadrática, cúbica e de 4º grau) foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.37 constata-se que as equações quadráticas, cúbicas e de 4º grau se ajustaram melhor aos dados experimentais nas temperaturas de 25 e 40 °C, tendo em vista que os valores dos coeficientes de determinação foram todos superiores a 0,91; a equação linear não teve um ajuste muito satisfatório aos dados experimentais, por ter apresentado baixos coeficientes de determinação  $R^2 < 0,67$  para a temperatura de 25 °C e  $R^2 < 0,75$  para a temperatura de 40 °C. RAMOS et al. (2008) em estudo com fatias de abacaxis desidratadas na temperatura de 60 °C e acondicionadas em embalagens de polietileno com folha de alumínio e armazenada durante 75 dias sob temperatura ambiente ( $27 \pm 2$  °C) e protegida da luz, obtiveram  $R^2 < 0,48$  ao ajustarem a equação linear aos dados experimentais da luminosidade com o tempo.

**Tabela 4.37** - Equações de regressão propostas para luminosidade da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp.(°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$L = 59,2173 - 0,1810t^{**}$	0,6653
	$L = 62,0154 - 0,5541t + 0,00621t^{2**}$	0,9125
	$L = 62,9714 - 1,0108t + 0,02746t^2 - 0,000236t^3^{**}$	0,9950
	$L = 63,0599 - 1,2568t + 0,0499t^2 - 0,00084t^3 + 0,0000051t^4^{**}$	0,9999
40 °C	$L = 59,6653 - 0,1963t^{**}$	0,7495
	$L = 62,3681 - 0,5566t + 0,006006t^{2**}$	0,9705
	$L = 62,9505 - 0,8349t + 0,01894t^2 - 0,0001437t^3^{**}$	0,9998
	$L = 62,9666 - 0,8797t + 0,02304t^2 - 0,00025t^3 + 0,000000t^4^{**}$	0,9999

L - luminosidade; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

#### 4.10.7 - Intensidade de vermelho (+a\*)

Tem-se, na Tabela E.19 (Apêndice E), a análise de variância da intensidade do vermelho (+a\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr), cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Nota-se, na Tabela 4.38, que houve aumento da intensidade de vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), do tempo inicial (zero) para o tempo de armazenamento final, após 60 dias de armazenamento na ordem de 5,07%, na temperatura de 25 °C; verifica-se também que nesta temperatura os valores da intensidade do vermelho (+a\*) permaneceram estatisticamente iguais entre os tempos de armazenamento de 0 (zero), 15 e 45 dias e entre 30 e 60 dias; constata-se que, na temperatura de 40 °C, ocorreu um decréscimo da intensidade do vermelho do tempo inicial (zero) para o tempo de 15 dias, na ordem de 12,06%, permanecendo estatisticamente estável a partir de 30 dias até o tempo final de armazenamento. GALDINO (2011), em estudo do armazenamento do figo-da-índia em pó armazenada em saco de polietileno de baixa densidade na temperatura de 40 °C, após 40 dias de armazenamento, verificou um decréscimo da intensidade do vermelho de 3,85%.

**Tabela 4.38** - Valores médios de intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Intensidade do vermelho (+a*)	
	25 °C	40 °C
0	8,29±0,05 bA	8,29±0,05 aA
15	8,33±0,26 bA	7,29±0,10 cB
30	8,64±0,03 aA	7,64±0,08 bB
45	8,44±0,03 bA	7,61±0,04 bB
60	8,71±0,04 aA	7,67±0,05 bB

DMS para colunas = 0,15; DMS para linhas = 0,11; MG = 8,08; CV = 0,77%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Constatam-se nas Tabelas E.20 e E.21 (Apêndice E), as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da intensidade de vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Nota-se, na Tabela E.20 (temperatura de 25 °C) que as equações linear e de 4º grau foram significativas a 1% de probabilidade e as equações quadrática e cúbica não foram significativas. Na Tabela E.21 (temperatura de 40 °C) observa-se que todas as equações testadas (linear, quadrática, cúbica e de 4º grau) foram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.39 nota-se, na temperatura de 25 °C, que a equação linear não resultou em bom ajuste com coeficiente de determinação igual a 0,6471, quando comparado com a equação de 4º grau, que resultou em maior coeficiente de determinação 0,9999, podendo ser utilizada na predição do comportamento da intensidade de vermelho; já na temperatura de 40 °C as equações linear e quadrática não se ajustaram bem, apresentando baixos coeficientes de determinação; as equações cúbica e de 4º grau apresentaram bons ajustes com os maiores coeficientes de determinação, 0,8691 e 0,9999, respectivamente. LISBOA (2010) constatou, para as amostras armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C e com umidade relativa de 55%, que as equações lineares e de 4º grau apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,86.

**Tabela 4.39** - Equações de regressão propostas para intensidade de vermelho da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp. (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	+a* = 8,2786 + 0,00657t**	0,6471
	+a* = 8,2866 - 0,05999t + 0,00645t <sup>2</sup> - 0,000181t <sup>3</sup> +0,000001t <sup>4</sup> **	0,9999
40 °C	+a* = 7,8826 - 0,00606t**	0,1586
	+a* = 8,1307 - 0,03914t + 0,00055t <sup>2</sup> **	0,7558
	+a* = 8,2554 - 0,09870t + 0,00332t <sup>2</sup> - 0,000030t <sup>3</sup> **	0,8691
	+a* = 8,2866 - 0,18548t + 0,11246t <sup>2</sup> - 0,000246t <sup>3</sup> +0,000001t <sup>4</sup> **	0,9999

+a\* - intensidade de vermelho; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

#### 4.10.8 - Intensidade de amarelo (+b\*)

Verifica-se, na Tabela E.22 (Apêndice E), a análise de variância da intensidade de amarelo (+b\*) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) cujos resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, para as fontes de variação temperatura de armazenamento e tempo de estocagem (dias) e para a interação entre os dois fatores.

Analisando os resultados da Tabela 4.40, nota-se a ocorrência de um decréscimo da intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) no decorrer do armazenamento, nas temperaturas de 25 e 40 °C. Observa-se, na temperatura de 25 °C, uma diminuição do tempo inicial (zero) para o tempo de 15 dias na ordem de 9,10%; a partir do tempo de 15 dias até 60 dias de armazenamento, as médias de +b\* não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Tukey; na temperatura de 40 °C a amostra sofreu decréscimo do parâmetro intensidade de amarelo durante todo o armazenamento, na ordem de 23,90%, entre o tempo inicial até o término do armazenamento. LIMA (2006) em estudo de armazenamento da farinha de facheiro, armazenada em embalagem de polietileno em temperatura ambiente, após 60 dias de armazenamento, observou uma diminuição do parâmetro intensidade de amarelo na ordem de 18,42%.

Analisando a intensidade de amarelo entre as temperaturas verifica-se haver diferença significativa entre as médias, em que os maiores valores ocorreram na

temperatura de 25 °C, indicando que a degradação da intensidade de amarelo foi mais intensa na temperatura de 40 °C.

**Tabela 4.40** - Valores médios de intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dias)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	25 °C	40 °C
0	40,32±0,21 aA	40,32±0,21 aA
15	36,65±0,14 bA	34,73±0,19 bB
30	36,63±0,21 bA	33,05±0,15 cB
45	36,90±0,24 bA	31,29±0,10 dB
60	36,62±0,09 bA	30,68±0,01 eB

DMS para colunas = 0,43; DMS para linhas = 0,30; MG = 35,72; CV = 0,49%

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Observam-se, nas Tabelas E.23 e E.24 (Apêndice E) as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da intensidade de amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), acondicionada em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, isto è, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%. Verifica-se, na Tabela E.23 (temperatura de 25 °C) que as equações linear, quadrática e cúbica foram significativas a 1% de probabilidade e a equação de 4º grau foi significativa a 5% de probabilidade; na temperatura de 40 °C (Tabela E.24) constata-se que todas as equações testadas foram significativas a 1% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 4.41 para a temperatura de 25 °C, que as equações quadrática, cúbica e de 4º grau se ajustaram bem aos dados experimentais da intensidade de amarelo, enquanto a equação linear não resultou em um ajuste bom, com coeficiente de determinação igual a 0,4987; as outras equações apresentaram bons coeficientes de determinação, todos superiores a 0,91, enquanto a equação de 4º grau resultou no maior coeficiente de determinação, igual a 0,9999.

Na temperatura de 40 °C (Tabela 4.41) a equação linear resultou em ajuste razoável, com coeficiente de determinação igual a 0,8638; as equações quadrática, cúbica e de 4º grau resultaram nos melhores ajustes, todos superiores a 0,99, podendo-se utilizar qualquer uma destas equações para estimar a intensidade do amarelo. RAMOS et al. (2008), em estudo de armazenamento de abacaxi desidratado acondicionado em embalagem de polietileno transparente, verificaram que a equação linear foi satisfatória no ajuste dos dados experimentais, com coeficiente de determinação igual a 0,99.

