



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



TESE

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

**LIOFILIZAÇÃO DE POLPA DE MARACUJÁ DO MATO (*Passiflora cincinnata*
Mast.) PARA OBTENÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

SILVANA NAZARETH DE OLIVEIRA

Campina Grande, Paraíba

Fevereiro, 2016

SILVANA NAZARETH DE OLIVEIRA

**LIOFILIZAÇÃO DE POLPA DE MARACUJÁ DO MATO (*Passiflora cincinnata*
Mast.) PARA OBTENÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na área de concentração, Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

ORIENTADORES

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof^a. Dra. Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande, Paraíba

Fevereiro, 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O481	<p>Oliveira, Silvana Nazareth de. Liofilização de polpa de maracujá do mato (<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.) para obtenção de produtos alimentícios / Silvana Nazareth de Oliveira. - Campina Grande, 2018. 271 f. : il. color.</p> <p>Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016. "Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti-Mata". Referências.</p> <p>1. Maracujá do Mato. 2. Liofilização. 3. Cinética de Congelamento. 4. Cinética de Liofilização. 5. Comportamento Reológico. 6. Fruta em Pó. 7. Análise Sensorial. I. Cavalcanti-Mata, Mário Eduardo Rangel Moreira. II. Título.</p> <p>CDU 634.776.3(043)</p>
------	--



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



Tese

SILVANA NAZARETH DE OLIVEIRA

LIOFILIZAÇÃO DE POLPA DE MARACUJÁ DO MATO (*Passiflora cincinnata*
Mast.) PARA OBTENÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

BANCA EXAMINADORA:

Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata – Orientador

Maria Elita Martins Duarte - Orientadora

Prof. Dr^aDeyzi Santos Gouveia- Examinadora

Dra. Severina de Sousa - Examinadora

Prof. Dr. Ana Paula Trindade Rocha- Examinadora

FEVEREIRO, 2016

“A noite não é o fim do dia, é o começo do dia que vem.”

Guimarães Rosa

*A Deus e sua infinita bondade
comigo.*

*A meus pais, pelo amor, por
acreditarem em mim e me apoiarem
a buscar ser uma pessoa melhor,
com a certeza de que a educação e a
bondade de espírito são as melhores
heranças.*

Agradecimentos

A Deus, que me tem resguardado e confortado em todos os momentos, sempre me rodeando de anjos benfeitores que são mais que amigos e mais que essenciais em minha vida. Sem palavras para agradecer por Sua misericórdia, pois sem ela eu não teria conseguido.

A minha família, mãe Socorro, pai De Assis e irmãs Stephania e Susana, por toda compreensão, carinho e apoio incondicional.

A meus sobrinhos, José Luiz e Bernardo, por serem motivo de sorrisos diários com suas “sabidesas” e “traquinagens”.

Ao meu namorado, Marcelo por vir ao meu encontro trazendo conforto e ânimo, ajudando-me para que os dias de trabalho fossem mais doces.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Mario Eduardo e Prof^a. Dra. Maria Elita, pela orientação, paciência e confiança.

A todos os professores do curso de doutorado pelos conhecimentos transmitidos.
À Banca Examinadora.

A Severina Sousa ‘Sevé’, pela troca de conhecimentos, amizade e pela força (literal) de abraçar o liofilizador e dar aquele apoio sempre que preciso.

A Renata Duarte, por sua imensa disponibilidade e parceria no trabalho, troca de conhecimentos, amizade e sorriso sempre aberto.

A Cicera Lisboa (Livia), Alison Bruno e Marcela Nobre, a minha mais profunda gratidão, pela amizade fraternal, por todos os momentos vividos no trabalho ou nas horas de lazer e especialmente por tornarem todos esses momentos festivos e regados a muitas gargalhadas. Vocês são inesquecíveis!

A Flavio Gurjão pela amizade e parceria de trabalho.

Aos amigos de ontem e de hoje, conquistados nesta trajetória: Poliana Harlane, Vanessa Santiago, Regilane Marques, Navilta Veras, Magda, Mirela, Roberto e Lúcia Serafim.

Aos mais que amigos de trabalho da UFRPE-UAG, Luciares, Mirko, Andrea Galindo e Viviane Nunes.

Ao Prof. Mairon Moura por doar os frutos utilizados nesta pesquisa e Dyego Santos por sua generosidade em ceder a maltodextrina utilizada no experimento.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os funcionários da UFCG que contribuíram direto ou indiretamente para a realização deste trabalho.

É impossível lembrar todas as pessoas que contribuíram, de alguma maneira para que este trabalho se concretizasse. Caso tenha me esquecido de você, desculpe-me, mas tenha certeza de que lhe sou grata, tal como a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xv
RESUMO.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
INTRODUÇÃO GERAL	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO I	
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO (<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.) <i>IN</i> <i>NATURA</i> E SUAS FORMULAÇÕES COM DIFERENTES TEORES DE MALTODEXTRINA	28
1.1 INTRODUÇÃO	29
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
1.2.1 O Maracujazeiro.....	31
1.2.2 Maracujá do mato.....	32
1.2.3 - Adjuvante de secagem	34
1.2.3.1 Maltodextrina	36
1.3 MATERIAL E MÉTODOS	38
1.3.1 Matéria prima	38
1.3.2 Processamento para obtenção da polpa do maracujá do mato	38
1.3.3 Caracterização química, físico-química e físicas da polpa de maracujá do mato integral e formulações adicionadas de maltodextrina.....	40
1.3.3.1 Teor de Água	40
1.3.3.2 Açúcares totais, redutores e não redutores	40
1.3.3.3 Amido.....	40
1.3.3.4 Vitamina C.....	41
1.3.3.5 Sólidos Solúveis Totais.....	41
1.3.3.6 Acidez Total Titulável.....	41
1.3.3.7 Relação sólidos solúveis e acidez titulável (Ratio).....	41
1.3.3.8 pH	41
1.3.3.9 Atividade de Água	42
1.3.3.10 Cor	42
1.3.3.11 Análise Estatística	42
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43

1.4.1 Caracterização química, físico-química e física da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i>	43
1.4.2 Caracterização física, química e físico química da polpa de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina.....	49
1.5 CONCLUSÃO.....	55
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
CAPÍTULO II	
COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO COM DIFERENTES TEORES DE MALTODEXTRINA	68
2.1 INTRODUÇÃO	69
2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	71
2.2.1 Reologia de produtos alimentícios.....	71
2.2.1.1 Fluidos newtonianos.....	72
2.2.1.2 Fluidos não newtonianos.....	72
2.2.1.3 Fluidos independentes do tempo.....	73
2.2.1.4 Fluidos dependentes do tempo.....	75
2.2.1.5 Viscoelásticos.....	76
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	77
2.3.1 Matéria prima.....	77
2.3.2 Comportamento reológico.....	77
2.3.3 Modelos reológicos.....	77
2.3.4 Efeito da temperatura e da concentração de sólidos no comportamento reológico da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina.....	79
2.3.5 Análise estatística.....	80
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
2.4.1 Viscosidade aparente das formulações de maracujá do mato <i>in natura</i> e adicionadas de maltodextrina na temperatura de 10°C e 25°C.....	82
2.4.2 Modelos reológicos.....	87
2.4.3 Efeito da temperatura e da concentração de sólidos no comportamento reológico da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina.....	97
2.5 CONCLUSÃO.....	104
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
CAPÍTULO III	
CINÉTICA DE CONGELAMENTO DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO <i>IN NATURA</i> E SUAS FORMULAÇÕES COM DIFERENTES TEORES DE MALTODEXTRINA.....	111
3.1 INTRODUÇÃO	112
3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	114

3.2.1 Congelamento de alimentos.....	114
3.2.1.1 Congelamento lento.....	116
3.2.1.2 Congelamento rápido.....	117
3.2.1.3 Congelamento ultrarrápido.....	118
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	119
3.3.1 Matéria prima.....	119
3.3.2 Cinética de congelamento.....	119
3.3.3 Análise Estatística.....	123
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	124
3.4.1 Cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato in natura e formulações da polpa de maracujá do mato adicionadas com 5%, 10%, 15%, 20%, 25 e 30 % de maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	124
3.5 CONCLUSÃO.....	146
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
CAPÍTULO IV	
CINÉTICA DE LIOFILIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS PÓS DE MARACUJÁ DO MATO.....	
4.1 INTRODUÇÃO	153
4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	155
4.2.1 Produtos desidratados em pó.....	155
4.2.2 Liofilização.....	156
4.2.3 Cinética de Liofilização e modelagem matemática.....	160
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	164
4.3.1 Matéria prima.....	164
4.3.2 Cinética de liofilização.....	164
4.3.3 Caracterização físico-química e seleção dos pós de maracujá do mato...	171
4.3.3.1 Teor de água.....	171
4.3.3.2 Atividade de água.....	171
4.3.3.3 Proteínas.....	172
4.3.3.4 Lipídeos.....	172
4.3.3.5 Acidez total titulável.....	172
4.3.3.6 Sólidos solúveis totais.....	172
4.3.3.7 Ratio (Relação SST/ATT).....	172
4.3.3.8 Açúcares redutores, não redutores e totais.....	173
4.3.3.9 Vitamina C.....	173
4.3.3.10 Carboidratos.....	173

4.3.3.11 Energia.....	173
4.3.3.12 pH.....	173
4.3.3.13 Cor.....	174
4.3.4 Caracterização física dos pós de maracujá do mato.....	174
4.3.4.1 Microscopia Óptica.....	174
4.3.4.2 Ângulo de repouso.....	174
4.3.4.3 Higroscopicidade.....	175
4.3.4.4 Molhabilidade.....	175
4.3.4.5 Solubilidade.....	175
4.3.4.6 Densidade aparente.....	176
4.3.4.7 Densidade compactada.....	176
4.3.5 Análise microbiológica dos pós de maracujá do mato.....	177
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	178
4.4.1 Cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e formulações da polpa de maracujá do mato adicionadas com 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30 % de maltodextrina.....	178
4.4.2 Caracterização química e físico-química dos pós de maracujá do mato..	212
4.4.3 Caracterização física dos pós de maracujá do mato.....	217
4.4.4 Microscopia óptica dos pós de maracujá do mato.....	223
4.4.5 Análise microbiológica dos pós de maracujá do mato.....	226
4.5 CONCLUSÃO.....	227
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	228
CAPÍTULO V	
ANÁLISE SENSORIAL DE NÉCTARES DOS PÓS DE MARACUJÁ DO MATO OBTIDOS POR LIOFILIZAÇÃO.....	
5.1 INTRODUÇÃO	243
5.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	244
5.2.1 Frutas tropicais.....	244
5.2.2 Produtos derivados de frutas.....	245
5.2.3 Suco de frutas.....	247
5.2.4 Legislação.....	248
5.2.5 Suco integral, néctar, suco concentrado, suco reconstituído.....	248
5.2.6 Análise sensorial.....	249
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	252
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	255
5.4.1 Avaliação da intenção de compra dos néctares reconstituídos de pó de maracujá do mato.....	255

5.4.2 Avaliação da aceitação sensorial dos néctares reconstituídos de pó de maracujá do mato.....	258
5.5 CONCLUSÃO.....	264
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	265

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-	(a) Fotografia do fruto maracujá do mato; (b) Fotografia do fruto maracujá do mato cortado ao meio, evidenciando a polpa	33
Figura 1.2 -	Fluxograma do processamento e obtenção da polpa de maracujá do mato	39
Figura 2.1 -	Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waelle para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de $10^{\circ}C$	93
Figura 2.2 -	Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waelle para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de $25^{\circ}C$	93
Figura 2.3 -	Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Casson para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de $10^{\circ}C$	94
Figura 2.4 -	Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Casson para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de $25^{\circ}C$	95
Figura 2.5 -	Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de $25^{\circ}C$	96
Figura 2.6 -	Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de 25°	97
Figura 2.7 -	Relação entre a viscosidade aparente (Pa. s) e a concentração ($^{\circ}Brix$) descrita pela Equação Exponencial para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de $10^{\circ}C$ (a) e $25^{\circ}C$ (b).....	100
Figura 2.8 -	Superfície de resposta da Equação Proposta 1, relativa à interação da viscosidade aparente (Pa. s), velocidades de rotação (rpm) e a concentração ($^{\circ}Brix$) para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de $10^{\circ}C$ (a) e $25^{\circ}C$ (b).....	102
Figura 2.9 -	Superfície de resposta da Equação Proposta 2, relativa à interação da viscosidade aparente (Pa. s), velocidades de rotação (rpm) e a concentração ($^{\circ}Brix$) para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de $10^{\circ}C$ (a) e $25^{\circ}C$ (b).....	103
Figura 3.1 -	(a) medidas de diâmetros e altura da amostra a ser congelada; (b) Polpa com termopar inserido em seu centro geométrico para determinação da cinética de congelamento	120

Figura 3.2 - (a) Sistema para cinética de congelamento em nitrogênio líquido; (b) Polpa posicionada para início de cinética de congelamento em balcão criogênico.....	120
Figura 3.3 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> (FC) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C....	124
Figura 3.4 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 5% de maltodextrina (F1) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	128
Figura 3.5 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	131
Figura 3.6 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	134
Figura 3.7 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 20% de maltodextrina (F4) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	137
Figura 3.8 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 25% de maltodextrina (F5) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	140
Figura 3.9 - Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 30% de maltodextrina (F6) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	143
Figura 4.1 - Etapas do processo de liofilização.....	157
Figura 4.2 - Fluxograma do processamento e obtenção da polpa de maracujá do mato	165
Figura 4.3 - Liofilizador Marca Terroni, modelo LS 6000 A	165
Figura 4.4 - Amostras no liofilizador para obtenção da cinética	166
Figura 4.5 - Amostras no liofilizador para obtenção do pó	171
Figura 4.6 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	179
Figura 4.7 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	180
Figura 4.8 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	180
Figura 4.9 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	182
Figura 4.10 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	182
Figura 4.11 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	183