**Tabela 4.41** - Equações de regressão propostas para a intensidade de amarelo da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), em função do tempo de armazenamento

Temp.(°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25 °C	$+b^* = 38,8813 - 0,04817t^{**}$	0,4987
	$+b^* = 39,8822 - 0,18163t + 0,00222t^2^{**}$	0,9130
	$+b^* = 40,2902 - 0,37657t + 0,11291t^2 - 0,000100t^3^{**}$	0,9926
	$+b^* = 40,3233 - 0,46837t + 0,01967t^2 - 0,00032t^3 + 0,000001t^4^{**}$	0,9999
40 °C	$+b^* = 38,5600 - 0,15146t^{**}$	0,8638
	$+b^* = 39,9723 - 0,33978t + 0,003138t^2^{**}$	0,9902
	$+b^* = 40,2483 - 0,47165t + 0,009271t^2 - 0,000681t^3^{**}$	0,9934
	$+b^* = 40,3233 - 0,67985t + 0,28287t^2 - 0,00058t^3 + 0,000004t^4^{**}$	0,9999

+b\* - intensidade do amarelo; t - tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

---

## 5 - CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho com a polpa da manga Haden integral e em pó, pode-se concluir que:

✓ Os parâmetros de caracterização da polpa da manga Haden integral e da polpa formulada, são estatisticamente diferentes; a polpa integral apresentou maiores valores de umidade, sólidos totais, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores, não redutores, totais, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, em relação à polpa formulada a qual, por sua vez, apresentou menores valores de sólidos solúveis totais e densidade.

✓ A polpa da manga Haden integral se caracteriza como fluido não-newtoniano e pseudoplástico; dentre os modelos reológicos avaliados o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Mizrahi-Berk.

✓ Dentre os tratamentos avaliados a combinação de aditivos 1,5% de Super Liga Neutra com 1,5% de Emustab (Tratamento 5) mostrou-se eficaz para a formação de espuma com a polpa da manga Haden, com excelentes propriedades para secagem: densidade variando entre 0,6542 e 0,5412 g/cm<sup>3</sup>, alta incorporação de ar com o over-run variando entre 59,98 e 93,22% e excelente estabilidade.

✓ A condição do processo de secagem em camada de espuma da amostra do Tratamento 5, através do qual se obteve os menores teores de umidade, ocorreu na temperatura de 70 °C onde os tempos de secagem necessários foram de 8, 11 e 13 horas, para as espessuras da camada de espuma de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, respectivamente.

✓ O modelo de Henderson para a amostra do Tratamento 5 na temperatura de 70 °C/1,5 cm de espessura da camada de espuma, foi o que descreveu, de forma mais satisfatória os dados da secagem da espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação e o menor desvio quadrático médio; os modelos de Henderson & Pabis e Logarítmico, também se mostraram adequados para a predição das curvas de secagem em camada de espuma da manga Haden.

✓ Nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e nas espessuras de 0,5 e 1,0 cm o modelo Logarítmico, foi o que resultou nos melhores ajustes com os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios.

✓ Os pós da manga Haden do Tratamento 5 obtidos por secagem em camada de espuma nas diferentes temperaturas e espessuras da camada de espuma, apresentaram: teores de umidade entre 5,75 e 8,89% b.u.; pH pouco ácido; sólidos solúveis totais na ordem de 75-85 °Brix; teores de ácido ascórbico variando entre 20,70 e 28,00 mg/100 g; atividade de água variando entre 0,213 a 0,276, indicando que a baixa atividade de água em combinação com a acidez, possibilita conservar o produto durante longo tempo; ângulo de repouso variando entre 40 a 47°, sugerindo bom escoamento em tubulações e rendimento entre 17,08 e 19,39%.

✓ As amostras em pó da polpa da manga Haden do Tratamento 5 secada na temperatura de 50 °C e 1,5 cm de espessura da camada de espuma apresentaram o maior teor de ácido ascórbico, sendo essas condições de secagem selecionadas como as melhores para as amostras do Tratamento 5; o tamanho das partículas da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) foi variado, com maior retenção percentual na malha com abertura de 0,149 mm.

✓ O modelo de Peleg apresentou os melhores ajustes às isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), com os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios percentuais médios, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C; as isotermas foram classificadas como Tipo III.

✓ De modo geral, a polpa em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) apresentou formatos irregulares e tamanhos variados, com muitas imperfeições em toda a superfície, não se encontrando partícula com superfície totalmente lisa.

✓ A umidade e a acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) diminuíram com o tempo de armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C; equações cúbicas e de 4º grau representaram com precisão o comportamento desses parâmetros com o tempo de armazenamento.

✓ Os açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) aumentaram durante o armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C, e podem ser estimados por equações cúbicas e de 4º grau.

✓ Os teores de ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) diminuíram com o tempo de armazenamento; e a temperatura de armazenamento influenciou significativamente no teor de ácido ascórbico das amostras. Equações lineares, quadrática e cúbica representaram bem a perda do ácido ascórbico com o tempo de armazenamento.

✓ A atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), armazenada na temperatura de 25 °C diminuiu na ordem de 1,72% após 60 dias de armazenamento. Na temperatura de 40 °C a atividade de água aumentou com o tempo de armazenamento, atingindo um aumento da ordem de 71,38% aos 60 dias. As equações quadrática, cúbica e de 4º grau podem ser usadas para representar o comportamento da atividade de água, na temperatura de 40 °C, durante o armazenamento.

✓ Durante o armazenamento da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm), nas temperaturas de 25 e 40 °C, a luminosidade e a intensidade de amarelo diminuíram com o tempo de armazenamento, indicando que houve escurecimento das amostras com o tempo.

---

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHANTA, S.; OKOS, M. R. Quality changes during drying of food polymers. In: MUJUMDAR, A. S.; SUVACHITTANONT, S. **Development in drying**. Thailand: Kasetsart University Press., 2000. v. 2, p. 195-209.

ADAMS, S.; FRITH, W. J.; STOKES, J. R. Influence of particle modulus on the rheological properties of agar microgels suspensions. **Journal of Rheology**, v. 48, n. 6, p. 1195-1213, 2004.

ADHIKARI, B.; DI FALCO, S.; LOVETT J. C. Household characteristics and forest dependency: evidence from community-based forest management in Nepal. **Ecological Economics**, v. 48, n. 2, p. 245-257, 2004.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; ABREU, L. N.; ROSSETTI, A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 60-66, 2003.

AGRA, N. G. **Secagem e liofilização de manga: características físico-químicas, nutricionais e sensoriais**. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

AGRIANUAL 2007: **anúário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2007. p. 369.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; RAGHAVAN, G. S. V. Rheological characteristics and kinetics of colour degradation of green chilli puree. **Journal of Food Engineering**, v. 44, n. 5, p. 239-244, 2000.

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H.; Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **Jornal of Food Engineering**, v. 65, n. 1, p. 95-99, 2004.

---

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MOUCO, M. A. C.; MEDINA, V. D.; SANTOS, C. R.; TAVARES, S. C. C. H. **O Cultivo da mangueira irrigada no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido/Associação dos Produtores e Exportadores de Hortifrutigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco, 1999. 77p.

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. C. Indução floral. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 13, p. 259-276.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALEXANDRE, H. F. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 1, p. 145-151, 2006.

ALMEIDA, P.; MEIRA, T.; ALENCAR, L. C.; FREITAS, A.; HERCULANO, L. Avaliação físico-química de pós-alimentícios de manga (*Mangifera indica* L.) de diferentes variedades obtidas pelo processo de liofilização. In: ENCONTRO NACIONAL DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. CD.

AL-MUNHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders. Part 1: mathematical description of experimental. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 1, p. 297-307, 2004.

ALSINA, O. L. S.; SILVA, O. S. E.; SANTOS, J. M. Efeitos das condições operacionais na cinética de secagem de fatias de bananas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. CD Rom.

ALVES, D.G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem**. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AMBONI, R. D. M. C.; FRANCISCO, A.; TEIXEIRA, E. Utilização de microscopia eletrônica de varredura para detecção de fraudes em café torrado e moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3. p. 331-313, 1999.

AMSTALDEN, L. C. **Estudo da deposição de hesperidina em evaporadores da indústria de citrus**. 1996. 94 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANDRADE, C. O; SOUZA, J. S; MENDES, L. N; PEREIRA, R. J. Tendências do mercado internacional de manga. Documentos Técnicos Científicos. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n. 1, p. 112-120, 2001.

ANDRADE, S. A.; METRI, J. C.; BARROS NETO, B. Desidratação osmótica do jenipapo (*Geniba americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 276-281, 2003.

ANTONIO, G. C. **Avaliação do efeito dos pré-tratamentos de desidratação osmótica e secagem HTST na obtenção de snacks de batata doce (*Ipomoea batatas* Lam)**. Campinas, 2006. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANTONIO, G. C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.).** 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

**ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA.** Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2007. 136 p.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, Williams, S. (Ed) 14. Ed. Arlington, 1997. 1141p.

ASAE. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. ANSI/ASAE S319.3. In: ASAE. **Agricultural Engineers Yearbook of Standard**. St. Joseph: ASAE, 2004. p. 578-581.

ASSIS, J. I. S. **Cultivo da mangueira: colheita e pós-colheita.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/colheita.htm>> Acesso em: 21 jan. 2012.

ASSIS, M. M. M.; LANNES, S. C. S.; TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; ROMERO, J. Influence of temperature and concentration on rheological properties of caja juice (*Spondias mombin* L.). In: EURO THERM SEMINAR, 77., Heat and mass Transfer in Food Processing. Anais... Parma: Italy, 2005.

AZOUBEL, P. M. **Influência de pré-tratamentos na obtenção de produtos secos de caju (*Anacardium occidentale* L.)** 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de

Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AZOUBEL, P. M.; CIPRIANI, D. C.; EL-AOUAR, Â. A.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 413-417, 2005.