Figura 4.12	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	184
Figura 4.13	Cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 15% de maltodextrina (F3) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	185
Figura 4.14	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Exponencial Dois Termos para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	185
Figura 4.15	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	186
Figura 4.16	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	187
Figura 4.17	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Exponencial Dois Termos para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25, -60, -76 e -170°C	187
Figura 4.18	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25, -60, -76 e -170°C	187
Figura 4.19	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	189
Figura 4.20	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Exponencial Dois Termos para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	189
Figura 4.21	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	191
Figura 4.22	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	191
Figura 4.23	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Exponencial Dois Termos para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	192

Figura 4.24	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	193
Figura 4.25	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	193
Figura 4.26	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Exponencial Dois Termos para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C	194
Figura 4.27	Fotomicrografias do pó de maracujá do mato na concentração de 20% de maltodextrina, nas temperaturas de (a) -25° C, (b) -60° C e (c) – 80° C, aumentada em 1050X	223
Figura 4.28	Fotomicrografias do pó de maracujá do mato na concentração de 25% de maltodextrina, nas temperaturas de (a) -25° C, (b) -60° C e (c) – 80° C, aumentada em 1050X	224
Figura 4.29	Fotomicrografias do pó de maracujá do mato na concentração de 30% de maltodextrina, nas temperaturas de (a) -25° C, (b) -60° C e (c) – 80° C, aumentada em 1050X	225
Figura 5.1	- Formulário utilizado na análise sensorial para o teste de aceitação e intenção de compra dos néctares de maracujá do mato	253
Figura 5.2	- Percentual de intenção de compra dos <i>néctares</i> de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20°C, 25°C e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -25°C	256
Figura 5.3	- Percentual de intenção de compra dos <i>néctares</i> de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20°C, 25°C e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -60°C	257
Figura 5.4	- Percentual de intenção de compra dos <i>néctares</i> de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20°C, 25°C e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -76°C	257

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1-	Valores médios e desvio padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa do maracujá do mato <i>in natura</i>	43
Tabela 1.2 -	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos-químicos das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina.....	51
Tabela 1.3 -	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina.....	54
Tabela 2.1 -	Viscosidade aparente (m.Pa.s) da polpa de maracujá do mato e suas formulações adicionadas de maltodextrina com diferentes teores de água em função da velocidade de rotação a 10°C.....	84
Tabela 2.2 -	Viscosidade aparente (m.Pa.s) da polpa de maracujá do mato e suas formulações adicionadas de maltodextrina com diferentes teores de água em função da velocidade de rotação a 25°C.....	86
Tabela 2.3 -	Parâmetros do modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da potência), coeficientes de determinação (R ²) e desvios quadráticos médios (DQM) para a polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C.....	88
Tabela 2.4 -	Parâmetros do modelo de Casson, coeficientes de determinação (R ²) e desvios quadráticos médios (DQM) para a polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas 10°C e 25°C.....	89
Tabela 2.5 -	Parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley, coeficientes de determinação (R ²) e desvios quadráticos médios (DQM) para a polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C.....	90
Tabela 2.6 -	Parâmetros da equação linearizada de Arrhenius para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina.....	98
Tabela 2.7 -	Parâmetros da equação Exponencial para as amostras de polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C.....	99
Tabela 2.8 -	Parâmetros da Equação Proposta 1 para as amostras de polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C.....	101
Tabela 2.9 -	Parâmetros da Equação Proposta 2 para as amostras de polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C.....	101
Tabela 3.1 -	Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato <i>in natura</i> (FC) nas temperaturas de -2°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	127
Tabela 3.2 -	Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 5% de maltodextrina (F1) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	130

Tabela 3.3 - Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	133
Tabela 3.4 - Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 15% de maltodextrina (F3) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	136
Tabela 3.5 - Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 20% de maltodextrina (F4) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	139
Tabela 3.6 - Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 25% de maltodextrina (F5) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	142
Tabela 3.7 - Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 30% de maltodextrina (F6) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.....	145
Tabela 4.1 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato <i>in natura</i>	196
Tabela 4.2 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 5% de maltodextrina.....	198
Tabela 4.3 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 10% de maltodextrina.....	200
Tabela 4.4 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 15% de maltodextrina.....	202
Tabela 4.5 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 20% de maltodextrina.....	204
Tabela 4.6 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 25% de maltodextrina.....	206

Tabela 4.7 - Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 30% de maltodextrina.....	208
Tabela 4.8 - Valores de coeficiente de sublimação (K_s) e parâmetros da equação linearizada de Arrhenius e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) para polpa de maracujá do mato <i>in natura</i> e suas formulações adicionadas de maltodextrina.....	210
Tabela 4.9 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.....	212
Tabela 4.10 - Valores médios dos parâmetros físicos dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.....	220
Tabela 4.11 - Resultados das análises microbiológicas dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.....	226
Tabela 5.1 - Médias dos fatores de condição de processamento, temperatura de congelamento e teor de maltodextrina para as propriedades sensoriais: Sabor, Aparência, Textura e Impressão Global, <i>néctares</i> de maracujá do mato.....	259
Tabela 5.2 - Média das notas atribuídas pelos provadores e coeficiente de concordância para as propriedades sensoriais (Aparência, textura, sabor e impressão global) dos <i>néctares</i> reconstituídos de pó de maracujá do mato liofilizado com temperaturas de pré-congelamento a -25°C, -60°C e -76°C adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina.....	261

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi obter maracujá do mato em pó para fins alimentícios, utilizando o processo de liofilização. Para obtenção do pó de maracujá do mato foram liofilizadas sete formulações de maracujá do mato (MM) e maltodextrina 20DE (MD) nas concentrações **F1**= 100%MM; **F2**= MM + 5%MD; **F3**= MM+ 10%MD; **F4**= MM+ 15%MD; **F5**= MM + 20%MD; **F6**= MM+ 25%MD; **F7**= MM + 30%MD. Durante o desenvolvimento do trabalho foram determinados o comportamento reológico da polpa in natura e suas formulações nas temperaturas de 10°C e 25°C, as cinéticas de congelamento da polpa de maracujá do mato e suas formulações nas temperaturas de, -25°C, -60°C, -76°C e -170°C e posteriormente a cinética de liofilização para obtenção do produto em pó em todas as formulações citadas. Além do estudo cinético foi realizada a caracterização química e físico-química da polpa *in natura* e das formulações base, onde após a liofilização os pós com teor de água abaixo de 10% foram caracterizados física, química e físico-quimicamente (pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, teor de água, Aw, solubilidade, molhabilidade, higroscopicidade, microscopia óptica e cor), sendo também executada a avaliação microbiológica destes pós. Por último foi realizada a reidratação de cada um dos pós obtidos como um néctar pronto para o consumo, nas proporções de 1:0,04 (água potável: pó de maracujá do mato) com adição de 10% de sacarose, onde estes *néctares* formulados foram submetidos à análise sensorial para verificação da aceitação e intenção de compra por 80 provadores não treinados. Os resultados obtidos com relação ao comportamento reológico, a polpa de maracujá do mato e suas formulações adicionadas de maltodextrina apresentaram comportamento dilatante, e os modelos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Casson e Herschel-Bulkley expressam muito bem os dados experimentais. Quanto à cinética de congelamento verificou-se que quanto maior a concentração de maltodextrina nas formulações, mais rápido o congelamento é finalizado. Todas as curvas da cinética de congelamento das amostras submetidas ao congelamento lento e intermediário, ou seja, a -25°C (lento) e -60°C e -76°C (intermediário) apresentaram as três fases de congelamento bem definidas, resfriamento (FASE I), congelamento ou cristalização (FASE II) e pós-congelamento (FASE III) e que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representou bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações contendo maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C. Na realização

da cinética de liofilização verificou-se que há redução da taxa de sublimação com a utilização de temperaturas de congelamento mais baixas, devido à porosidade das amostras; os modelos matemáticos utilizados para descrever a relação entre a razão do teor de água e o tempo da cinética de liofilização representam bem os dados experimentais, com R^2 acima de 98% e DQMs abaixo de 1; os pós se apresentaram dentro do padrão legal para as análises microbiológicas; algumas características físicas, químicas e físico-químicas (teor de água, acidez total titulável, ratio, atividade de água, molhabilidade, densidade aparente, microscopia, óptica e cor) sofreram alterações com o aumento do adjuvante de secagem maltodextrina, os pós de maracujá do mato apresentaram boa fluidez. Quanto à análise sensorial do néctar de maracujá do mato, verificou-se que o pó liofilizado com 25% de maltodextrina pré-congelado a $-76\text{ }^{\circ}\text{C}$ anteriormente à liofilização apresentou as maiores notas de aceitação com média de 6,27, porém todas as notas médias foram abaixo de 7,0. Para intenção de compra as maiores notas médias foram para os conceitos de “Provavelmente compraria” e “Tenho dúvida se compraria ou não”.

Palavras Chave: maracujá do mato, liofilização, cinética de congelamento, cinética de liofilização, comportamento reológico, fruta em pó, análise sensorial.

ABSTRACT

The aim of the present study was to obtain Crato passion fruit in powder form for food purposes, using the freeze-drying process. To obtain the Crato passion fruit (CPF) powder, seven formulations of Crato passion fruit and maltodextrin (MD) 20DE were freeze-dried at the following concentrations: **F_C**= 100%CPF; **F₁**= CPF + 5%MD; **F₂**= CPF+ 10%MD; **F₃**= CPF+ 15%MD; **F₄**= CPF + 20%MD; **F₅**= CPF+ 25%MD; and **F₆**= CPF + 30%MD. The rheological behavior of the fresh fruit and its formulations at temperatures of 10°C and 25°C were determined, as well as the kinetics of Crato passion fruit pulp freezing and its formulations at temperatures of -25°C, -60°C, -76°C and -170°C and the freeze-drying kinetics to obtain the product in powder form in all the aforementioned formulations. In addition to the kinetic study, the fresh pulp and base formulations underwent chemical and physicochemical characterization, where, after freeze drying the powders with moisture content of less than 10%, they were submitted to physical, chemical and physicochemical characterization (pH, total soluble solids, total titratable acidity, ascorbic acid, total sugars, reducing sugars, non-reducing sugars, moisture content, *A_w*, solubility, wettability, hygroscopicity, optical microscopy and color), in addition to microbiological assessment. Finally, each of the powders was rehydrated producing a nectar ready to consume, at proportions of 1:0.04 (potable water: Crato passion fruit powder) with the addition of 10% sucrose, after which these formulated *nectars* underwent sensory analysis to determine the acceptance and intention to buy of 80 non-trained testers. The results obtained with respect to rheological behavior, Crato passion fruit and its formulations added with maltodextrin exhibited dilatant behavior, and Ostwald-de-Waele (Power Law), Casson and Herschel-Bulkley models express the experimental data very well. In regard to freezing kinetics, the greater the concentration of maltodextrin in the formulations, the faster the freezing. All freezing kinetic curves of the samples submitted to slow and intermediate freezing, that is, at -25°C (slow) and -60°C and -76°C (intermediary), exhibited the three well defined freezing phases, cooling (PHASE I), freezing or crystallization (PHASE II) and post-freezing (PHASE III) and the Fourier model using the 1st term of the series was a good representation of the freezing kinetics of fresh Crato passion fruit pulp and its formulations containing maltodextrin at temperatures of -25°C, -60°C, -76°C and -170°C. The kinetics of freeze drying showed a decline in sublimation rate at lower freezing temperatures, due to porosity of the samples; the mathematical models used to describe

the relationship between the moisture content/freeze drying time ratio represent the experimental data well, with R^2 above 98% and MSD below 1; the powders comply with legal standards for microbiological analyses; a number of physical, chemical and physicochemical traits (moisture content, total titratable acidity, water activity, wettability, apparent density, optical microscopy and color) underwent changes with an increase in the drying adjuvant maltodextrin, and the Crato passion fruit powders displayed good fluidity. Sensory analysis of Crato passion fruit nectar showed that the freeze-dried powder with 25% maltodextrin pre-frozen at $-76\text{ }^{\circ}\text{C}$ before freeze-drying obtained the highest acceptance scores, with an average of 6.27; however all average scores were below 7.0. With respect to intention to buy, the highest average scores were for “I would definitely buy” and “I am not sure if I would buy or not”.

Keywords: Crato passion fruit, freeze-drying, freezing kinetics, freeze drying kinetics, rheological behavior, fruit powder, sensory analysis.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a fruticultura é considerada um dos segmentos econômicos de maior importância da agricultura nacional, respondendo por mais de 35% da produção agrícola, existindo mais de 30 pontos de produção distribuídos geograficamente de norte a sul do País. Esta situação privilegiada, no que diz respeito à produção de frutas é devido à sua grande área territorial e condições climáticas favoráveis, além de um mercado consumidor em plena expansão para a fruticultura (MOREIRA *et al.*, 2013; FONSECA, 2010).

As frutas nativas brasileiras estão entre as mais saborosas e nutritivas do mundo. Algumas espécies de frutas brasileiras como o maracujá amarelo, alcançaram status entre as principais frutas cultivadas e conhecidas no mundo, porém muitas dessas fruteiras nativas ainda não passaram por processo de domesticação, o que implica numa grande escassez ou mesmo ausência de dados sobre sua morfologia, produção, características fisiológicas e fenologia (ARAGÃO *et al.* 2002).