BABALIS, S. J.; PAPANICOLAOU, E.; KYRIAKIS, N.; BELESSIOTIS, V. G. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214. 2006.

BAKER, S.; HERRMAN, T. Evaluating particle size. **Feed Manufacturing**, MF-2051, 2002.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, 317 p.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; IBARZ, A.; PELEG, M. Propriedades reológicas de alimentos fluidos. **Revisión Alimentaria**, n. 241, p. 39-49, 1993.

BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNADI, M. R. Desidratação da polpa de manga "Tommy Atkins" utilizando a técnica de foam mat drying: avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Engineering**, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.

BATISTA, M. B; EL - AOAR, A. A; SILVA, C. G; CARVALHO, J. C. C; GOUVEIA, C. Q. Aspectos tecnológicos de obtenção da farinha integral de algaroba para uso em produtos de panificação. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2., 2007. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2007. CD-Rom.

BATES, R. P. Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit product. **Food Technology**, v. 18, n.1, p. 93-96, 1964.



- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extrattractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-573, 1998.
- BERISTAIN, C. I.; CORTÉS, R.; CASILLAS, M. A.; DÍAZ, R. Obtención de jugo de piña en polvo por el método de secado por espumas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 41, n. 2, p. 238-245, 1991.
- BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. supl., p.116-120, 2003.
- BENEVIDES, S.D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.
- BEZERRA, J. R. M. V. **Estudo reológico do suco de manga: efeito dos sólidos insolúveis**. 1997. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BEZERRA, T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)** 2009. 101 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. F. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades *coité*, *espada* e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2186-2192, 2010.
- BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1998.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport phenomena**. New York, John Woley & Sons, Inc., 2002. 895 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 151 p.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; NASCIMENTO, R. E. N.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BORGES, S. V.; MENEGALLI, F. C. Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 637-642, 1994.

BOZZOLA, J. J.; RUSSELL, L. D. **Eléctron microscopy**. 2. ed. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1992. 670 p.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P. PARENTE, E. J. de S. CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. de; Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 139-145, 2003.

BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. **Curso de tecnologia em processamento de sucos e polpas tropicais: química e bioquímica do processamento**. Brasília: ABEAS, 1998. v. 5, 109 p.

BRASIL. Instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Estabelece o Regulamento Técnico para a Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para a polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção 1, n. 6, p. 54-58.

---

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

BRENNAN, J. G. **Food processing handbook**. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co., 2006. 607 p.

BRUNINI, M. A. Avaliação das alterações em polpa de manga Tommy-Atkins congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 651-653, 2002.

BRYGIDYR, A. M.; RZEPECKA, M. A.; MCCONNELL, M. B. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 10. n. 4. p. 313-319. 1977.

CABRAL, A. C. P. L. F.; AZOUBEL, P. M.; SILVA, F. O.; SOUSA, R. M.; CAMPOS, A. B. Cinética de secagem de manga variedade Tommy Atkins com e sem pré-tratamento osmótico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1., 2006, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. p 27-31. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 197).

CABRAL, M. F. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) peneirada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2002.

CÁCERES, M. C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do “blend” misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAMARGO, P.; MORAES, C.; CANERI, M. H. G.; FRANCISCO, A. C.; MAIA, L. **Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “foam-mat”**. In: SEMANA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 6., 2008. **Anais...** 2008. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008. v. 2, n. 14, p.1-5.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 8, p. 1501-1507, 1982.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica L.*) var. Haden durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.

CARDOSO, R. L.; FERREIRA, V. L.; MONT-GOMERY, M. W.; YOTSOYANAGI, K. Efeito do tempo, luz e temperatura na cor da geléia de jambo vermelho (*Eugenia malaccensis*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 1, p. 28-31, 1997.

CARVALHO, C. R. L; ROSSETO, C. J; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 264-271, 2004.

CASTRO NETO, M.T.; CUNHA, G.A. P. da. Aspectos botânicos. In: MATOS, A. P. de (Org.). **Manga: produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. (Frutas do Brasil, 4)

CASTRO NETO, M. T.; FONSECA, N.; SANTOS FILHO, H. P. CAVALCANTE JÚNIOR, A. T. Propagação e padrão da muda. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A Cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 6, p. 117-136.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

CHAVES-MONTES, B. E.; CHOPLIN, L.; SCHAER, E. Rheological characterization of wet food foams. **Journal of Texture Studies**, v. 38, n. 2, p. 236-252, 2007.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CHITARRA, M. I. F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 1-58.

CHOI, Y. H.; YOO, B. Characterization of time: dependent flow properties of food suspensions. **International Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 7, p. 801-805, 2004.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba. **Boletim Informativo dos Perímetros da Codevasf**, n. 3, 2009.

CORREIA, L. J. H.; LEITE, J. C. A.; ALVES, N. M. C.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, G. R. Análise das características físico-química da manga espada fresca. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2005.

CORREIA, R. C.; ARAÚJO, J. L. P. **Cultivo da mangueira: mercado**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2010. (Sistema de Produção, 2).

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucuscarota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.



COSTELL, E.; DURÁN, L. Reología físico química de los zumos y purés de frutas. Madrid. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 81-94, 1982.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrina a partir de amidos da mandioca e batata doce**. 2007. 137 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciência Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DA COSTA, J. M. C.; CAL-VIDAL. Caking degree of spray dried coconut milk. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRECONCENTRATION AND DRYING OF FOODS, 1998, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1998. p. 263275.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PAULA, M. L.; ASQUIERI, E. R. Avaliação química de geléias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.

DANTAS JUNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M.F. Determinação da difusividade térmica da polpa de manga Espada. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 22, n. 1, p. 39-42, 2007.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam mat drying**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DE GOIS, V. A.; CAL-VIDAL, J. Water sorption characteristics of freeze dried papaya in powdered and granular forms. **Canadian Institute of Food Science Technology**, v. 19, n. 1, p. 7-11, 1986.

DIKIN, D. A.; KOHLHAAS, K. M.; DOMMETT, G. H. B.; STANKOVICH, S. RVOFF, R. S. Scanning electron microscopy methods for analysis of polymer nanocomposites. **Microscopy and Microanalysis**, v. 12, n. 2, p. 674-675, 2006.

DOMINGUES, A. M.; ABADIO, F. D. B.; OLIVEIRA, V. M.; BORGES, S. V.; GAY, J. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananas comosus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através da análise de superfície de resposta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. CD.

DONADIO, L. C. Variedades de mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1996. Cap. 4, p. 32-56.

DOYMAZ, I. Effect of dipping treatment on air drying of plums. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 465-470, 2004.

DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; PAIVA, B. R. Propriedades termofísicas da polpa de mangaba a baixas e ultra-baixas temperaturas: densidade e calor específico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. esp., n. 1, p. 19-29, 2003.

DZAZIO, C. H; MACEDO, D. C; FLORÊNCIO, F; COSTA, J. A; ANJOS, M. M; SCHEMIN, M. H. C; OLIVEIRA, M. C. S; LEAL, E. S; ALEMIDA, J. V. P. Batata (*Polymnia sonchifolia*) desidratada em estufa e pelo método "foam-mat". **Revista Brasil Alimentos**, n. 38, p. 6, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Mandioca e Fruticultura: **Manga**. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br>> Acesso em: 27 jul. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Semi Árido. **Sistema de Produção**. 2 ISSN1807-0027 Versão Eletrônica Julho/2010. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br>> Acesso em: 10 nov. 2010.

EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUÊREIDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpas de umbu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. CD.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2001. 690 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Major food and agricultural commodities and producers**. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=571&year=2005>>.

Acesso em: 4 ago. 2009.

FARAONI, A. S. **Efeito do tratamento térmico do congelamento e da embalagem sobre o armazenamento da polpa de manga orgânica (*Mangifera indica L.*) cv. "UBÁ"** 2006. 117 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERNANDES, T. K. S. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 171-180, 2008.

FERNANDES, T. N.; RIBEIRO, F. C. R. Comportamento reológico, parâmetros físico-químicos e dinâmica do congelamento da polpa de maracujá adicionada de sacarose e pectina. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. BMCFB, p. 41-50, 2009.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FERRAZ, M. A.; SILVA, C. A. B.; VILELA, P. S. **Programa de desenvolvimento da fruticultura no Estado de Minas Gerais: caracterização da agroindústria de frutas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fapemig, 2002. 17 p.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229 p.

FISCHER, I. H.; ARRUDA, M. C.; ALMEIDA, A. M.; MONTES, S. M. N. M.; JERÔNIMO, E. M.; SIMIONATO, E. M. R. S.; BERTAN, R. M. A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em manga. **Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 107-116, 2009.

FRANCIS, F. J.; CLYDESDELE, F. M. **Food colorimetry: theory and applications**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1975. 477 p.

GALDINO, P. O. **Desidratação de polpa de umbu**. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia**. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998. 289 p.

GASPARETTO, C. A.; GUIMARÃES, D. H. P. Rheological behavior of pineapple and mango pulps: effect of the measuring systems. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 16, p. 91-96, 2000.

GIRALDO, G.; TALENS, F. P.; CHIRALTA, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, n. 1, p. 33-43, 2003.

GOETZ, J.; BALZER, H.; HINRICHS, R. Characterization of the structure and flow behaviour of model chocolate, systems by means of NMR and rheology. **Applied Rheology**, v. 15, n. 2, p. 98-111, 2005.