O Brasil é o principal produtor e consumidor mundial de maracujá e conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o país produziu 838 mil toneladas de maracujá em 2013 e a região Nordeste foi responsável por 74% dessa produção, sendo o Estado da Bahia o maior produtor com 355 mil toneladas seguido pelo Estado do Ceará que produziu 213 mil toneladas (IBGE, 2013).

Neste panorama, a região Nordeste, por suas condições climáticas, tem-se destacado na produção de frutos tropicais nativos e cultivados, sendo esta uma atividade bastante promissora economicamente devido à diversidade de sabores e aromas exóticos que estes frutos oferecem, ressaltando-se ainda que o desenvolvimento da fruticultura impulsiona também o desenvolvimento da agroindústria para o processamento das frutas (ALMEIDA *et al.*, 2011; ANUÁRIO, 2015).

O maracujá é um fruto originário da América Tropical, sendo cultivado em países de clima tropical e subtropical, pertencente à família Passifloraceae, gênero Passiflora (KISHORE *et al.*, 2011). O gênero Passiflora possui um grande número de espécies, mais de 400, sendo cerca de 120 nativas do Brasil (BERNACCI, 2003).

O interesse pelo cultivo do maracujá deve-se a suas características alimentícias e uso bastante variado, podendo ser consumido ao natural ou na forma de sucos, doces, geleia, sorvetes e licores, além das características ornamentais, tendo em vista que suas flores exercem atração por seu tamanho, exuberância das cores e singularidade das

formas, e ainda por suas características medicinais, baseando-se nas propriedades calmantes da passiflorina, um sedativo natural encontrado nas folhas e no suco (OLIVEIRA & RUGGIERO, 2005).

Plantas silvestres denominadas genericamente de “mato” ou “planta do mato” surgem como importantes recursos alimentares de valor pouco explorado (KINNUP, 2007). Estes alimentos contribuem para o aumento da segurança alimentar das comunidades, pois participam diretamente na alimentação das famílias e indiretamente a partir da geração de renda com a possibilidade de comercialização do excedente de frutos coletado (MSUYA *et al.*, 2010)

O maracujá do mato é uma espécie perene que ocorre frequentemente nas caatingas do Nordeste, caracteriza-se por ser bastante resistente às secas periódicas e aceita bem qualquer tipo de solo, além de apresentar sabor característico diferenciado do maracujá amarelo. Atualmente o interesse dos consumidores por alimentos mais saudáveis e produzidos sem o uso de agroquímicos vem despontando como uma nova fatia de mercado ainda pouco explorada, isto contribui para a utilização de espécies nativas e/ou adaptadas às condições de sequeiro como matéria prima de novos produtos. Por estes motivos o maracujá do mato desponta como uma opção para o desenvolvimento de uma fruticultura de sequeiro a ser explorada (ARAÚJO *et al.*, 2006).

Apesar de sua ampla aceitação, o maracujá possui um reduzido tempo de vida útil após a colheita, como a maioria das frutas tropicais é delicada, tem baixa durabilidade, deteriorando-se com a ação do calor ou durante o transporte, e está condicionada ainda a oferta e aos preços de mercado. Fatores como a perecibilidade das frutas *in natura*, a sazonalidade, técnicas inadequadas de colheita e pós-colheita contribuem com este cenário de perdas (MELETTI & MAIA, 1999). Devido à mudança de hábito da população, que tem optado pelo consumo de produtos considerados saudáveis e também ao fato de algumas frutas frescas não estarem disponíveis durante certas épocas do ano em todos os países, isto favorece o aumento do consumo de sucos e outros produtos derivados de frutas (CARMO *et al.*, 2014).

É possível que ao se utilizar do processamento dessa fruta possa se agregar valor, diminuir gastos com transporte e armazenamento e ainda garantir a manutenção das características organolépticas mantendo sua potencialidade quanto às características de seu aroma e sabor. Abrem-se, assim várias possibilidades para o aproveitamento do maracujá do mato e sua melhor inserção no mercado nacional e internacional.

A secagem de alimentos é um método muito utilizado na produção de alimentos em pó, como, por exemplo: cereais e extratos de plantas, lácteos em geral, cafés, leveduras, hidrolisados de proteínas, derivados marinhos, subprodutos de frigoríficos, ovos, sopas, frutas e polpas de frutas, dentre outros. O processo de desidratação, além de ser uma alternativa para a redução de perdas, agrega valor ao produto e proporciona outras maneiras de consumo da fruta ao longo do ano. Nos últimos anos a indústria de alimentos em pó vem crescendo devido às vantagens inerentes ao produto: facilidade de conservação a longo prazo; baixo custo de transporte e armazenamento; versatilidade quanto ao uso (bebidas em pó instantâneas, alimentos infantis, pré-misturas, sopas) e quanto à forma de produção (RIGHETTO, 2003).

Pós obtidos de sucos de frutas, com ou sem polpa, representam um mercado interessante, sendo a desidratação de sucos para utilização em bebidas instantâneas uma alternativa em substituição aos similares artificiais existentes no mercado (RIGHETTO, 2003).

O processo de secagem artificial pode ser efetuado por vaporização térmica e ou por sublimação (liofilização), entre outras técnicas. Na liofilização a água da emulsão é congelada e retirada por sublimação, sob alto vácuo, o resultado é um tipo de matriz seca, que pode facilmente ser reduzida a pó. A mudança de estado físico da água pode resultar em produtos com maior suscetibilidade à oxidação, uma vez que propicia o colapso da matriz de sólidos (RIGHETTO, 2003)

Devido à ausência de água líquida e às baixas temperaturas envolvidas no processo, o encolhimento e a migração de sólidos solúveis no interior do material são minimizados, a estrutura porosa do material seco facilita a rápida reidratação, a retenção de compostos aromáticos voláteis é favorecida e as reações de degradação minimizadas.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é obter maracujá do mato em pó para fins alimentícios, utilizando o processo de liofilização. Contudo, para organizar a pesquisa, esta foi subdividida em capítulos, onde no **Capítulo 1**: Determina-se as características físicas, químicas e físico-químicas da polpa de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) *in natura* e suas formulações com diferentes teores de maltodextrina; **Capítulo 2**: Determina-se o comportamento reológico da polpa de maracujá do mato *in natura* com diferentes teores de maltodextrina; **Capítulo 3**: Determina-se a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações com diferentes teores de maltodextrina; **Capítulo 4**: Estuda-se a cinética de liofilização e a caracterização microbiológica, física, química e físico-química dos pós de maracujá do mato; **Capítulo**

5: Realiza-se a análise sensorial de néctares de maracujá do mato elaborados a partir dos pós obtidos por liofilização.

RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. M.; SILVA, F. L. H.; CONRADO, L. S.; MOTA, J. C.; FREIRE, R. M.R. M. Kinetics and characterization of cereus cereus jamacaru P. Dc Wine. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.2, p.176-183, 2011.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2015. Editora Gazeta, 140 p. 2015.

ARAGÃO, W. M.; RANGEL, M.; ANDRADE, L.; COSTA, A. D. Recursos genéticos de fruteiras nativas e naturalizadas potenciais dos tabuleiros costeiros e da baixada litorânea nordestinos. In: VIEIRA NETO, R. D. **Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 216p.

ARAÚJO, F. P.; KIILL, L. H. P.; SIQUEIRA, K. M. M. 2006. Maracujá do mato: alternativa agroindustrial para o Semi-Árido. **Embrapa CPATSA**, Petrolina, PE. Folder.

BERNACCI, L. C. Passifloraceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa, FAPESP, v.3, p. 247-248. 2003.

CARMO, M. C. L.; DANTAS, M. I. de S.; RIBEIRO, S. M. R., Caracterização do mercado consumidor de sucos prontos para o consumo. **Brazilian Journal Food Technology**. v. 17, n. 4, p. 305-309, out./dez. 2014.

FONSECA, A. V. V. da. **Estabilidade do suco de caju (*Anacardium Occidentale*, L.) acondicionado em embalagens de vidro e de pet**. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, v. 40, p.1-102, 2013.

KINNUP, V. F. **Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2007. 562 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KISHORE, K.; PATHAK, K. A.; SHUKLA, R. BHAR, R. Effect of storage temperature on physicochemical and sensory attributes of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Journal of Food Science and Technology**, v.48, n.4, p. 484-488, 2011.

MELETTI, L. M. M.; MAIA, M. L. Maracujá: produção e comercialização. Campinas: **Instituto Agrônômico**, 1999. 64 p.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, É. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.17, n.10, p.1093–1098, 2013.

MSUYA, T. S.; KIDEGHESHO, J. S.; MOSHA, T. C. E. Availability, preference, and consumption of indigenous forest foods in the Eastern Arc Mountains, Tanzania. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 49, p. 208-227, 2010.

RIGHETTO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização**. 2003. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO (*Passiflora cincinnata* Mast.) *IN NATURA* E SUAS FORMULAÇÕES COM DIFERENTES TEORES DE MALTODEXTRINA

1.1 – INTRODUÇÃO

A fruticultura tem se mostrado como o mais dinâmico setor da economia brasileira, apresentando crescimento anual, superando barreiras fitossanitárias e cambiais, e consolidando-se como grande vetor de desenvolvimento do país. O Brasil destaca-se entre os três maiores produtores de frutas do mundo, nativas e/ou exóticas, segmento que apresenta um grande potencial nutricional e econômico (AGRIANUAL, 2009; CLERICI & CARVALHO-SILVA, 2011).

No panorama da fruticultura tropical dos últimos 30 anos, a cultura do maracujá desponta como um segmento em expansão. Destacando-se como uma alternativa agrícola para as pequenas propriedades, atraindo a atenção dos produtores, por oferecer rápido retorno econômico, bem como uma distribuição de receita pela maior parte do ano (MELETTI *et al.*, 2010).

A região Nordeste é favorecida por suas condições climáticas de luminosidade, umidade relativa e temperaturas favoráveis ao cultivo de diversas espécies frutíferas de clima tropical, evidenciando assim uma diversidade de espécies nativas, além de outras, exóticas, introduzidas de ecossistemas equivalentes e que se adaptaram bem, e se comportam de modo semelhante ao material nativo. Por esse motivo sua área de produção tem-se ampliado a uma taxa nunca vista antes na história, quando comparadas as regiões Sul e Sudeste (AGRIANUAL, 2009).

O Brasil é hoje o principal produtor mundial de maracujá, por possuir clima propício para esse cultivo, contribuindo com uma área de 33 mil hectares e gerando 200 mil empregos diretos e indiretos (RUGGIERO, 2000). O número de espécies de maracujá está em torno de 111 a 150 espécies e estas fazem parte da família Passifloraceae (OLIVEIRA *et al.*, 1994). O maracujá amarelo é a espécie mais cultivada e a mais adaptada aos dias quentes, sendo conhecido popularmente por possuir propriedades sedativas e ser um fruto rico em vitaminas, principalmente a vitamina C, além do seu teor de potássio (PITA, 2012).

Algumas espécies de frutas brasileiras como o maracujá amarelo, alcançaram status entre as principais frutas cultivadas e conhecidas no mundo, porém muitas dessas fruteiras nativas ainda não passaram por processo de domesticação, o que implica numa grande escassez ou mesmo ausência de dados sobre a sua morfologia, produção, características fisiológicas e fenologia (RUGGIERO, 2000).

A diversidade de frutas do Brasil está representada por aproximadamente 500 espécies, este expressivo número de frutas nativas do Brasil, o coloca em segundo lugar como grande centro de origem de espécies frutíferas tropicais, vindo logo após o sudeste asiático, poucas delas, até então, atingiram participação expressiva no agronegócio de frutas (CARVALHO, 2012).

O interesse por espécies nativas da flora da América do Sul vem crescendo nos últimos anos devido a seus possíveis benefícios à saúde. O Brasil possui mais de 40.000 espécies de plantas diferentes que representam 20% da flora mundial, tornando-o um dos líderes nesse segmento. As frutas nativas brasileiras estão entre as mais saborosas e nutritivas do mundo. Várias espécies registradas apresentam potencial como alimento funcional em estudos laboratoriais e outras ainda são desconhecidas ou não foram submetidas a qualquer estudo, a fim de verificar suas potencialidades para fins alimentícios ou seus benefícios para a saúde (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. (maracujá do mato) apresenta ocorrência frequente e espontânea na região semiárida do Nordeste brasileiro. Os frutos são consumidos *in natura* e são muito apreciados, sendo considerado um fruto com grande potencial de mercado por possuir aroma e sabor marcantes (ARAÚJO *et al.*, 2002). O maracujá do mato é uma frutífera não cultivada, contudo abundante em seu habitat natural, nas matas e capoeiras do Pantanal mato-grossense do Brasil Central, Mato Grosso, Pará, Minas Gerais, São Paulo e a Costa do Nordeste (BRITTO, 2013).

O consumidor consciente importa-se com uma dieta a base de frutas, de alto valor nutricional, com a riqueza de aromas e sabores de frutas tropicais e a partir disso torna-se cada vez mais exigente, pressionado pela busca de novas tecnologias de produção, colheita e pós-colheita, armazenamento, transporte e comercialização. Consequência disso é uma tendência cada vez maior do consumo de alimentos processados com as características sensoriais do alimento *in natura*, contribuindo para a melhoria da qualidade dos produtos (SOUZA *et al.*, 2002;).

O processamento das frutas depende da espécie, da variedade e das características físicas. A indústria de polpa de frutas, visando a atender não apenas aos padrões exigidos pela legislação brasileira, mas também às necessidades dos consumidores, entendeu a importância dessa atividade agroindustrial importando-se com tecnologias que tenham como objetivos a obtenção de produtos com características sensoriais e nutricionais próximos das frutas *in natura*, contendo segurança microbiológica e sem perda de qualidade; com isso se agrega valor econômico ao produto, evitando-se desperdícios e

minimizando as perdas que possam ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*. (SANTOS & BARROS, 2012; BELCHIOR, 2012).