GOFUR, M. A.; SHAFIQUE, M. Z.; HELALI-H., IBRAHIM, M., RAHMAN, M. M., HAKIM, A. Effect of various factors on the vitamin C (ascorbic acid) content of some mango varieties grown in Rajshahi region. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 29, n. 3, p. 163-71, 1994.

GOLDMAN, F. H.; JACOBS, M. E. **Chemical methods in industrial hygiene**. New York: Inters Science Publishers, 1953. 392 p.

GOMES, P. M. A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) desidratada no leite de jorro**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GONCALVEZ, M. Microscopia eletrônica de varredura. In: CANEVAROLO JR., S. V. **Técnica de caracterização de polímeros**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2004. p. 165-175.

GONÇALVES, N. B. Caracterização física e química dos frutos de cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, n. 1, p. 72-78, 1998.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II - The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n.1, p.35-42, 2005.

GURJÃO, K. C. O.; SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E., 2008. Cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma (foam-mat drying). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Incaper. CD.

HERNANDEZ, E.; CHEN, C. S.; JOHNSON, J.; CARTED, R. D. Viscosity changes in orange juice after ultra-filtration and evaporation. **Journal of Food Engineering**, v. 25, n. 3 p.387-396, 1995.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretations of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v. 2, n. 4, p.393-418, 1971.



IADEROZA, M.; DRAETTA, I. S. Enzimas e pigmentos: Influência e alterações durante o processamento. In: SOLER, M. P.; BLEINRORTH, E. W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I. S.; LEITÃO, M. F.; RADOMILLE, L. R.; TOCCHINI, R. P.; FERREIRA, V. L. P.; MORI, E. E. M.; SOLER, R. M.; ARDITO, E. F. G.; XAVIER, R. L.; NETO, R. O. T. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991. Cap. 2, p. 17-29 (Manual Técnico, 8).

IBARZ, A.; GARVIN, A.; COSTA, J. Rheological behavior of sloe (*Prunus spinosa*) fruit juices. **Journal of Food Engineering**, v. 27, n. 4, p. 423-430, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Brasil: IBGE, 2010. v. 37, 89 p.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Fruticultura. Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas de Jan. a Out 2009. Disponível em: <[www.ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)>. Acesso em: 4 jun. 2012.

JARDIM, D. C. P. **Concentrado de tomate auto-estável pelo efeito combinado da atividade de água e acidez**. 1991. 125 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

KARATHANOS, V. T.; HOSTAROPOULOS, A. E. Air-drying Kinetics of osmotically dehydrated fruits. **Drying Technology**, v. 13, n. 5-7, p. 1503-1521, 1995.

KARIM, A. A.; CHEE-WAI, C. Foam-mat drying of starfruit (*Averhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.

KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. **Alimentos, nutrição e dietoterápica**. 7. ed. São Paulo: ROCA, 1991. 981 p.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T., MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying related properties of Apple. **Drying Technology**, v. 18, n. 6; p. 1251-1267, 2000.

LABUZA, T. P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 1, n. 2, p. 167-190, 1977.

LIMA, A. B. **Qualidade de manga Tommy Atkins orgânica colhida sob boas práticas agrícolas, tratada com extrato de erva-doce e fécula de mandioca**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LIMA, E. E. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro**. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LIMA, M. F. M. **Desidratação de polpa de umbu em leite de jorro: estudos fluidodinâmicos e térmicos**. 1992. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 565–568, 2005.

LINDEN, N. L.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza: Acribia, 1994. 426 p.

LISBOA, C. G. C. **Armazenamento de figo-da-índia em pó sob condições de atmosfera controlada**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LIZARPAGA, M. S.; PIANTEVICIN, D.; GONZALES, R.; RUBIOLO, A.; SANTIAGO, L. G. Rheological behaviour of whey protein concentrate and  $\lambda$ -carrageenan aqueous mixtures. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 5, p. 740-748, 2006.

LUCENA, E. M. P. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco**. 2006. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LUNDBLAD, B. Sempre há mercado para frutas e hortaliças de qualidade. **Hortifruti Brasil**, Ano 4, n. 45, 2006. p. 26

MACHADO, C. M. M. **Processamento de hortaliças em pequena escala**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2006. 99 p.

MACHADO, J. C. **Reologia e escoamento de fluido: ênfase na indústria do petróleo**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência/Petrobrás, 2002. 257 p.

MAIA, A. B. R.; GOLGHER, M. Parâmetros para avaliação da qualidade de reconstituição do leite em pó desidratado em secador de aspersão (spray-drier). **Boletim do SBCTA**, v. 17, n. 3, p. 235-254, 1983.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S.; CARVALHO, J. M.; FIGUEIRÊDO, R. W. **Processamento de frutas tropicais: nutrição, produtos e controle de qualidade**. Fortaleza: UFC, 2009. 277 p.

MARQUES, G. M. **Secagem de caldo de cana em leite de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MARTIN, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade *Tommy Atkins* desidratada**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MASKAN, M. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, v. 48, n. 2, p. 177-182, 2001.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1555, 1992.

MEDEIROS, J. **Secagem e armazenamento de polpa de mangaba**. 2007. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MEDEIROS, M. F. D.; ALSINA, O. L. S.; ROCHA, S. C.; JERÔNIMO, C. E. M.; MATA, A. L. M. L.; MEDEIROS, U. K. L.; FURTUNATO, A. A. Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais: efeito na secagem em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 475-480, 2001.

MEDEIROS, M. F. D.; ROCHA, S. C. S.; PEDRINI, M. R. S.; ANDRADE JR., W. M.; PASSOS, R. H. D.; SOUZA, J. S. Propriedades físicas y termodinámicas de las pulpas de cajá, umbu y acerola: efectos de la temperatura, concentración de sólidos totales y de sólidos solubles. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA QUIMICA 22., Buenos Aires. **Anais...** Argentina, 2006. CD.

MEDEIROS, M. L. AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. de M.; LANNES, S. C. Da S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. **Journal of Food Engineering**: v. 73, n. 4, p. 402-406, 2006.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in ultrafrozen orange juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 25, p. 7266-7270, 2003.

MELO, K. L. **Secagem de polpa do fruto do mandacaru**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MISHRA, V. K.; ORAIKUL, B.; TEMELLI, F. Physical characterization and water sorption of freeze dried dulce Palmaria palmata powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 20, n. 1, p. 25-39, 1996.

MITSCHKA, P. Simple Conversion of Brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheologica Acta**, v. 21, n. 2, p. 207-209, 1982.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p.513-18, 2005.

MONTES, C.; VICARIO, I. M.; RAYMUNDO, M.; FEET, R.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from jaboticaba (*Mysicium Jaboticaba Berg*). **Food Research International**, v. 38, n. 8-9, p. 983-988, 2005.

MONZELLE, G. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MUNIZAGA-TABILO, G.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 3, p. 147-156, 2005.

NEBESNY, E. ZYZELEWICZ, D.; MOTYL, I.; LI, Z. Properties of sucrose-free chocolates enriched with viable lactic acid bacteria. **European Food Research and Technology**, v. 220, n. 5, p. 358-362, 2005.

NOGUEIRA, C. M. C. C. D. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

- OLIVEIRA, C. A.; ROCHA, S. C. S. Intermittent drying of beans in a spouted bed. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 24, n. 4, p. 571-585, 2007.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUÊIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2006.
- OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva e raiz de chicória. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 181-189, 2006.
- OKADA, M.; VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; CARVALHO, R.; JARDIM, D. C. P. Fundamentos sobre a secagem de sólidos. In: AGUIRRE, J. M.; FILHO, J. G. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas: ITAL, 2002. Cap. 1, p. 1-24. (Manual Técnico).
- PADILHA, M. R. F. **Componente bioativos em mangas (*Mangífera indica* L.): influência da cultivar, do estágio de maturação e tratamento pós-colheita**. 2005. 116 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco Recife,.
- PAPADAKIS, S. E.; GARDELI, S. E.; GARDELI, C.; TZIA, C. Raizin extract powder: production, physical and sensory properties. In: INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM (ID's), 11. 1998. **Proceedings...** Haldiki: Ziti Editions, 1998.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 1, p. 97-103, 2002.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção de isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.
- PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estado da viscosidade aparente das polpas de manga (keitt) e abacaxi (perola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 128-131, 2000.

PELEGRINE, D. H.; SILVA, F. C.; GASPARETTO, C. A. Rheological behaviour of pineapple and mango pulps. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 35, n. 8, p. 645-648, 2002.

PFAFFENBACH, L. B.; CASTRO, J. V.; CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 410-413, 2003.

PICON, C.A.; ALMEIDA, E.F.; OLIVEIRA, N.T.C.; GUASTALDI, A.C. Caracterização de superfícies de titânio irradiadas com laser Nd: YAG e depositadas com hidroxiapatita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Brasil, 2006. CD.

PINA, M. G. M.; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 63-66, 2003.

PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENUÍ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 100-101.

PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V.; DIAS, J. N. **Avaliação de cultivares e seleções híbridas de manga em áreas de cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 140).

PINTO, A. C. Q.; ROSSETTO, C. J.; FALEIRO, F. G. Melhoramento genético da manga: métodos, resultados, limitações e estratégias. In: SIMPÓSIO DE MANGA DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 1., 2005, Juazeiro. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005. CD-ROM.

PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leito de espuma**. 2009. 65 f. Dissertação



(Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

QUEIROZ, A. J. M. **Estudo do comportamento reológico dos sucos de abacaxi e manga**. 1998. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

QUEIROZ, A. J. M.; VIDAL, J. R. M.; GASPARETTO, C. A. Influência dos sólidos suspensos na reologia do suco de abacaxi. In: ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, 14., 1996, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 1996. p. 49-53.

RAHARITSIFA, N.; GENOVES, D. B.; RATTI, C. Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 3, p. 142-151, 2006.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G.S.V. Drying characteristic of foamed Alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 1452-1459, 2007.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-químicas e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

RANGANA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Mc Graw-Hill, 1979. 634 p.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. Aithersburg: Aspen Publishers, 1999. 433 p.

- RAPHAEL, M.; ROHANI, S. On-line estimation of solids concentrations and mean particle size using a turbidimetry method. **Powder Technology**, v. 89, n. 2, p. 157-163, 1996.
- REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta cumari do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 347-357, 2011.
- REMACHA, J. E., IBRARZ. A., GINER, J. E. Evolución del color, por efecto de la temperatura, em pulpas de frutas. **Revista Alimentaria**, v. 2, n. 4, p. 59-68, 1992.
- RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Frutos de melão submetidos a pré-tratamentos com hidrocolóides: efeitos do processo de congelamento sobre a microestrutura celular. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3. p. 295-304, 2002.
- RIBEIRO, C. F. A. **Métodos combinados de desidratação osmótica e secagem para conservação de manga Tommy Atkins**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 184p.
- RIGANAKOS, K. A.; DEMERTZIS, P. G.; KONTOMINAS, M. G. Water sorption by wheat and soy flour: comparison of three methods. **Journal Cereal Science**, v. 20, n. 1, p.101-106. 1994.
- ROBERTS, G. P.; BARNES, H. A.; CAREW, P. Modeling the flow behavior of very shear-thinning liquids. **Chemical Engineering Science**, v. 56, n. 1, p. 5617-5623, 2001.
- ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; MORAIS, E. A.; SILVA, G. G.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; ALVEZ, M. Z. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga "Tommy Atkins". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 302-305, 2001.

RODRIGUES, C. Q.; LIMA, E. D. P. A.; ALMEIDA, E. C. Caracterização físico-química de maçã Fuji (*Malus domestica Borkh*) e rendimento no processo de desidratação. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 1., 2006, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2006. CD. p. 1-5.

RODRIGUES, J. A. S. **Comportamento de dez variedades de mangas (*Mangifera indica* L.) em Viçosa e Visconde do Rio Branco-MG.** 1977. 35 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TILMON, Y. A Scanning electron microscopy study of microencapsulation. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 1, p. 139-147, 1985.

ROSENBERG, M.; YOUNG, S. L. Whey proteins as microencapsulating agents. Microencapsulation of anhydrous milkfat-structure evaluation. **Food Structure**, v. 12, n. 1, p. 31-41, 1993.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 37, n. 1, p. 517-525, 2004.

SANTANA, M. F. S.; GASPARETTO, C. A. Microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja: um estudo por técnicas físicas e análise de imagens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 124-134, 2009.

SANTOS, A. B.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Preparo e caracterização de microcápsulas de oleoresina de páprica obtidas por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 322-326, 2005.

SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose.** 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, S. C. S. **Grau de caking de pós de abacate (*Persea americana*, Mill) obtidos por spray-drying**. 1983. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) —Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruits juice and purees. **Journal of Food Science**, v. 35, n. 2, p. 122-125, 1970.

SATIM, M.; SANTOS, R. A. M. Estudo das características nutricionais das polpas de manga (*Mangifera indica* L.) variedade tommy atkins. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2009. **Anais...** Maringá: Sesumar, 2009. CD.

SCHRAND, A. M. Polymer sample preparation for electron microscopy. **Microscopy and Microanalysis**, v. 11, n. 2, p. 702-703, 2005.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Dehydration of tamarind pulp through the foam-mat drying method. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, 2008.

SILVA, D. F. P.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, C. C.; STHUIVING, T. B. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na zona da mata mineira. **Ceres**, v. 56, n. 6, p. 783-789, 2009.

SILVA, F. **Avaliação do teor e da composição química do óleo essencial de plantas medicinais submetidas a processos de secagem e armazenamento**. 2005. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. A New version of the Assistat-statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE 4., Orlando. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.

SILVA, M. F. A. **Estudo de maturação de algumas variedades de manga, caracterização físico-química e química do fruto e processamento da polpa**. 1985. 125 f. Dissertação (Mestrado em Frutos Tropicais) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária–Embrapa. **Cultivo da mangueira**. Socioeconomia, 2004. Disponível em: 27 jul. 2009.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 815-819, 2009.

SINGH, R. K.; LUND, D. B. Kinetics of ascorbic acid degradation in stored intermediate moisture apples. In: MACKENNA, B. M. **Engineering Sciences in the Food Industry**. Amsterdam: Elsevier, 1984. v. 1, p. 389- 404.

SINNECKER, P.; GOMES, M. S. O.; ARÊAS, J. A. G.; LANFER–MARQUES, V. M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, n. 14, p. 3961-3966, 2002.

SIQUEIRA, D. L.; BROTEL, N.; CARVALHO, V. D.; RAMOS, V. H. V.; COUTO, F. A. D. Características físicas e químicas de vinte cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 10, n. 2, p. 49-54, 1988.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA, A. Jr.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “Foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

---

SOUSA, E. M. B. D., LIMA, M. F. M., SOUZA, J. S., TOLEDO, M. T. Efeitos da temperatura e dos teores de umidade e de sólidos nas propriedades termofísicas de polpas de frutas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 13., Campinas. **Anais...** Campinas, UNICAMP, 2000. CD.

SOUZA, J. S.; ALMEIDA, C. O.; ARAÚJO, J. L. P.; CARDOSO, C. E. L. Aspectos socioeconômicos. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 19-30.

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas da polpa de frutas tropicais em leite de jorro**. 2009. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2 ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. 418 p.

SUGAI, A. Y.; TADINI, C. C.; TRIBESS, T. B. Influência da temperatura do tratamento térmico sobre os parâmetros reológicos do purê de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Haden. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBCTA, 2002. CD. p. 1857-1860.

TANSAKUL, A.; CHAISAWANG, P. Thermophysical properties of coconut milk. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 1, p. 276-280, 2006.

TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N.; GABAS, A. L.; YAMASHITA, F. Thermophysical properties of Brazilian Orange juice as affected by temperature and water content. **Journal of Food Engineering**, v. 38, n. 1, p. 27-40, 1998.

TEUNOU, E.; FITZPATRICK, J. J.; SYNOTT, E. C. Characterization of food powder flowability. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 1, p. 31-37, 1999.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Journal of Food Engineering**. v. 86, n. 4, p. 573-583, 2008.

TORREGIANNI, D.; BERTOLO, G. High-quality fruit and vegetable products using combined processes. In: FITO, P. et al. (Ed.). **Osmotic dehydration & vacuum impregnation: application in food industries**. Lancaster: Technomic Publishing, 2001. p. 3-9.

TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidade aparente da polpa de umbu-cajá concentrada a 10°C. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p. 161-168, 2003.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p.

TRAVAGLINI, D. A.; NETO, M. P.; BLEINROTH, E. W.; LEITÃO, M. F. F. **Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial**. Campinas: ITAL, 1993. 73 p.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma (“foam mat”)**. 1971. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

UBOLDI-EIROA, M. N. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas, ITAL 1996. p. 611–626 (Manual Técnico).

USDA - **National Nutrient Database for Standard**, Release, 14 de julho de 2001. Disponível em: <<http://www.editora.nal.usda.gov>>. Acesso em: 25 janeiro de 2011.

VALEXPOR. **Associação dos Produtores e Exportadores de Hortifrutigranjeiros e Derivados do Vale do S. Francisco**. Disponível em: <<http://www.valexport.com.br>>. Acesso em: 22 Out. 2011.

VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J.; MORGAN, A. I. **Food dehydration**. 2. ed. Westport: The Avi Publishing, 1964. v. 2, 721 p.

VENCATO, C. E.; MARCZAK, L. F. D.; NOREÑA, C. P. Z.; KITASAWA, S. Moisture sorption isotherms of organic soy protein (NGMO). In: MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING (ENPROMER), 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. CD.

VENDRÚSCOLO, H. T. **Comportamento reológico e estabilidade física da polpa de carambola (*Avenrrhoa carambola*)**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VIANA JUNIOR, N. M.; **Farinha de banana madura: processo de produção e aplicações**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A.; GRANDIN, A. Efeito do comportamento geológico da polpa de manga. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 1, n. 2, p. 69-76, 2000.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica L-Keitt*). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 39-42, 2004.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangífera indica L. cv. Keitt*) centrifugada. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

VIEIRA, J. A. G. **Propriedades termofísicas e convecção no escoamento laminar de suco de laranja em tubos**. 1996. 96 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VITALI, A. A.; RAO, M. A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: effect of temperature and concentration. **Journal of Food Science**, v. 49, n. ?, p. 882-888, 1984.

YAN, H.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Compression characteristics of agglomerated food powders: effect of agglomerated size and water activity. **Food Science and Technology International**, v. 3, n. 5, p. 351-359, 1997.

YAN, H.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Size characterization of selected food powders: by five particle size distribution functions. **Food Science and Technology International**, v. 3, n. 5, p. 361-369, 1997.