A preocupação das pessoas com a saúde tem levado os consumidores a um aumento significativo no consumo de frutas e de seus derivados, pois, cada vez mais, estudos demonstram que o consumo regular de frutas é um grande aliado na redução do desenvolvimento de diversas doenças, uma vez que elas são ricas em vitaminas, carotenoides, compostos fenólicos e outros componentes importantes (FARAONI *et al.*, 2013).

Assim, o objetivo desta pesquisa, neste capítulo I, foi determinar os constituintes químicos e físico-químicos (teor de água, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, Amido, ácido ascórbico, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, Razão SST/ATT e pH) e físicos (Atividade de água -Aw e cor) da polpa do maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) *in natura* e de suas formulações com diferentes teores de maltodextrina.

1.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 - O Maracujazeiro

O maracujazeiro pertence à família Passifloraceae, ordem Violales. Esta ordem possui 24 famílias. A família Passifloraceae possui quatorze gêneros, sendo encontrado cinco destes nas Américas. No Brasil encontram-se dois desses gêneros: Dilkea e Passiflora. O gênero Passiflora é o maior da família Passifloraceae, sendo também o mais importante em número e movimentação econômica, possui cerca de 580 espécies, sendo de 150 a 200 destas originárias do Brasil e que podem ser utilizadas como alimento, remédio ou ornamento. O maracujazeiro pode ser plantado em qualquer região do Brasil, exceto onde ocorrem geadas, pois essas plantas preferem climas quentes e úmidos com solo argiloso-humoso, profundo, fértil e bem drenado (CUNHA *et al.*, 2002; OLIVEIRA & RUGGIERO, 2005; FEUILLET & MACDOUGAL, 2007; BRITTO, 2013).

Das espécies brasileiras, acredita-se que aproximadamente 70 espécies produzem frutos que podem ser aproveitados direto ou indiretamente como alimentos. A frutificação ocorre durante o ano todo, mais especificamente de março a dezembro e com menor intensidade de maio a agosto. Os frutos possuem formato, tamanho, espessura da casca e

coloração das polpas variáveis. A coloração da casca pode ser verde, amarelada, alaranjada, púrpura ou com manchas verde-claras, variando de acordo com a espécie e estágio de maturação. As sementes são achatadas, pretas, envoltas por um arilo de textura gelatinosa de coloração variando de amarelada a translúcida (NUNES & QUEIROZ, 2006; DUARTE *et al.*, 2009).

O Brasil está entre os principais centros de diversidade genética do gênero *Passiflora*, além de ser o maior produtor mundial de maracujá, com uma produção de 838.244 toneladas, numa área plantada de 58.089 hectares, sendo a região Nordeste responsável por 622.036 toneladas dessa produção o que reflete em mais de 74% da produção nacional, numa área de 45.115 hectares, com rendimento médio de 13.995 kg hectare-1 (IBGE, 2013).

A variedade cultivada mais amplamente é o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). Frutos desta espécie são bem valorizados devido a qualidade do arilo que envolve as sementes, de onde se extrai um delicioso néctar e são comumente encontrados para comercialização em feiras livres, mercados, vendedores ambulantes e outros (OLIVEIRA & RUGGIERO, 2005). O maracujá pode ser utilizado para consumo *in natura*, porém sua maior importância econômica está na utilização para fins industriais, na fabricação de suco integral, néctar, suco concentrado e outros produtos derivados (LIMA, 2012).

1.2.2 - Maracujá do mato

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. é uma planta silvestre não comercial (APONTE & JÁUREGUI, 2004), popularmente conhecida como “maracujá” (Santa Catarina, Mato Grosso, Minas Gerais) maracujá-mochila (Alagoas, Paraíba), maracujá do mato (São Paulo, Paraíba, Pernambuco) e outros como: maracujá-tubarão, maracujá-brabo, maracujá de casca verde (OLIVEIRA & RUGGIERO, 2005). Esta espécie tem ampla distribuição na América do Sul, ocorrendo desde o nordeste do Brasil até o norte da Argentina, sudeste do Paraguai e oeste da Bolívia, foi também introduzida na Venezuela, onde vários estudos já foram realizados com *P. cincinnata* (APONTE & JÁUREGUI, 2004; AULAR *et al.*, 2004; NUNES & QUEIROZ, 2006). É uma espécie perene, resistente à seca, e se desenvolve em diversos tipos de solo, até nos mais secos como a região semiárida do Brasil (CUNHA, *et al.*, 2002), podendo ser encontrada em

Pernambuco, São Paulo, Paraíba, Santa Catarina, Alagoas e Bahia, dentre outros estados (OLIVEIRA & RUGGIERO, 2005).

Segundo ZUCARELLI (2007), ARAÚJO (2007) e KIILL *et al.* (2010), a *Passiflora cincinnata* é descrita como uma espécie nativa da caatinga, cujas flores são axilares, de coloração azul-rosadas ou violeta e frutos globosos ou ovoides; sendo aplicado para fins nutricionais, medicinais e ornamentais. Seu fruto está em ascensão no mercado, principalmente direcionado às fábricas caseiras e à agricultura familiar, por ser um produto diferenciado e de sabor característico quando comparado ao maracujá amarelo.

O maracujá do mato, Figura 1.1 (a), caracteriza-se por ser bastante resistente às secas periódicas e aceitar bem qualquer tipo de solo e por ter um sabor diferenciado do maracujá amarelo (BRITTO, 2013). Atualmente o interesse dos consumidores por alimentos mais saudáveis e produzidos sem o uso de agroquímicos vem despontando como uma nova fatia de mercado ainda pouco explorada, isto contribui para a utilização de espécies nativas e/ou adaptadas às condições de sequeiro como matéria prima de novos produtos. Por estes motivos o maracujá do mato desponta como uma opção de cultivo para o desenvolvimento de uma fruticultura de sequeiro a ser explorada (ARAÚJO *et al.*, 2004; PITA, 2012).

A polpa que envolve sementes do maracujá do mato, Figura 1.1 (b), pode ser utilizada para fabricar inúmeros produtos como refrescos, pudins, sucos, sorvetes, batidas, mousses, molhos, geleia, doces e compotas, bebidas carbonatadas, bebidas mistas, xaropes, laticínios, suco em pó, sorvetes, licores e alimentos enlatados (BRAGA & JUNQUEIRA, 2000; PITA, 2012).



Figura 1.1. (a) Fotografia do fruto maracujá do mato; (b) Fotografia do fruto maracujá do mato cortado ao meio, evidenciando a polpa.

De acordo com KIILL *et al.* (2010) e ARAÚJO, (2004), o maracujá do mato é um fruto nativo popular na região semiárida, isento de agrotóxicos e com sabor exótico, já vem sendo comercializado em feiras livres de municípios do semiárido brasileiro, embora sua produtividade seja pequena quando comparada à do maracujá amarelo, girando em torno de 9 toneladas por hectare e explorada, basicamente, para subsistência e de forma extrativista.

ARAÚJO (2007), relata que o produto processado na forma de geleia é exportado para países da Europa e são também consumidos na merenda escolar dos municípios de Uauá, Curaçá e Canudos, na Bahia, porém RUGGIERO, (2000) e AZOUBEL *et al.*, (2010) apontam a importância do desenvolvimento de projetos para a ampliação da cultura do maracujazeiro, ressaltando a demanda urgente de lançamento de novas variedades e novas opções de aproveitamento integral dos frutos e desenvolvimento de novos produtos com maior valor agregado e o aproveitamento de subprodutos, como casca e sementes, resultantes do processo de industrialização. A implementação dessas atividades pode vir a proporcionar a melhoria na renda de populações pobres do meio rural, onde essa fruta é abundante.

1.2.3 - Adjuvante de secagem

Para que o processo de secagem seja viável do ponto de vista técnico e econômico é necessário, na maioria das vezes, certa concentração de sólidos, utilizando-se para tal a adição de alguns aditivos de grau alimentício. Dentre essas substâncias, os produtos à base de amido parcialmente hidrolisados têm sido bastante utilizados como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó (BARBOSA, 2010).

Esses aditivos, também chamados coadjuvantes de secagem, material de parede ou agentes carreadores, possuem propriedades que protegem o aroma e o flavor do produto, favorecendo também um rendimento maior do material seco. Estes aditivos podem ser carboidratos (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma acácia, Agar, carragena, etc.), lipídios (ceras, parafinas, diglicerídeos, etc.) e proteínas (glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobina e peptídeos) (BARBOSA, 2010).

A presença destes aditivos influencia as propriedades físico-químicas, tais como compressibilidade, densidade massíca, fluidez, higroscopicidade, tamanho e distribuição

de partícula, pegajosidade, solubilidade e teor de água (NATH & SATAPATHY 1998; BARBOSA, 2010).

Dessa forma a utilização de agentes carreadores pode promover um melhor manuseio do produto obtido, conferindo uma maior proteção contra a adsorção de vapor de água do ambiente, e evitando alterações diversas nas demais características desejáveis do produto em pó.

1.2.3.1 - Maltodextrina

As maltodextrinas podem ser obtidas de amidos de diferentes fontes botânicas e são produtos da hidrólise parcial ácida e/ou enzimática deste amido, apresentando valores de dextrose equivalente (DE) menor que 20, enquanto que polímeros com DE maiores de 20 são considerados xarope de glicose (MARCHAL *et al.*, 1999; OBON *et al.*, 2009; MORO, 2009). Apresenta-se como pó branco ou solução concentrada, sendo comumente obtida a partir dos amidos de milho, batata ou arroz (FDA, 2003).

O termo dextrose equivalente (DE) é uma medida que caracteriza a extensão da hidrólise do amido e também a designação industrial que expressa o conteúdo de açúcares redutores no produto, calculado como percentual em massa, em base seca, de dextrose. Conforme aumenta o grau de hidrólise, a média do peso molecular diminui e a DE aumenta, onde o valor da DE do amido é zero enquanto o da glicose é 100 (MORO, 2009).

Industrialmente, as maltodextrinas apresentam ampla distribuição de sacarídeos lineares e ramificados cuja composição determina suas funções físicas e biológicas. Amplamente utilizadas como aditivo alimentício, são carboidratos que fornecem 4 kcal ou 16,8 kJ/g de energia. Aplicadas no encapsulamento de essências e aromas, espessantes e geleificantes, como substitutas de gordura, para prevenir a cristalização e controlar o congelamento e possui ainda, diversas aplicações nas áreas farmacêuticas e nutricionais (COUTINHO, 2007). Em geral, as maltodextrinas são solúveis em água, possuem baixa densidade, não apresentam sabor adocicado e não possuem sabor de amido (OBON, 2009).

Produtos hidrolisados de amido consistem em uma mistura de sacarídeos, principalmente D-glicose, maltose e uma série de oligossacarídeos e polissacarídeos, com diferentes pesos moleculares, estes, pertencem às matrizes mais comumente utilizadas como agente microencapsulante na área de alimentos (CHRONAKIS, 1998; ELNAGGAR *et al.*, 2010).

Conforme BARBOSA (2010) os polímeros de D-glicose têm sido bastante utilizados como adjuvantes de secagem na obtenção de produtos em pó. Afirmado ainda que estes possuem sabor neutro, ausência de odor, são facilmente digeríveis e usualmente classificados de acordo com seu grau de dextrose equivalente (DE), que é uma medida do inverso do número de unidades de α -D-glicose anidro, e está ligada ao seu grau de polimerização (DP), de forma que $DE = 100/DP$. Assim, a especificidade das

propriedades das maltodextrinas está ligada ao DE e ao DP, que variam de acordo com o grau de hidrólise e o tratamento enzimático.

De acordo com MURRAY & LUFT (1973), as variações nos valores de dextrose equivalente (DE) resultam em maltodextrinas com diferentes propriedades físico-químicas, afirmando que o aumento do grau de DE aproxima o hidrolisado das propriedades da dextrose, enquanto a diminuição aproxima o produto com as propriedades do amido. As propriedades de higroscopicidade, solubilidade, osmolaridade, fluidez, doçura, digestibilidade e a capacidade de reduzir o ponto de congelamento aumentam com o aumento da DE, enquanto a viscosidade, coesividade e a prevenção da formação de cristais aumentam com a diminuição da DE.

A DE reflete o poder de redução e indica a estabilidade e funcionalidade das maltodextrinas. A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e a cromatografia de permeação em gel são mecanismos instrumentais recomendados como os melhores métodos para a caracterização das maltodextrinas (KISER & HAGY, 1979; JAKOVLJEVIC; NIKOLOV; BOSKOV, 1986).

A eficácia da maltodextrina como adjuvante de secagem ocorre devido a suas propriedades encapsulantes e à baixa difusividade do teor de água, apresentando-se como um dos aditivos mais utilizados na microencapsulação de alimentos porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evita a aglomeração das partículas; possui efeito antioxidante e retém os voláteis na faixa de 65% a 80 % (KILMARTIN, *et al.* 2004; ADHIKARI *et al.*, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2006).

De acordo com REINECCIUS (2001), as maltodextrinas são utilizadas principalmente como auxiliar para materiais de difícil secagem, como suco concentrado de frutas, flavorizantes solúveis em água, enzimas ou adoçantes de alta potência, isso deve-se ao fato das maltodextrinas apresentarem certa deficiência em relação às propriedades emulsificantes, porém esse problema é reduzido se o material a ser desidratado for solúvel em água.

1.3 - MATERIAL E MÉTODOS

O processamento para obtenção da polpa de maracujá do mato *in natura* foi realizado no Laboratório de Ensino de Química da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG) da Universidade Federal Rural do Pernambuco (UFRPE), em Garanhuns, Pernambuco e a caracterização química, físico-química e física no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, Paraíba.

1.3.1 - Matéria prima

Os frutos maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata*. Mast) foram coletados na Estação Experimental de Brejão do Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizado a 18 km de Garanhuns, Pernambuco. No momento da colheita foi realizada seleção quanto à sanidade, integridade física e estágio de maturação dos frutos. O agente carreador de secagem utilizado para as formulações foi a maltodextrina com dextrose equivalente (DE 20) da Corn Products Brasil.

1.3.2 - Processamento para obtenção da polpa do maracujá do mato

Após a colheita os frutos foram acondicionados em sacos plásticos e transportados para o Laboratório de Ensino de Química da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG) da Universidade Federal Rural do Pernambuco (UFRPE), onde foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 1.2.

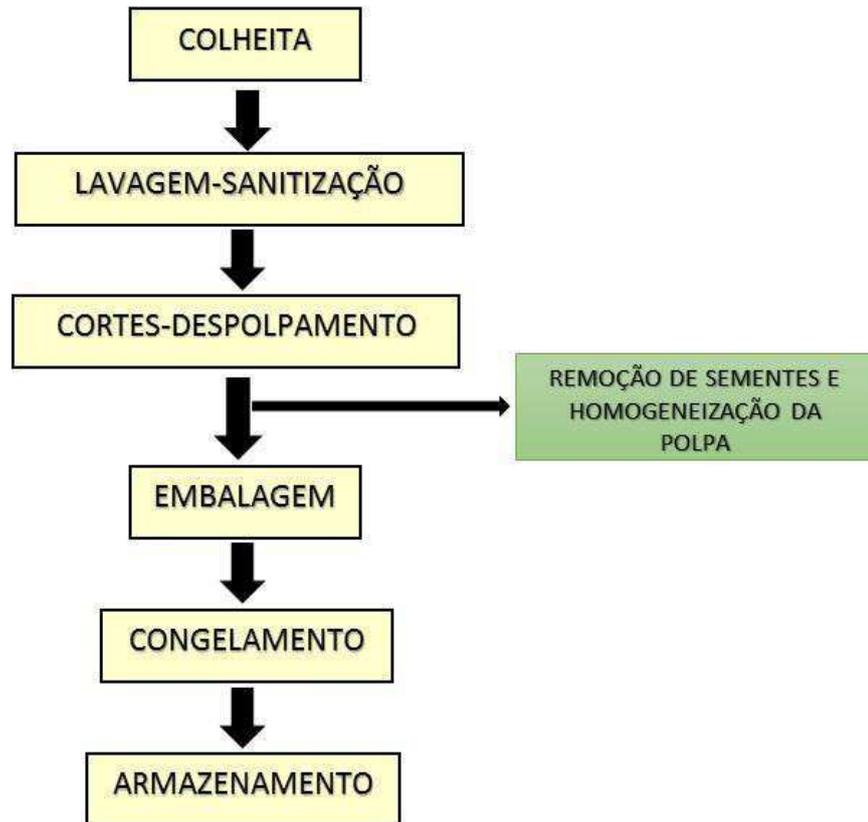


Figura 1.2 – Fluxograma do processamento e obtenção da polpa de maracujá do mato.

Os maracujás do mato foram submetidos à lavagem em água corrente com detergente e em seguida sanitizados em solução de hipoclorito de sódio numa concentração de 50 ppm, por um período de 15 minutos, em seguida foi realizado enxágue em água corrente para remoção do excedente da solução sanitizante.

Os frutos foram despulpados manualmente, dividindo-os em duas partes com facas de aço inoxidável, onde com o auxílio de uma colher fez-se a remoção da polpa com sementes. Esta polpa com sementes foi submetida a uma etapa de maceração em multiprocessador, utilizando lamina plástica, a fim de facilitar a remoção das sementes sem que as mesmas fossem trituradas. Após a etapa de maceração a polpa foi passada em peneira plástica a fim de remover as sementes contidas na mesma. A polpa integral coletada foi homogeneizada em balde plástico de 100L e acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade aproximada de 500g para congelamento. O armazenamento das polpas congeladas foi realizado em freezer convencional à temperatura de -20°C até o momento da elaboração das formulações para posteriores análises.

1.3.3 - Caracterização química, físico-química e físicas da polpa de maracujá do mato integral e formulações adicionadas de maltodextrina.

A polpa de maracujá do mato integral foi descongelada sob refrigeração em refrigerador convencional (10°C), onde após o total descongelamento foi realizada a caracterização do maracujá do mato *in natura* (CONTROLE) e das formulações de maracujá do mato (MM) adicionadas de maltodextrina DE20 (MD) nas seguintes concentrações: F1= MM+5% MD; F2= MM + 10%MD; F3= MM+ 15%MD, F4= MM+20% MD; F5= MM + 25 %MD e F6= MM + 30%MD.

As análises químicas, físicas e físico-químicas foram realizadas em triplicata, segundo os procedimentos a seguir.

1.3.3.1 - Teor de água

O teor de água foi determinado através do método gravimétrico com a utilização de estufa a 105° + 3°C por 24h, que se baseia no peso de água removida das amostras durante a sua permanência na estufa. Os testes foram realizados em triplicata, com amostras de aproximadamente 3g cada, expressas em base úmida, Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

1.3.3.2 Açúcares totais, redutores e não redutores

A determinação dos açúcares redutores foi realizada através da metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008) e os resultados expressos em percentual de glicose.

1.3.3.3 - Amido

O teor de amido foi determinado utilizando-se a metodologia de FRANCO *et al*, (2002) que se baseia na redução de um volume conhecido de um reagente de cobre alcalino (Fehling) a óxido cuproso. O ponto final é indicado pelo azul de metileno, que é reduzido à sua forma leuco por um pequeno excesso de açúcar redutor. O teor de amido foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$Amido (\%) = \frac{FC \times 500 \times 0,9}{V \times P} \quad (1.1)$$

Onde: FC = título da solução de Fehling;

V = n° de ml da solução da amostra gasto na titulação;

P = peso da amostra em g.

1.3.3.4 - Vitamina C

Determinado segundo método AOAC (1997), onde o corante 2,6 diclorofenol indofenol (DCFI) é reduzido pelo ácido ascórbico, através da observação do ponto final de titulação no momento em que a solução titulada apresentou coloração rosa.

1.3.3.5 - Sólidos solúveis totais

A determinação do teor de sólidos solúveis (°Brix) das amostras foi determinado através do índice de refração da amostra, utilizando-se um refratômetro de bancada.

1.3.3.6 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pela titulação de certo volume da amostra pela solução de hidróxido de sódio 0,1 M fatorada, utilizando-se como indicador a fenolftaleína, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

1.3.3.7 - Relação sólidos solúveis e acidez titulável (Ratio)

O ratio foi obtido por meio da razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

1.3.3.8 - pH

O pH foi determinado através do método potenciométrico. O potenciômetro foi previamente calibrado com solução tampão de pH 7,0 e 4,0, imergindo-se em seguida o eletrodo em um béquer contendo a amostra e fazendo-se a leitura direta no equipamento, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). Os resultados foram expressos em unidades de pH.

1.3.3.9 -Atividade de Água

A medida da atividade de água foi realizada a 25 °C por leitura direta utilizando-se o equipamento AquaLab CX-2 Decagon.

1.3.3.10 -Cor

A medida dos parâmetros de cor da polpa foi realizada utilizando-se um espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, que fornece leituras de luminosidade (L^*), intensidade de verde ($-a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$). A partir destes dados foram calculados os parâmetros de cromaticidade (C^*) e ângulo de tom (Hue^*), conforme as equações 1.1 e 1.3 segundo o Sistema CIELAB.

1.3.3.11 - Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente foi realizada utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.5 beta, para os tratamentos dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos das formulações elaboradas com maltodextrina, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com comparação de médias pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

1.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.4.1 - Caracterização química, físico-química e física da polpa de maracujá do mato *in natura*.

Na Tabela 1.1 encontram-se os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa do maracujá do mato *in natura*.

Tabela 1.1 – Valores médios e desvio padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa do maracujá do mato *in natura*.

Parâmetros	Média e desvio padrão
Teor de água (% b.u)	89,60± 0,092
Açúcares totais (% glicose)	7,199 ± 0,004
Açúcares redutores (% glicose)	6,331 ± 0,155
Açúcares não-redutores (% sacarose)	0,82 ± 0,144
Amido (% amido)	4,218± 0,063
Vitamina C (mg.100g ⁻¹)	13,69 ± 0,008
Sólidos solúveis totais (° Brix)	10,40± 0,000
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	4,65 ± 0,062
SST/ATT (Ratio)	2,24 ± 0,030
pH	2,24 ± 0,012
Atividade de água (25 ° C)	0,989 ± 0,002
Luminosidade (L*)	46,39 ± 0,245
Intensidade de verde (-a*)	-1,39 ± 0,026
Intensidade de amarelo (+b*)	29,43 ± 0,100
Croma (C*)	28,06 ± 0,029
Ângulo de tom (Hue*)	87,32 ± 0,045

O teor de água encontrado neste trabalho foi de 91,52% para a polpa *in natura* de maracujá do mato, enquanto PEDRO (2009) encontrou valor de 84,68% para a polpa *in natura* de maracujá azedo. Na tabela brasileira de composição de alimentos o teor de água citado para o maracujá amarelo é de 82,9% (TACO, 2011).

Pode-se observar que os valores médios do teor de água, açúcares redutores, totais e não redutores, amido, vitamina C, sólidos solúveis totais, acidez total, ratio e potencial

hidrogeniônico (pH), determinados para a polpa de maracujá do mato *in natura*, foram, 89,60% b.u, 7,20, 6,33, 0,82 % de glicose, 4,21 % de amido, 13,69 mg.100g⁻¹, 10,40 °Brix, 2,24 °Brix/ % ac. cítrico e 2,24 respectivamente.

Neste trabalho o valor de açúcares totais foi de 7,20% de glicose, porém autores como PEDRO (2009) e encontraram valores ligeiramente inferiores na ordem de 6,30 e de 3,48 a 4,77% de glicose para maracujá amarelo, e MIRANDA (2015) obteve valores de 4,64% de glicose para o maracujá cobra, o que significa um percentual abaixo dos valores do maracujá do mato variando de 0,9 a 3,72%, enquanto MACHADO *et al.* (2003) encontram valores superiores para açúcares totais em torno de 3,8% que corresponde a um percentual de 11% de glicose para polpa de maracujá amarelo. Contudo esses valores estão abaixo da expectativa onde se observaram valores entre 8,51 e 12,3% de glicose segundo SCHOTSMANS & FISCHER (2011) e TACO (2011) quando se referem ao maracujá amarelo. Essa diferença pode ser atribuída à variedade do maracujá utilizado nesta pesquisa, bem como às variações genotípicas dentro de uma mesma espécie e ainda com as condições em que o maracujazeiro se encontra cultivado, época e variações no estágio de maturação dos frutos na colheita, tendo em vista que os os frutos foram coletados em dias diferentes e posteriormente foi realizada homogeneização da polpa de maracujá do mato para realização das análises. Esses valores conferem ao maracujá do mato uma docilidade inferior ao maracujá amarelo, desmotivando seu consumo *in natura* e favorecendo o potencial da polpa de maracujá do mato para a elaboração de produtos derivados como néctares, geléias, doces e outros.

O valor de açúcares redutores da polpa de maracujá do mato neste trabalho foi de 6,33%, porém PEDRO (2009), MACHADO *et al.* (2003) e CIABOTTI *et al* (2000) relataram valores de açúcares redutores para polpa de maracujá amarelo inferiores aos obtidos neste trabalho, em torno de 2,94, 3,6 e 4,77% de glicose, respectivamente. O teor de açúcares redutores do maracujá do mato no presente estudo, que foi de 6,33%, encontra-se acima 1,56 a 3,39% dos valores mencionados pela literatura para o maracujá amarelo, variedade de maior circulação no mercado. Este resultado pode evidenciar o potencial de utilização do maracujá do mato como matéria prima para elaboração de doces e geleias, tendo em vista que a presença de açúcares redutores favorecem à não cristalização de açúcares e esta é uma característica desejável em produtos elaborados à base de açúcar como doces e geleias.

MACHADO *et al.* (2003) estudando o maracujá amarelo encontraram valor de açúcares não-redutores por volta de 7,5% enquanto neste trabalho o valor de açúcares

não-redutores do maracujá do mato foi de 0,82% de sacarose. Segundo DAMODARAN *et al* (2010), o conteúdo de açúcares de frutas varia de insignificante para mais de 20% em base úmida, afirmando ainda que as frutas e hortaliças contêm mais açúcares redutores que sacarose, como foi observado para o maracujá do mato neste trabalho, com teor de açúcares não-redutores abaixo de 1%.

CHAVAN & KADAM (1995) afirmaram que a concentração de amido na polpa de maracujá amarelo varia na faixa de 1,0 e 3,7% e SOMOGYI *et al.* (1996), encontrou 2% de amido no suco de maracujá-roxo; no entanto, o teor de amido da polpa de maracujá do mato neste trabalho foi de 4,22%. Essa elevada presença de amido na polpa de maracujá do mato pode influenciar suas características reológicas o que pode ser uma vantagem para a indústria de alimentos no que se refere à viscosidade e consistência dos produtos derivados a serem fabricados.