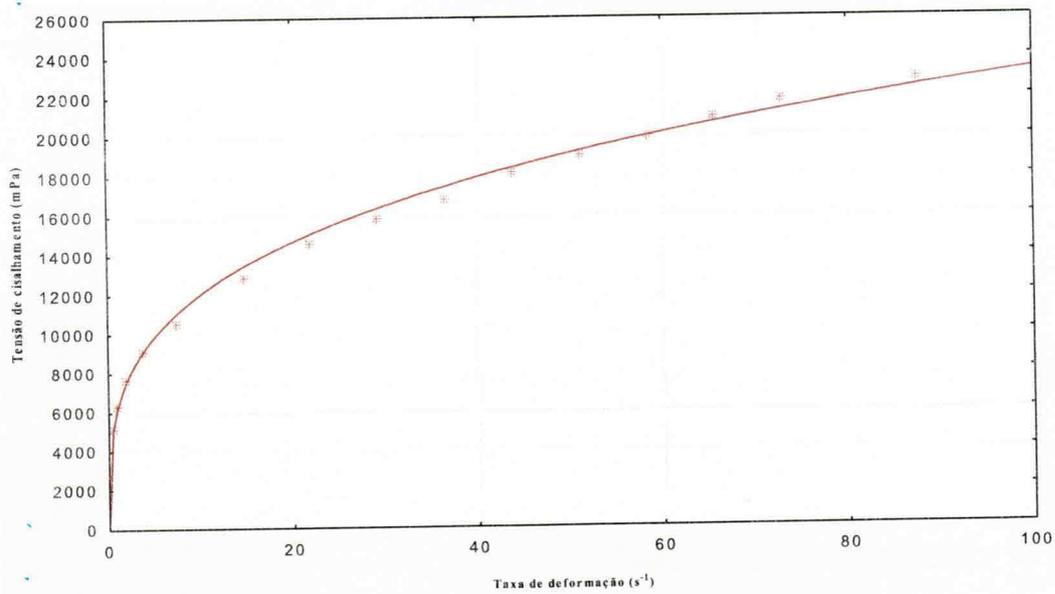
ZAINAL, B. S.; ARMAN, R. A.; ARIFF, A. B.; SAARI, B. N.; SABIH, B. A. Effects of temperature on the physical properties of pink guava juice at two different concentrations. **Journal of Food Engineering**, v. 43, n. ?, p. 55-59, 2000.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVAR, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia, Comunicado Técnico 215, Embrapa-CNPSA, 1996.

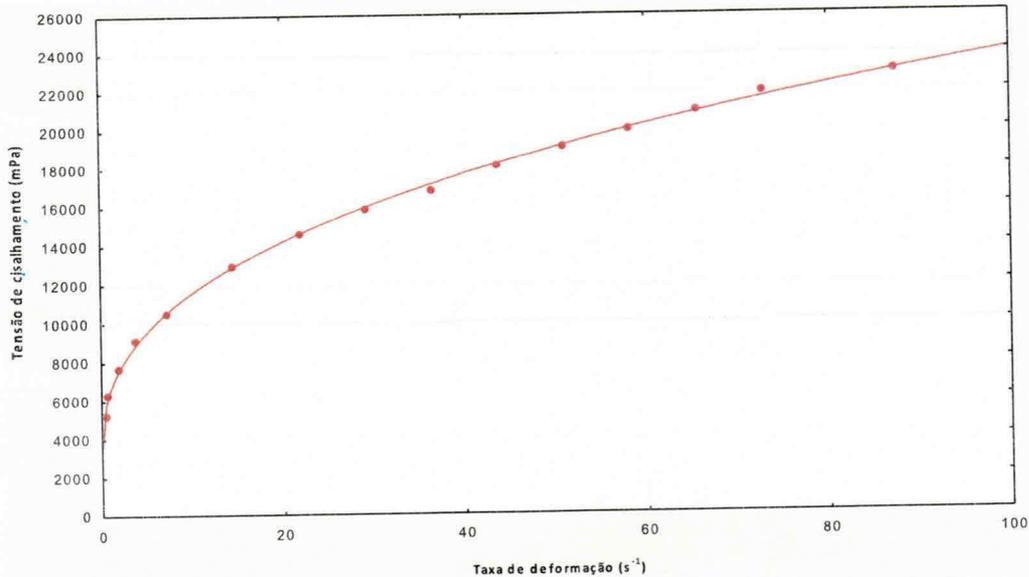
## **APÊNCICE A**

**Tabela A.1** - Valores médios da viscosidade aparente, tensão de cisalhamento (mPa) e taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) para a polpa da manga Haden na temperatura de 25 °C, em diferentes velocidades de rotação (rpm)

Velocidade de rotação (rpm)	Viscosidade aparente (mPa.s)	Tensão de cisalhamento (mPa)	Taxa de deformação ( $s^{-1}$ )
0,5	75.800	5.217,3	0,36415
1,0	45.400	6.341,6	0,7283
2,5	22.370	7.664,1	1,82075
5,0	13.120	9.142,8	3,6415
10	7.500	10.565,7	7,283
20	4.600	12.937,2	14,566
30	3.500	14.611,2	21,849
40	2.800	15.883,4	29,132
50	2.400	16.879,5	36,415
60	2.200	18.154,5	43,698
70	2.000	19.111,5	50,981
80	1.900	20.004,3	58,264
90	1.700	20.952,9	65,547
100	1.600	21.881,9	72,83
120	1.400	22.961,7	87,396



**Figura A.1** - Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa de manga Haden, com ajuste pelo modelo Lei da Potência



**Figura A.2** - Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa de manga Haden, com ajuste pelo modelo Herschel-Bulkley

UFCC - BIBLIOTECA

**APÊNDICE B**

**Tabela B.1** - Análise de variância da densidade das espumas em função da concentração dos aditivos das diferentes formulações e diferentes tempos de batimento

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo (F <sub>1</sub> )	5	0,11289	0,02258	170907,88**
Concentração (F <sub>2</sub> )	4	1,10011	0,27503	2081786,84**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	20	0,01547	0,00077	5853,8014**
Tratamentos	29	1,22847	0,04236	320646,99**
Resíduos	60	0,00001	0,00000	
Total	89	1,22848		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de Liberdade; S.Q. - Soma dos Quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela B.2** - Análise de variância dos valores do over-run em função da concentração dos aditivos das diferentes formulações e diferentes tempos de batimento

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo (F <sub>1</sub> )	5	5968,95926	1193,79185	199186,63**
Concentração (F <sub>2</sub> )	4	45041,76097	11260,44024	1878827,63**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	20	1525,34939	76,26747	12725,3843**
Tratamentos	29	52,536,06962	1811,58861	302267,29**
Resíduos	60	0,35960	0,00599	
Total	89	52.536,42922		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de Liberdade; S.Q. - Soma dos Quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

## **APÊNDICE C**

**Tabela C.1** - Análise de variância dos valores médios da umidade (% b.u) da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	14,23641	7,11820	325,9368**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	5,55921	2,77961	127,2760**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,56395	0,14099	6,4557**
Tratamentos	8	20,35958	2,54495	116,5311**
Resíduos	18	0,39311	0,02184	
Total	26	20,75268		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL. - Grau de Liberdade; S.Q. - Soma dos Quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela C.2** - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	91,52667	45,76333	33,0465**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	4,38889	2,19444	1,5846ns
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	71,24444	17,81111	12,8617**
Tratamentos	8	167,16000	20,89500	15,0887**
Resíduos	18	24,92667	1,38481	
Total	26	192,08667		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL. - Grau de Liberdade; S.Q. - Soma dos Quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns - não significativo

**Tabela C.3** - Análise de variância dos valores médios da acidez total (%ac. cítrico) da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	0,14490	0,07245	22,2537**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	0,38201	0,19100	58,6701**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,56246	0,14061	43,1923**
Tratamentos	8	1,08936	0,13617	41,8271**
Resíduos	18	0,05860	0,00326	
Total	26	1,14796		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; GL. - Grau de Liberdade; S.Q. - Soma dos Quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns - não significativo

**Tabela C.4** - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores (%) da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	21,89296	10,94648	1649,3019**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	38,47242	19,23621	2898,3131**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	4,07602	1,01901	153,5332**
Tratamentos	8	64,44140	8,05517	1213,6703**
Resíduos	18	0,11947	0,00664	
Total	26	64,56087		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; GL. - Grau de Liberdade; S.Q. - Soma dos Quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F;  
ns - não significativo

**Tabela C.5** - Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L\*) da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	1,78845	0,89423	3,0960ns
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	50,37336	25,18668	87,2003**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	46,98859	11,74715	40,6705**
Tratamentos	8	99,15041	12,39380	42,9093**
Resíduos	18	5,19907	0,28884	
Total	26	104,34947		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL. - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F;  
ns - não significativo