De acordo com PEDRO (2009), o teor de ácido ascórbico no suco da fruta é um dos principais indicadores do seu valor nutritivo, sendo este muito variável conforme o local de produção, estágio de desenvolvimento e maturação, bem como as práticas de pós-colheita e armazenamento. Observando a Tabela 1.1 vê-se que o teor de vitamina C foi de 13,69 mg.100g⁻¹ para a polpa de maracujá do mato *in natura*, valor este que se encontra abaixo do relatado por PITA (2012), que foi em torno de 21,21 mg.100g⁻¹ para a mesma variedade de maracujá e de 26,30 mg.100g⁻¹ para a polpa de maracujá amarelo. Contudo, ARAÚJO *et al.* (2002) em seus estudos com maracujá do mato obteve um valor de Vitamina C na ordem de 10,73 g.100g⁻¹ de ácido ascórbico, que é menor do que o encontrado neste trabalho, mas distante do encontrado por PITA (2012). Nos estudos de COHEN *et al.* (2008) para a espécie *Passiflora alata* o valor de vitamina C foi de 28,21 mg.100g⁻¹ ácido ascórbico. MOURA *et al.*, (2007) avaliou *Passiflora edulis* flavicarpa e encontrou média de 51,61 mg.100g⁻¹. Segundo a tabela de composição química de Franco (2007); TACO (2011) e PINHEIRO *et al.* (2005), encontram-se valores iguais a 15,16 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, de 19,8 mg.100g⁻¹ e de 30,0 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, respectivamente. A literatura apresenta valores de vitamina C para o maracujá amarelo com valores bem variados, dentre estes, os de CIABOTTI *et al.* (2000), 27,87 mg.100g⁻¹; PINHEIRO *et al* (2006) com teores variando de 5,1 a 19,2 mg.100g⁻¹; COELHO (2008), 19,0 mg.100g⁻¹; CEREDA *et al.* (1984) de 27,87 mg.100g⁻¹ e SILVA *et al.* (1998) valor de 18,20 mg.100g⁻¹. Portanto, essas diferenças podem ser atribuídas à espécie estudada, ao nível de maturação da fruta no período de colheita, às condições climáticas e à

fertilidade do solo e ao nível de insumo adicionado na cultura durante o seu desenvolvimento, bem como à intensidade solar da região.

Na literatura os teores de sólidos solúveis encontrados para o maracujá amarelo são de 13,08 a 14,67°Brix (MARCHI *et al.*, 2000), 13,5°Brix e 15,4°Brix (AMARO & MONTEIRO, 2001), e 11,7°Brix (PEDRO, 2009). ARAÚJO (2007) e SOUSA (2012), estudando o maracujá do mato, encontraram valores de sólidos solúveis totais de 10,81 e 10,22°Brix, valores próximos ao encontrado no presente estudo que foi de 10,40°Brix, enquanto ARAUJO (2002) e PITA (2012) encontraram valores de 14,20 e 11,43° Brix, valores que se encontram acima dos obtidos no presente trabalho. O valor de sólidos solúveis totais corresponde à percentagem, de sólidos dissolvidos num produto, como açúcares, polissacarídeos, proteínas, minerais, ácidos, vitamina C e algumas pectinas. Nas frutas este parâmetro está relacionado ao estágio de maturação, SOUZA (2016) relata em seu estudo com maracujá-roxo em diferentes graus de maturação uma variação de 9,1 a 15,3°Brix em vista disso pode-se dizer que o maracujá do mato.

O teor de acidez titulável do maracujá do mato foi de 4,65% de ácido cítrico. PITA (2012) encontrou valores de ácido cítrico para polpa de maracujá do mato acima do valor encontrado neste trabalho, em torno de 5,71% e para o maracujá amarelo o valor de acidez de 4,02 % de ácido cítrico. Com base no estudo de ARAÚJO *et al.* (2002) os teores de acidez titulável para o maracujá do mato foi de 3,80 %, menor que a média encontrada no presente estudo. PEDRO (2009) encontrou em média 4,92 % de acidez total titulável para o maracujá amarelo, valor acima do encontrado neste trabalho. No entanto, o valor de acidez titulável obtido neste trabalho para maracujá do mato encontra-se dentro do intervalo de 3,91 a 4,68 % relatado por MARCHI *et al.* (2000) para maracujá amarelo. Importante ressaltar que para fins industriais os frutos que apresentam elevada acidez total titulável, reduzem consideravelmente a adição de acidificantes em sua formulação, o que propicia melhoria nutricional, segurança alimentar e qualidade organoléptica dos produtos.

O sabor é um dos componentes mais subjetivos da qualidade das frutas e é resultado da combinação entre as sensações produzidas pelo paladar e o olfato. A relação SST/ATT é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares e acidez segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), deste modo, quando os valores desta relação são altos, significa que o fruto está em bom estágio de maturação, pois esse grau aumenta quando há decréscimo de acidez e alto conteúdo de SST, em decorrência da maturação. Neste trabalho esta

relação SST/ATT foi de 2,24, valor abaixo dos encontrados por RAIMUNDO *et. al.* (2009), em torno de 3,13 e 3,18, por BORGES *et. al.* (2003) de 3,4 a 3,7 e CAVICHIOLI *et.al.* (2011) de 2,8 a 3,5 para polpa de maracujá *in natura*. No entanto, o valor encontrado para maracujá do mato no presente trabalho encontra-se dentro do estimado quando se levam em consideração os valores de PITA (2012) e PEDRO (2009) que obtiveram valores de SST/ATT de 2,00 e 2,38 para maracujá do mato e maracujá amarelo, ambos valores aproximados ao determinado neste estudo.

Mensurar os valores de pH é de grande relevância para a agroindústria, isso devido ao fato do pH influenciar na palatabilidade, crescimento microbiano, determinação da temperatura de esterilização, escolha do tipo de detergentes e sanitizantes, bem como equipamentos, aditivos e vários outros fatores de processamento, sendo ainda uma ferramenta importante para a avaliação da acidez dos frutos (CHAVES, 2004). Neste trabalho o maracujá do mato teve valor de pH de 2,24, estando abaixo dos valores obtidos por ARAÚJO (2007), que estudando a caracterização da variabilidade morfo-agronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) encontrou um valor de pH de 4,73, e PEDRO (2009) que encontrou para o maracujá azedo, pH de 2,88. NAGATO *et al.* (2003) estudando marcas de suco integral de maracujá encontrou valores de pH variando em 2,8 a 3,2. Pode-se dizer que o valor de pH do maracujá do mato de 2,24 neste trabalho confere à polpa deste fruto a classificação de alimento ácido, característica desejável para frutos a serem processados como sucos, doces e geléias, tendo em vista que na elaboração de sucos a matéria prima ácida reduz a adição de acidulantes em sua formulação sem comprometer a conservação do produto e na elaboração de doces e geleias faz-se necessário um meio acidificado para que na presença de açúcar e pectina obtenha-se um melhor ponto de corte e gelatinização do produto final.

Pode-se dizer de uma maneira geral que as condições acima enunciadas interferem nos valores químicos e físico-químicos encontrados para a polpa de maracujá do mato estudado, embora todos estejam na ordem de grandeza similares, contudo eles podem interferir na formulação de vários produtos a serem confeccionados na indústria. No entanto, eles são importantes para as correções nas linhas de processo bem como para a formulação dos produtos e por fim para o seu controle de qualidade.

Segundo BEJAR *et al.* (2012) valores altos de atividade de água podem favorecer mudanças físico-químicas e microbiológicas, sendo necessária a redução da atividade de água para aumentar a vida de prateleira do produto. A atividade de água de 0,989 para a

polpa de maracujá do mato *in natura*, indica um alimento com elevado conteúdo de água livre ($a_w > 0,90$).

Na indústria de alimentos, a cor é importante parâmetro empregado no controle de qualidade. Um determinado alimento, em primeiro lugar é aceito com os olhos, ou seja, pela cor. Se a cor não for atraente, apesar da aparência e o odor, dificilmente o alimento será ingerido ou pelo menos provado (FERREIRA, 1981). A cor das polpas de frutas está relacionada com sua qualidade e também com o tipo e quantidade de pigmentos presentes (CHITARRA, 2005). O espaço de cor $L^*a^*b^*$, também conhecido como espaço de cor CIELAB é atualmente o mais popular dos espaços de cores uniformes usados para avaliar as cores. No espaço de cores $L^*a^*b^*$, o L^* indica a luminosidade, enquanto que o a^* e o b^* , representam as coordenadas cromáticas, sendo $+a^*$ a direção do vermelho, $-a^*$ a direção do verde, $+b^*$ a direção do amarelo e $-b^*$ a direção do azul.

Os valores dos os parâmetros L^* , a^* , b^* de cor para a polpa *in natura* de maracujá do mato foram respectivamente de 46,39; -1,39; 29,43. SILVA *et al.* (2005) estudando os estádios de maturação do maracujá amarelo relatou valores de cor da polpa de 12,4 a 15,0 para o parâmetro L^* , de 6,5 a 8,8 para o parâmetro a^* e de 7,9 a 9,5 para o parâmetro b^* , VIANA-SILVA (2010) estudando duas épocas de colheita para maracujá amarelo encontrou para os mesmos parâmetros de cor valores de L^* em torno de 12,39 a 14,51; valores de a^* em 7,33 a 8,14 e valores de b^* 7,99 a 9,43 para frutos colhidos maio/setembro e para os frutos colhidos outubro/dezembro os parâmetros foram para L^* de 13,46 a 16,28, para a^* de 4,37 a 6,36 e para b^* de 8,55 a 9,88. Contrapondo os valores de L^* obtido neste trabalho com os relatados na literatura podemos concluir que a polpa de maracujá do mato possui maior luminosidade que a polpa de maracujá amarelo, logo é mais clara que esta e no caso dos parâmetros a^* e b^* pode-se dizer que a polpa de maracujá do mato possui cor tendenciosa ao verde e amarelo claro por apresentar valores de a^* negativos e b^* próximos a 30, que indica a variação central do eixo b^* , evidenciando o ponto de encontro das tonalidades verde claro no eixo a^* e amarelo no eixo b^* , o que corrobora com a afirmação de que o maracujá do mato tem cor amarela menos intensa que o maracujá amarelo.

O espaço de cores $L^*C^*h^*$, utiliza o mesmo diagrama que o espaço de cores $L^*a^*b^*$, onde nesse espaço de cores, o L^* é o mesmo L^* do espaço de cores $L^*a^*b^*$, o C^* indica o “croma” e o h é um ângulo de tonalidade. O valor de croma C^* é 0 no centro e aumenta conforme a distância deste. O ângulo de tonalidade Hue inicia-se no eixo $+a^*$ e é dado em graus; 0 seria $+a^*$ (vermelho), 90 seria $+b^*$ (amarelo), 180 seria $-a^*$ (verde)

e 270 seria $-b^*$ (azul) (KONICA MINOLTA, 2016). Os valores de C^* e Hue para a polpa de maracujá do mato neste trabalho foram de 28,06 e 87,32, enquanto FLORES 2011 relata para polpa de maracujá amarelo cromas entre 13,67 a 27,85, indicando que a saturação ou a quantidade de pigmento na polpa é baixa e valores de ângulo Hue situados dentro do primeiro quadrante (de zero a 90°), ou seja, cor vermelha à amarela, com valores 73,90 a 84,87, onde relata que o valor de Hue 84,87 evidencia coloração tendendo a amarelo. Dessa forma pode-se dizer que a polpa de maracujá do mato possui baixa quantidade de pigmentos e sua cor tende mais a amarelo que vermelho, porém amarelo menos intenso quando comparado com a polpa de maracujá amarelo. Essa característica pode ser uma desvantagem se o objetivo for o consumo *in natura* deste fruto, porém em níveis industriais essa característica não apresenta relevância à rejeição dos frutos, pois dentro do processamento podem ser realizadas a padronização de cor pela utilização de aditivos quando necessário.

1.4.2 - Caracterização química, físico-química e físicas das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina

Na Tabela 1.2 encontram-se os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina. Observa-se que os valores do teor de água para as formulações de maracujá do mato com maltodextrina, tiveram uma redução estatisticamente significativa com o aumento do teor de maltodextrina nas formulações. Os valores de açúcares totais e redutores variaram de 7,89 a 10,92 e 7,49 a 10,27, aumentando o percentual conforme houve o incremento no teor de maltodextrina das formulações, enquanto os valores de açúcares não redutores variaram de 0,25 a 0,67, porém não apresentou uma tendência definida com relação à adição de maltodextrina.

O teor de amido presente nas polpas de maracujá do mato formuladas apresentou diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, sendo que a formulação F6 com 30% de maltodextrina apresentou maior teor sendo este de 17,62% decrescendo proporcionalmente a redução do agente carreador nas formulações até 10,11% na formulação com 5% de maltodextrina. Esse acréscimo no teor de amido conforme o aumento de maltodextrina nas formulações ocorreu devido à composição do agente carreador, pois a maltodextrina é um composto derivado do amido, sendo classificada como um carboidrato de alto índice glicêmico e possui ampla utilização na formulação

de alimentos industrializados. A presença de maltodextrina nas formulações de maracujá do mato favorece sua utilização industrial para obtenção de produtos em pó, pois este agente carreador é um carboidrato altamente solúvel, tem baixa densidade aparente que irá evitar a compactação do alimento em pó durante o transporte e armazenagem, bem como influenciar em sua solubilidade, pouca ou nenhuma doçura, evitando o mascaramento de sabores, além de substituírem ingredientes de alto custo e funcionarem como ótimo agente encapsulante (OBON, 2009).

Quanto à Vitamina C, apresentou valores variando 13,60 a 10,14, respectivamente, porém, sem uma relação lógica com os percentuais de maltodextrina utilizados, evidenciando que a adição de maltodextrina não influencia na manutenção ou aumento do teor de vitamina C da polpa de maracujá do mato.

Os valores de sólidos solúveis das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina, aumentaram seguindo uma ordem crescente com acréscimo de maltodextrina, devido à redução do teor de água ocasionada pela adição de maltodextrina nas formulações. A diferença da Formulação F6 com 30,20°Brix foi de 50% acima da formulação F1 com 15,17°Brix. GALDINO (2011) obteve este mesmo aumento de 50% no teor de Sólidos Solúveis Totais para polpa de figo da Índia formulada com adição de 25% de maltodextrina. Um alto teor de sólidos solúveis é desejável nas matérias primas industriais pois favorecem os processamentos de secagem de alimentos, facilitam a elaboração de sucos e nectares por diluição, onde pode-se obter produtos acabados com diferentes °Brix, conforme o interesse da indústria, bem como possibilitam sua maior utilização como matéria prima na indústria alimentícia.

O principal ácido orgânico encontrado na maioria das frutas é o ácido cítrico, a conversão desses ácidos tende a diminuir a acidez dos frutos com o amadurecimento, mas no caso das polpas formuladas com maltodextrina, o teor de acidez total titulável (% de ácido cítrico), foi decrescente com relação ao aumento do percentual de maltodextrina nas formulações. A ATT foi de 4,48 para a formulação com 5% de maltodextrina e de 3,95 para a formulação com 30% de maltodextrina, evidenciando uma diferença a nível de 0,53% entre as formulações F1 e F6. Ainda neste parâmetro foi verificada diferença estatística entre todas as formulações. Pode-se dizer que esta redução se deve à adição de maltodextrina à polpa de maracujá do mato, porém mesmo com a redução nos teores de acidez das formulações quando comparadas à polpa de maracujá do mato *in natura* (4,65% de ác. cítrico) as formulações testadas mantem-se classificadas como alimentos ácidos.

Tabela 1.2 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos-químicos das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina.

Parâmetros	Formulações					
	Concentração de maltodextrina (%)					
	5 (F1)	10(F2)	15(F3)	20(F4)	25(F5)	30(F6)
Teor de água (% b.u)	84,83± 0,256 a	81,71 ± 0,100 b	77,87 ± 0,084 c	74,85 ± 0,094 d	71,77 ± 0,030 e	69,80 ± 0,020 f
Açúcares totais (% glicose)	7,89 ± 0,025 f	8,40 ± 0,010 e	8,68 ± 0,000 d	9,73 ± 0,081 c	9,94 ± 0,017 b	10,92 ± 0,021 a
Açúcares redutores (% glicose)	7,49 ± 0,262 e	8,13 ± 0,030 de	8,44 ± 0,380 cd	9,09 ± 0,086 bc	9,30 ± 0,122 b	10,27 ± 0,073 a
Açúcares não redutores (% sacarose)	0,38 ± 0,249 ab	0,25 ± 0,248 b	0,67 ± 0,049 b	0,60 ± 0,036 ab	0,60 ± 0,112 ab	0,62 ± 0,062 ab
Amido (%amido)	10,11 ±0,0345 d	11,35 ±0,231 d	13,24 ± 0,310 c	14,66 ± 0,360 b	14,97 ± 0,381 b	17,62 ± 0,690 a
Vitamina C (%)	13,60 ± 0,019 a	10,27 ± 0,013 b	10,28 ± 0,013 b	10,14 ± 0,015 c	10,20 ± 0,026 c	10,17 ± 0,011 c
Sólidos solúveis totais (° Brix)	15,17 f ± 0,236f	18,29 ± 0,029 e	22,13 ± 0,047 d	25,15 ± 0,041 c	28,23 ± 0,021 b	30,20 ± 0,062 a
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	4,48 ± 0,023a	4,35 ± 0,080 b	4,14 ± 0,016 cd	4,22 ± 0,017 bc	4,10 ± 0,027 d	3,95 ± 0,018 e
SST/ATT (Ratio)	3,38 ± 0,018 f	4,20 ± 0,076 e	5,35 ± 0,021 d	5,95 ± 0,024 c	6,89 ± 0,045 b	7,65 ± 0,034 a
pH	2,36 ±0,010 d	2,38± 0,005 cd	2,41 ± 0,005 bc	2,42 ± 0,010 b	2,46± 0,008 a	2,48± 0,012 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina);F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

Para os valores de pH encontrados, segundo a classificação de BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998), as formulações podem ser classificadas como produtos considerados ácidos. TANAKA (2007), estudou a mistura de maltodextrina com suco de acerola verde e verificou que o valor do pH (4,43) era superior a todos os valores encontrados para as formulações de maracujá do mato e maltodextrina. A mesma autora relata valores para sólidos solúveis totais de 31,2° Brix, valor que se aproxima da formulação F6 de maracujá do mato com maltodextrina e de Vitamina C 6,69 mg.100g⁻¹ respectivamente, valor que se encontra abaixo para todas as formulações estudadas no presente trabalho.

Na Tabela 1.3 encontram-se os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros físicos das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina. Observa-se nessa tabela que os valores encontrados para atividade de água variaram de 0,990 a 0,984, sendo o maior valor para a menor concentração de maltodextrina e o menor valor para a maior concentração de maltodextrina apresentando um decréscimo da atividade de água com o aumento da adição da maltodextrina. Percebe-se nesse contexto que só a formulação F5 com 25% de maltodextrina foge à regra, tendo comportamento semelhante a F3 que foi com 15% de maltodextrina. Esses comportamentos são naturais dos processos biológicos e por esta razão fala-se sempre em tendências de comportamento. .

No parâmetro luminosidade (L*), a primeira formulação, com 5% de maltodextrina, apresentou valor de 45,25, onde este parâmetro seguiu decrescente até a formulação F3 (38,37) e em seguida de forma crescente até F6 (44,51). Sendo verificada diferença estatística nas seis formulações para este parâmetro. MELO (2012) relatou valores de luminosidade 62,92 para a formulação de polpa de atemoia (50% polpa + 50% água destilada + 40% de maltodextrina) e FERNANDES (2013), estudando três formulações de polpa de manga Keitt com diferentes concentrações (30, 35 e 40%) de maltodextrina (DE 14), encontrou valores para luminosidade (L*) de 36,58; 37,74 e 38,26, respectivamente. Todas as formulações estudadas apresentaram valores negativos para o parâmetro intensidade de verde (-a*), que indica a tendência à cor verde predominante nas seis formulações estudadas. Não havendo diferença estatística entre as amostras F3, F4 e F6. A maior intensidade de verde (-a*) foi para formulação com menor percentual de maltodextrina (5%), o esperado devido à maior quantidade de polpa de maracujá do mato. No parâmetro intensidade de amarelo (+b*), verificam-se valores variando de 23,05 a 29,17, onde só não houve diferença estatística para as formulações F2 e F4. A maior intensidade de amarelo (+b*) foi também para formulação com menor percentual de maltodextrina (5%), devido à maior quantidade de polpa. E quando

comparado com o mesmo parâmetro para a polpa *in natura* de maracujá do mato, percebe-se que houve redução em todas as formulações para a intensidade de amarelo ($+b^*$), indicando que a adição de maltodextrina reduz a coloração amarela.

Os parâmetros L^* , a^* e b^* são coordenadas de quantificação de cor. A cor de um alimento é de grande importância para a indústria de alimentos, pois através da interação com outras características físicas e sensoriais a cor pode influenciar no aceite ou não de um alimento, embora esses efeitos de aceitação estejam também associados a características psicológicas dos consumidores. Sendo o maracujá do mato uma fruta ainda pouco estudada e conhecida pela população em geral seria possível dizer que não existe um padrão de cor para aceitação do mesmo como matéria prima ou mesmo para seus alimentos derivados, evidenciando o desafio para as indústrias, pois a relação cor-aceitação não pode ser ignorada ou minimizada nas formulações de novos alimentos e bebidas a serem lançados no mercado.

O espaço de cores $L^*C^*h^*$, utiliza o mesmo diagrama que o espaço de cores $L^*a^*b^*$, porém utiliza coordenadas cilíndricas ao invés de coordenadas retangulares. Nesse espaço de cores, o L^* indica luminosidade, e é o mesmo L^* do espaço de cores $L^*a^*b^*$, o C^* (cromaticidade) indica a intensidade da cor ou pureza da cor, representa o grau de concentração, pureza de uma cor, ou seja, quanto esta difere o cinza e o h^* (ângulo Hue) representa o ângulo de tonalidade e caracteriza a qualidade da cor do alimento (saturação), que indica uma variação entre as cores e suas nuances que são segmentadas em quadrantes, definidos entre 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 360° (azul) (KONICA MINOLTA, 2016). Assim como os parâmetros $+a^*$ e $-b^*$, os parâmetros croma (C^*) e ângulo de tom (Hue^*) apresentaram maiores valores para a formulação com menor teor de maltodextrina (F1), reforçando coloração mais intensa onde havia maior teor de polpa de maracujá do mato, verificando-se ainda a proximidade do ângulo Hue com a nuance amarela tendo em vista valores variando de 81,36 a 85,84, valores próximos ao quadrante de 90° .

Tabela 1.3 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos das formulações de maracujá do mato adicionadas de maltodextrina.

Parâmetros	Formulações					
	Concentração de maltodextrina (%)					
	5 (F1)	10(F2)	15(F3)	20(F4)	25(F5)	30(F6)
Atividade de água (25 ° C)	0,990 ± 0,002 a	0,988 ± 0,000 ab	0,986 ± 0,001 bc	0,985 ± 0,002 bc	0,986 ± 0,000 bc	0,984 ± 0,000 c
Luminosidade (L*)	45,25 ± 0,046 a	42,12 ± 0,040 d	38,37 ± 0,265 f	39,56 ± 0,012 e	43,08 ± 0,044 c	44,51 ± 0,068 b
Intensidade de verde (-a*)	-2,03 ± 0,046 d	-3,11 ± 0,040 b	-3,50 ± 0,265 a	-3,43 ± 0,012 a	-2,93 ± 0,044 c	-3,39 ± 0,068 a
Intensidade de amarelo (+b*)	27,97 ± 0,330 b	25,14 ± 0,179 d	23,05 ± 0,036 e	24,80 ± 0,104 d	29,17 ± 0,551 a	26,53 ± 0,131 c
Croma (C*)	45,25 ± 0,320 a	28,24 ± 0,178 d	26,55 ± 0,721 e	28,23 ± 0,139 d	32,10 ± 0,103 b	29,92 ± 0,164 c
Ângulo de tom (Hue*)	85,84 ± 0,356 a	82,95 ± 0,079 c	81,36 ± 0,003 e	82,13 ± 0,112 d	84,26 ± 0,106 b	82,71 ± 0,123 c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina)

1.5 - CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que a polpa do maracujá do mato *in natura* e as polpas formuladas com maltodextrina apresentaram um teor de água elevado (acima de 69,80%) e alta atividade de água (acima de 0,97) evidenciando-se que na forma *in natura* ou com adição de maltodextrina a polpa de maracujá do mato é um alimento perecível e favorável ao crescimento microbiano.

Os valores de açúcares, amido e sólidos solúveis totais foram menores na polpa de maracujá do mato *in natura* do que nas polpas formuladas com maltodextrina, indicando que a maltodextrina age como um agregador desses compostos na polpa de maracujá do mato, favorecendo assim suas características para utilização industrial. No entanto, a composição integral ou natural da polpa de maracujá do mato possui maior teor de vitamina C do que as polpas formuladas com maltodextrina.

A adição de maltodextrina reduz a acidez total titulável da polpa de maracujá do mato *in natura* e todas as formulações com maltodextrina analisadas. No entanto, estas ainda podem ser classificadas como alimento ácido (ATT acima de 3,95 e pH abaixo de 2,48).

Os parâmetros de cor L*, a*, b* evidenciaram que a polpa de maracujá do mato *in natura* e as formulações com maltodextrina tendem ao verde e amarelo com valores negativos para o parâmetro a* (-1,39 a -3,39) e valores de b* (29,43 a 27,97).

1.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying experiments and modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 62, n. 1, p. 53-68, 2004.

ANDRADE, M. G. S.; SILVA, S. M.; SOARES, L. G.; DANTAS, A. L.; LIMA, R. P.; SOUZA, A. S. B.; MELO, R. S. Aspectos da qualidade de infrutescências dos abacaxizeiros 'Pérola' e 'Vitória'. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 96-102, 2015.

AGRIANUAL: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2009. p. 371-376.

AMARO, A. P.; MONTEIRO, M. Rendimento de extração da polpa e características físico-químicas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Sims.* Deg.) produzido por cultivo orgânico e convencional em relação a cor da casca. **Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v.12, p.171-184, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC, v. 2. 1997.

APONTE, Y.; JÁUREGUI, D. Algunos aspectos de la biología floral de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Universidad del Zulia, v. 21, n. 3, p. 211- 219, 2004.

ARAÚJO, A. J. B.; AZEVÊDO, L. C.; COSTA, F. F. P.; AZOUBEL, P. M. Caracterização físico-química da polpa de maracujá do mato. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53.; REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 25., 2002, Recife. **Resumos...** Recife: SBB - Seção Regional Pernambuco/UFRPE/UFPE, 2002. p. 10. Resumo 6

ARAÚJO, F. P.; SANTOS, C. A. F.; MELO, N. F. Propagação vegetativa do maracujá-do-mato: espécie resistente à seca, de potencial econômico para agricultura de sequeiro. **Instruções Técnicas**, v. 61. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004.