**Tabela C.6** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho (a\*) da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	16,30179	8,15089	78,7751**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	1,36287	0,68144	6,5858**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	2,30206	0,57551	5,5621**
Tratamentos	8	19,96672	2,49584	24,1213**
Resíduos	18	1,86247	0,10347	
Total	26	21,82919		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela C.7** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo (b\*) da polpa da manga Haden na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	31,26112	15,63056	38,4951**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	4,78814	2,39407	5,8961*
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	32,34544	8,08636	19,9151**
Tratamentos	8	68,39470	8,54934	21,0554**
Resíduos	18	7,30873	0,40604	
Total	26	75,70343		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; \*significativo a nível de 5% de probabilidade; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela C.8** - Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	0,00492	0,00246	481,5870**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	0,00433	0,00217	423,8478**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,00242	0,00061	118,5215**
Tratamentos	8	0,01168	0,00146	285,6196**
Resíduos	18	0,00009	0,00001	
Total	26	0,01177		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela C.9** - Análise de variância dos valores médios da solubilidade da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	24,55292	12,27646	10014,0302**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	0,53454	0,26727	218,0151**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,48428	0,12107	98,7583**
Tratamentos	8	25,57174	3,19647	2607,3905**
Resíduos	18	0,02207	0,00123	
Total	26	25,59381		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela C.10** - Análise de variância dos valores médios do rendimento da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	3,02865	1,51433	19,3401**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	9,97010	4,98505	63,6660**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,39117	0,09779	1,2489ns
Tratamentos	8	13,38992	1,67374	21,3760**
Resíduos	18	1,40940	0,07830	
Total	26	14,79932		

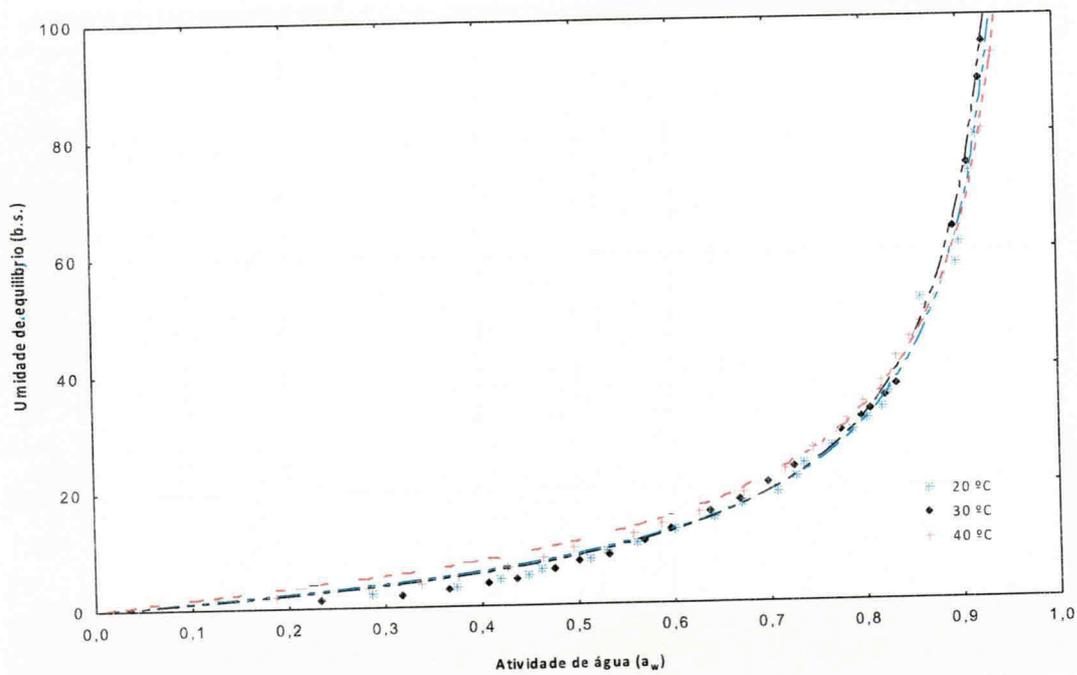
\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns - não significativo

**Tabela C.11** - Análise de variância dos valores médios do rendimento da polpa da manga Haden em pó, na formulação com 1,5% Super Liga Neutra e 1,5% Emustab, em função da temperatura de secagem e das espessuras da camada de espuma

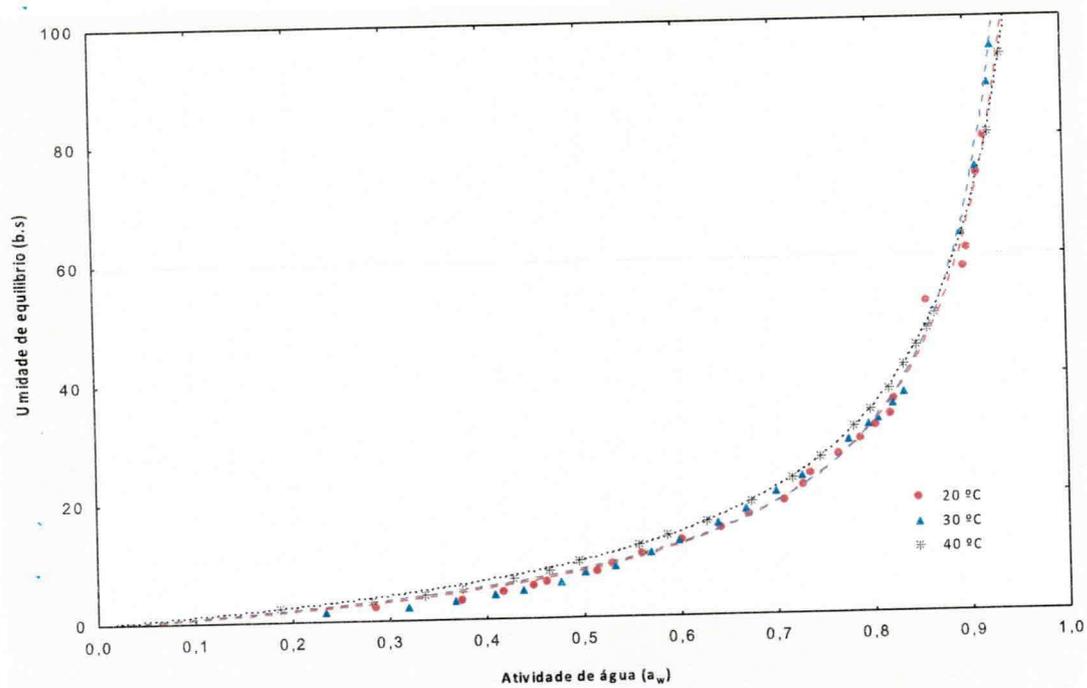
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	2	3,02865	1,51433	19,3401**
Espessura (F <sub>2</sub> )	2	9,97010	4,98505	63,6660**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,39117	0,09779	1,2489ns
Tratamentos	8	13,38992	1,67374	21,3760**
Resíduos	18	1,40940	0,07830	
Total	26	14,79932		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns - não significativo

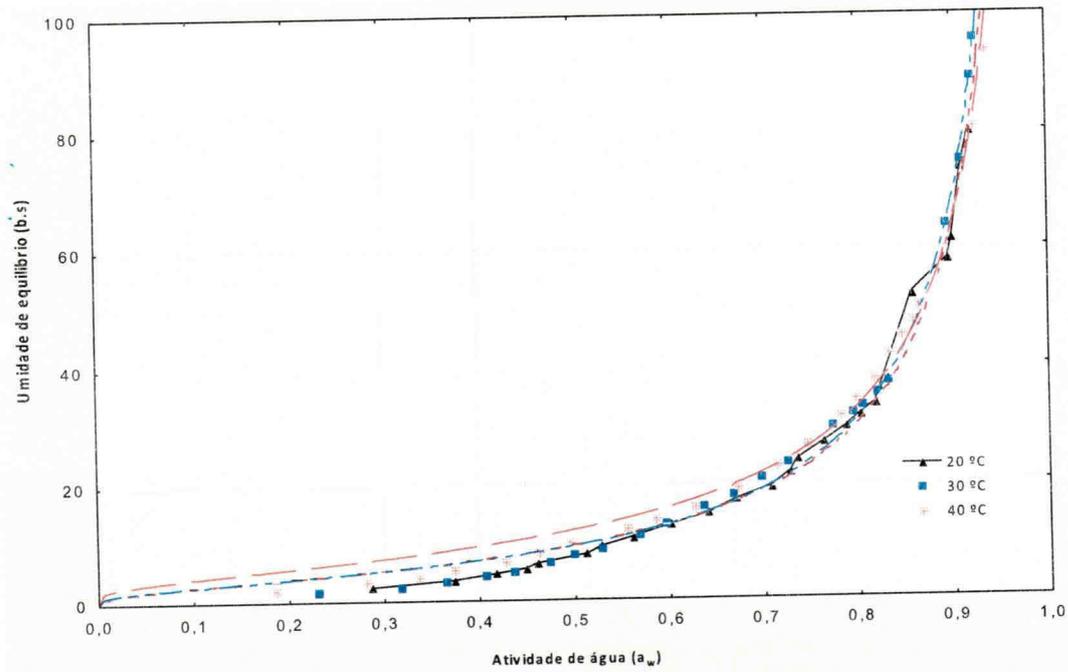
**APÊNDICE D**



**Figura D.1** - Isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin



**Figura D.2** - Isotermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de GAB



**Figura D.3** - Isothermas de adsorção de umidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5, temperatura de secagem de 50 °C com 1,5 cm de espessura da camada de espuma), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Halsey

**APÊNDICE E**

**Tabela E.1** - Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	32,28638	8,07160	358,3129 **
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	3,63312	3,63312	161,2809 **
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	1,92391	0,48098	21,3515 **
Tratamentos	9	37,84341	4,20482	186,6598 **
Resíduos	20	0,45053	0,02253	
Total	29	38,29395		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F;

**Tabela E.2** - Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,02465	0,02465	1,2229 ns
Regressão Quadrática	1	0,07661	0,07661	351,0223 **
Regressão Cúbica	1	20,86668	20,86668	1035,0536 **
Regressão de 4ª Grau	1	0,15363	0,15363	7,6206 *
Tratamentos	4	28,12157	7,03039	348,7298 --
Resíduos	10	0,20160	0,20016	
Total	14	28,32317		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; \*\* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

**Tabela E.3** - Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,26320	0,26320	10,5732**
Regressão Quadrática	1	5,04054	5,04054	202,4854**
Regressão Cúbica	1	2,93281	2,93281	117,8152**
Regressão de 4ª Grau	1	0,33281	0,33281	13,3693**
Tratamentos	4	8,56936	2,14234	86,0608 --
Resíduos	10	0,24893	0,02489	
Total	14	8,81829		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F;

**Tabela E.4** - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	0,30089	0,07522	97,2694 **
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	0,15123	0,15123	195,5560 **
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,11255	0,02814	36,3858 **
Tratamentos	9	0,56467	0,06274	81,1307 **
Resíduos	20	0,01547	0,00074	
Total	29	0,58014		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F;

**Tabela E.5** - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,07105	0,07105	134,9114 **
Regressão Quadrática	1	0,00004	0,00004	0,0723 ns
Regressão Cúbica	1	0,01776	0,01776	33,7278 **
Regressão de 4ª Grau	1	0,07657	0,07657	145,3897 **
Tratamentos	4	0,16543	0,04136	78,5253 --
Resíduos	10	0,00527	0,00053	
Total	14	0,17069		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

**Tabela E.6** - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,07600	0,07600	97,4402**
Regressão Quadrática	1	0,14526	0,14526	186,2302**
Regressão Cúbica	1	0,01541	0,01541	19,7607**
Regressão de 4ª Grau	1	0,00110	0,00110	1,4066ns
Tratamentos	4	0,23777	0,05944	76,2094 --
Resíduos	10	0,00780	0,00078	
Total	14	0,24557		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

**Tabela E.7** - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	34,10415	8,52604	4625,3373**
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	0,09861	0,09861	53,4973**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,60489	0,15122	82,0371**
Tratamentos	9	34,80765	3,86752	2098,1105**
Resíduos	20	0,03687	0,00184	
Total	29	34,84452		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela E.8** - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	11,95745	11,95745	7089,3992 **
Regressão Quadrática	1	0,45261	0,45261	268,3456**
Regressão Cúbica	1	3,93856	3,93856	2335,1166 **
Regressão de 4ª Grau	1	4,47344	4,47344	2652,2374 **
Tratamentos	4	20,82207	5,20552	3086,2747 --
Resíduos	10	0,01687	0,00169	
Total	14	20,83893		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo (p>=0,05)

**Tabela E.9** - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	8,52267	8,52267	4261,3350**
Regressão Quadrática	1	0,03259	0,03259	16,2964**
Regressão Cúbica	1	3,65403	3,65403	1827,0150**
Regressão de 4ª Grau	1	1,67768	1,67768	838,8402**
Tratamentos	4	13,88697	3,47174	1735,8717 --
Resíduos	10	0,02000	0,00200	
Total	14	13,90697		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

**Tabela E.10** - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	185,04808	46,26202	263,5412 **
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	10,44300	10,44300	59,4907 **
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	2,93867	0,73467	4,1852 *
Tratamentos	9	198,42975	22,04775	125,5996 **
Resíduos	20	3,51080	0,17554	
Total	29	201,94055		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; \*\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela E.11** - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	71,57985	71,57985	707,2642 **
Regressão Quadrática	1	4,06104	4,06104	40,1262 **
Regressão Cúbica	1	0,33496	0,33496	3,3097 ns
Regressão de 4ª Grau	1	0,00025	0,00025	0,0025 ns
Tratamentos	4	75,97611	18,99403	187,6756 --
Resíduos	10	1,01207	0,10121	
Total	14	76,98817		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

**Tabela E.12** - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	109,21392	109,21392	437,0771 **
Regressão Quadrática	1	0,84575	0,84575	3,3847 ns
Regressão Cúbica	1	1,81056	1,81056	7,2459 *
Regressão de 4ª Grau	1	0,14040	0,14040	0,5619 ns
Tratamentos	4	112,01064	28,00266	112,0674 --
Resíduos	10	2,49873	0,24987	
Total	14	114,50937		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ );

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela E.13** - Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa de manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	0,05130	0,01283	469,7894**
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	0,21709	0,21709	7952,0195**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	0,05430	0,01358	497,2851**
Tratamentos	9	0,32269	0,03585	1313,3686**
Resíduos	20	0,00055	0,00003	
Total	29	0,32324		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela E.14** - Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,00003	0,00003	0,8829 ns
Regressão Quadrática	1	0,00000	0,00000	0,0290 ns
Regressão Cúbica	1	0,00001	0,00001	0,2207 ns
Regressão de 4ª Grau	1	0,00001	0,00001	0,3404 ns
Tratamentos	4	0,00004	0,00001	0,3682 --
Resíduos	10	0,00030	0,00003	
Total	14	0,00034		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo ( $p >= 0,05$ )

**Tabela E.15** - Análise de variância dos valores médios da atividade de água da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,05183	0,05183	2073,3453**
Regressão Quadrática	1	0,03981	0,03981	1592,2371**
Regressão Cúbica	1	0,01224	0,01224	489,6480**
Regressão de 4ª Grau	1	0,00168	0,00168	67,2069**
Tratamentos	4	0,10556	0,02639	1055,6093 --
Resíduos	10	0,00025	0,00002	
Total	14	0,10581		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela E.16** - Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	670,89041	167,72260	10844,1338 **
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	0,00048	0,00048	0,0310 ns
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	3,46905	0,86726	56,0731**
Tratamentos	9	674,35995	74,92888	4844,5398**
Resíduos	20	0,30933	0,01547	
Total	29	674,66928		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo (p>=0,05)

**Tabela E.17** - Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	221,19105	221,19105	6379,2844**
Regressão Quadrática	1	82,20804	82,20804	2370,9298**
Regressão Cúbica	1	27,41808	27,41808	790,7541**
Regressão de 4ª Grau	1	1,64743	1,64743	47,5128**
Tratamentos	4	332,46460	83,11615	2793,1203--
Resíduos	10	0,34673	0,03467	
Total	14	332,81133		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela E.18** - Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	260,13185	260,13185	50089,5738**
Regressão Quadrática	1	76,70709	76,70709	14770,2989**
Regressão Cúbica	1	10,17336	10,17336	1958,9275**
Regressão de 4ª Grau	1	0,05472	0,05472	10,5374**
Tratamentos	4	347,06703	86,76676	16770,3344--
Resíduos	10	0,05193	0,00519	
Total	14	347,11896		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela E.19** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	0,84813	0,21230	54,6406 **
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	4,50856	4,50856	1158,0214**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	1,16905	0,29226	75,0676**
Tratamentos	9	6,52575	0,72508	186,2372**
Resíduos	20	0,07787	0,00389	
Total	29	6,60362		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q. Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste

**Tabela E.20** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,29205	0,29205	181,7759**
Regressão Quadrática	1	0,00009	0,00009	0,0533ns
Regressão Cúbica	1	0,00768	0,00768	4,7801ns
Regressão de 4ª Grau	1	0,15147	0,15147	94,2786**
Tratamentos	4	0,45129	0,11282	70,2220 --
Resíduos	10	0,01607	0,00121	
Total	14	0,46736		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns = não significativo (p>=0,05)

**Tabela E.21** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do vermelho da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	0,24843	0,24843	40,1990 **
Regressão Quadrática	1	0,64629	0,64629	104,5774**
Regressão Cúbica	1	0,46625	0,46625	75,4455**
Regressão de 4ª Grau	1	0,20492	0,20492	33,1589**
Tratamentos	4	1,56589	0,39147	633452 --
Resíduos	10	0,06180	0,00618	
Total	14	0,46736		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F

**Tabela E.22** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função da temperatura e do armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	1	173,34701	43,33675	1424,3017**
Tempo (F <sub>2</sub> )	4	87,07440	87,07440	2861,7793**
Interação (F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub> )	4	37,61935	9,40484	309,0985**
Tratamentos	9	298,04076	33,11564	1088,3756**
Resíduos	20	0,60853	0,03043	
Total	29	298,64930		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste

**Tabela E.23** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	15,66741	15,66741	359,2894**
Regressão Quadrática	1	10,52001	10,52001	241,2477**
Regressão Cúbica	1	4,99392	4,99392	114,5219**
Regressão de 4ª Grau	1	0,22935	0,22935	5,2595*
Tratamentos	4	31,41069	7,85267	180,0797 --
Resíduos	10	0,43607	0,04361	
Total	14	31,84676		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo ( $p > 0,05$ )

**Tabela E.24** - Análise de variância dos valores médios da intensidade do amarelo da polpa da manga Haden em pó (Tratamento 5 - 50 °C/1,5 cm) em função do tempo de armazenamento, a 40 °C

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Regressão Linear	1	154,85952	154,85952	6362,3468**
Regressão Quadrática	1	20,94561	20,94561	860,5427**
Regressão Cúbica	1	2,28528	2,28528	93,8899**
Regressão de 4ª Grau	1	1,17975	1,17975	48,4696**
Tratamentos	4	179,27016	44,81754	1841,3122 --
Resíduos	10	0,24340	0,02434	
Total	14	179,51356		

\*\* significativo a nível de 1% de probabilidade; GL, - Grau de Liberdade; S.Q.- Soma dos Quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F