ARAÚJO, F. P. **Caracterização da variabilidade morfo-agronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) no semi-árido brasileiro.** 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ARIAS, R.; LEE, T. C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of hidroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.1697-1702, 2000.

AUGUSTA, I. M.; RESENDE, J. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A.; COUTO, M. A. P. G. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2010, v. 30 n. 4, p. 928-932.

AULAR, J.; PARÉS, J.; IADE, P.; RODRIGUEZ, Y. Crecimiento reproductivo de *Passiflora cincinnata* Mast. **Bioagro**, v. 16, n. 3, p. 205-212, 2004.

AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J. B.; OLIVEIRA, S. B.; AMORIM, M. R.; OLIVEIRA, S. S. B. Processo agroindustrial: aproveitamento da polpa de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata*) para a fabricação de estruturado de frutas. [2010]. **Comunicado Técnico**. v. 143. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. 2010. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20101879554>> Acesso em: 11 dezembro 2015.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying.** 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. da. **Fundamentos de tecnologia de alimentos.** 3.ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 316p.

BEJAR, A. K.; MIHOUBI, N. B.; KECHAU, N. Moisture sorption isothermas - Experimental and mathematical investigations of Orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. **Food Chemistry**, v. 132, n. 4, p. 1728-1735, 2012.

BELCHIOR, N. C. **Transferência de calor por congelamento de polpa de maracujá**. 2012. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - UFLA, Lavras.

BERILLI, S. S.; FREITAS, S. J.; SANTOS, P. C.; OLIVEIRA, J. G.; CAETANO, L. C. S. Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n.2, p. 503-508, 2014.

BORGES, A. L.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA, A. de A.; ALMEIDA, I. E.; CALDAS, R. C. Produtividade e qualidade de maracujá-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.259-262, 2003.

BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V. Uso potencial de outras espécies do gênero *Passiflora*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.206, p.5-9, set./out. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagre, onde constam o Modelo de Manual de Qualidade, o Protocolo de Validação de Métodos Físico-Químicos, o Protocolo de Cálculo da Incerteza Associada às Medições e os Métodos de Análise de Bebidas Fermentadas, Destiladas, Não Alcoólicas e de Vinagre, que passam a constituir padrões oficiais para análise físico-química de bebidas e vinagre. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 set. 2005.

BRITTO, F. F. **Progênies híbridas de maracujazeiros do cruzamento *Passiflora cincinnata* Mast. x *Passiflora quadrangularis* Linn.** 2013. 152p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA

CAVICHIOLO, J. C.; CORREA, L. S.; BOLIANI A. C.; SANTOS P. C. Características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.3, p. 906-914, Jaboticabal, set. 2011.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 32 n. 4, p. 1196-1205. 2010.

CARVALHO, J. E. U. Frutas da Amazônia na era das novas culturas. **Embrapa Amazônia Oriental**, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77034/1/22.pdf>>. Acesso em: 09 dezembro 2014.

CEREDA, E.; LIMA, U. A.; CUNHA, R. J. P.; CEREDA, M. P. Conservação e armazenamento do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg). III- variações no teor de ácido ascórbico. **Turrialba**, San Jose, v. 34, n.4, p.517-523, 1984.

CHAVAN, U. D.; KADAM, S. S. Passion fruit. In: SALUNKHE, D. K.; KADAM, S. S. **Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage, and processing**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 445-454.

CHRONAKIS, I. S. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural– functional mechanisms of maltodextrins: a review, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 38, n. 7, p 599–637, 1998.

CIABOTTI, E. D.; BRAGA, M; E. D.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamento inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.51-60, 2000.

CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, Canadá, v. 44, n. 7, p. 1658– 1670, 2011.

COHEN, K. O.; TUPINAMBÁ, D. D.; COSTA, A. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; SOUSA, H. N.; BAIOCCHI, M. V. Compostos fenólicos e vitamina C na polpa do híbrido de maracujazeiro azedo BRS Ouro Vermelho. **Comunicado Técnico**, v. 156, 5p. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2008.

COELHO, A. A. **Caracterização física e química dos frutos em função do tamanho e estágio de amadurecimento do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener)**. 2008. 126f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata doce**. 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2007.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. Aspectos botânicos. In: LIMA, A. A. (Ed.) Maracujá produção: aspectos técnicos. **Embrapa Informação tecnológica**, Brasília. p. 15-24. 2002.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DUARTE, M. O.; ALVES, M. F.; SILVA, L. O.; YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. de; SANO, S. M. 2009. Biologia reprodutiva de três espécies de *Passiflora* L. (*Passifloraceae*) em Uberlândia, MG, Brasil. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 9, 2009. São Lourenço, MG, **Anais...** São Lourenço-MG: 2009. CD – Rom.

ELNAGGAR, Y. S. R.; EL-MASSIK, A. M.; ABDALLAH O. Y.; EBIAN, A. E. R. Maltodextrin: A novel excipient used in sugar-based orally disintegrating tablets and phase transition process, **AAPS Pharmaceutical Scientists Technology**, v.11, n. 2, p. 645-651, 2010.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. F.; GUEDES, B. D.; MOACIR, M. R.; PINTO, R. Propriedades reológicas de sucos mistos de manga, goiaba e acerola adicionados de fitoquímicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.1, p. 21-28, 2013.

FDA-Food and Drug Administration. **21 Code of Federal Regulations**. Rockville: U.S. Department of Health and Human Services, v. 3, sec. 184, p. 523, 2003.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem por aspersão da polpa de manga Cv. Keitt**. 2013. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FERREIRA, V. L. P. Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos. **Campinas: ITAL**, 1981. 85 p. (Instruções Técnicas, 19).

FERREIRA, R. M. A.; AROUCHA, E. M. M., SOUZA, P. A.; QUEIROZ, R. F. Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 2, p.13-16, 2009.

FEUILLET, C.; MACDOUGAL, J. M. Passifloraceae. In: KUBITZI, K. (Ed.). **The Families and Genera of Vascular Plants**. Berlin: Springer, v. 9, p. 270-281. 2007.

FLORES, P. S.; DA SILVA, D. F. P.; BRUCKNER, C. H.; OLIVEIRA, S. P.; SALOMÃO, L. C. C. Caracterização físico-química de frutos de maracujazeiro amarelo provenientes da irradiação com raios gama. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.11, p.1903-1906, 2011.

FRANCO, C. M. L.; DAIÚTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. In: **Propriedades gerais do amido**. Metodologias de análise de amido. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 1, p. 185-203.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Editora Atheneu, p.307, 2007.

GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia**. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz**. São Paulo. v.1, 2008. 1020p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção agrícola e municipal**. Rio de Janeiro, v. 40, p.1-102, 2013. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2013/pam2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2013/pam2013.pdf). Acesso em: 15/12/2015.

JAKOVLJEVIC, J.; NIKOLOV, Z.; BOSKOV, Z. Some analytical aspects of enzyme degradation of starch and inulin into malto- and fructooligosaccharides. **Die Nahrung**, v. 30, n. 2, p. 171–176, 1986.

KIILL, L. H. P.; SIQUEIRA, K. M. M.; ARAÚJO, F. P.; TRIGO S. P. M.; FEITOZA, E. de A.; LEMOS, I. B. Biologia reprodutiva de *Passiflora cincinnata* Mast. (Passifloraceae) na região de Petrolina (Pernambuco, Brazil). **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 115-127, mar. 2010.

KILMARTIN, P. A.; REID, D. S.; SAMSON, I. Dielectric properties of frozen Maltodextrin solutions with added NaCl across the glass transition, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.84, p. 1277–1284, 2004.

KISER, D. L.; HAGY, R. L. Estimation of dextrose equivalent value of starch hydrolysates from liquid chromatographic profiles. In: Symposium on the Analysis of Food and Beverages, **Liquid Chromatographic Analysis of Food and Beverages**, v.2, p. 363–378. 1979

KONICA MINOLTA. **Precise color communication**. Disponível em:<<http://www.konicaminolta.com/>> Acesso em: 20 jan. 2016.

LIMA, M. M; YAMANISHI, O. K. 2012. **Análise do mercado consumidor de maracujá da RIDE**. 21 p. Disponível em:<<http://www.sober.org.br/palestra/2/595.pdf>> Acesso em: 24 de nov. 2015.

LÓPEZ CAMELO, A. F.; GÓMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.534-537, 2004.

MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguaquara. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, p.229-233, 2003.

MARCHAL, L. M.; BEEFTINK, H. H.; TRAMPER, J. Towards a rational desing of commercial maltodextrins. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 11, p. 345-355, 1999.

MARCHI, R.; MONTEIRO, M.; BENATO, E. A.; SILVA, C. A. R. Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. *f. flavicarpa* Deg.) destinado à industrialização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 20, n. 3, p. 381-387, 2000.

MATSUURA, F. C. A. U., ROLIM, R. B., Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.138-141, 2002.

MELETTI, L. M. M.; OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. **Maracujá**. Jaboticabal: FUNEP, 2010. (Série Frutas Nativas, 6.)

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Instrumental measurement of Orange juice colour: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 6, p. 894-901, 2005.

MELO, K. S. **Secagem por aspersão da polpa de atemoia**. 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MIRANDA, C. E. P. **Compostos bioativos do maracujá cobra (*Passiflora trintae*)**. 2015. 51f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais.

MORO, A. L. **Obtenção de massa de mandioca com adição de maltodextrina de amido de milho waxy**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MOURA, S. M.; CAVALCANTE, C. E. C.; SOARES, D. J.; MOSCA, J. L. 2007. Caracterização física e físico-química de frutos do maracujazeiro (*passiflora edulis flavicarpa*) produzido no sistema tradicional e orgânico. In: II simpósio brasileiro de pós-colheita: frutas, hortaliças e flores. 2, 2007. Viçosa, MG, **Anais...** Universidade Federal de Viçosa. 2007.

MURRAY, D. G.; LUFT, L. R. Low-DE corn starches hydrolysates. Multi-functional carbohydrates aid in food formulation. **Food Technology**, v.27, n.3, p.32-40, 1973.

NATH, S.; SATAPATHY, G. R. A. A systematic approach for investigation of spray drying processes. **Drying Technology**, v. 16, n. 6, p. 1173-1193, 1998.

NUNES, T. S.; QUEIROZ, L. P. Flora da Bahia: Passifloraceae. Sitientibus, **Série Ciências Biológicas**, v.6, n. 3, p.194-226, 2006.

OBON, J. M.; CASTELLAR, M. R.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model system. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n.4, p. 471-479, 2009.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; MAURO, A. O.; CENTURION, M. A. P. Aspectos gerais do melhoramento do maracujazeiro. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista-BA: UESB-DFZ, p. 27-28. 1994.

OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. Espécies de Maracujá com potencial agrônômico. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. ed. 19. **Maracujá: Germoplama e melhoramento genético**. Embrapa Cerrados, p.141 – 158, 2005.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2006.

OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDÃO, M. G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, Barking, v.48, n.1, p.170-179, 2012.

PEDRO, M. A. M. **Influencia de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá em pó**. 2009. 204 f. Tese (doutorado em biociências) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

PINHEIRO, A. B. V.; LACERDA, E. M. A.; BENZECRY, E. H.; GOMES, M. C. S.; COSTA, V. M. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. 5^a ed. São Paulo: Editora Atheneu, p.131, 2005.

PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; PRADO, G. M.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2006.

PITA, J. S. L. **Caracterização físico-química e nutricional as polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo**. Itapetinga, BA, 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

RAIMUNDO, K.; MAGRI, R. S.; SIMIONATO, E. M. R. S.; SAMPAIO, A. C. Avaliação física e química da polpa de maracujá congelada comercializada na região de Bauru. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n. 2, p. 539-543, 2009.

REINECCIUS, G. A. Multiple-core encapsulation: the spray drying of food ingredients. In: VILSTRUP, P. **Microencapsulation of food ingredients**. Surrey, Leatherhead Publishing, 2001, p.151-185.

ROCHA, M. C.; SILVA, A. L. B.; ALMEIDA, A.; COLLAD, F. H. Efeito do uso de biofertilizante agrobio sobre as características físico-químicas na pós-colheita do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) no município de Taubaté. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 7-13, 2001.

RUGGIERO, C. Situação da cultura do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.206, p.5-9, set./out. 2000.

TANAKA, D. L. **Influência da Desidratação por Spray Drying Sobre o Teor Ácido Ascórbico no Suco de Acerola (*Malpighia* ssp)**. 2007. 56f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual Paulista – UNESP. Araraquara, SP.

SANTOS, D. P.; BARROS, B. C. V. Hygienic health profile of pulpfruit produced in rural community and offered a school lunch. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa – PR, v. 06, n.02, p.747-756, 2012.

SCHOTSMANS, W. C.; FISCHER, G. Passion fruit (*Passiflora edulis* Sim.). In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. **Cambridge: Woodhead Publishing Limited**, 2011, p. 125-142.

SILVA, A. P.; LACERDA, S. A.; VIEITES, R. L. Ceras comerciais na manutenção do teor de vitamina C do maracujá-doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. v.1, p.176-178.

SILVA, T. V.; RESENDE, E. D.; VIANA, A. P.; ROSA, R. C. C.; PEREIRA, S. M. F.; CARLOS, L. A.; VITORAZI, L. Influência dos estádios de maturação na qualidade do suco do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 472-475, 2005.

SOMOGYI, L. P.; BARRETT, D. M.; HUI, Y. H. Processing fruits: science and technology: major processed products. **Basel: Technomic**, 1996. v.2, 558p.

SOUSA, L. B. D. E.; SILVA, E. M.; LUCIA, R.; GOMES, F.; CELIS, A.; LOPES, D. E. A.; CRISTINA, I. Caracterização e divergência genética de acessos de *Passiflora edulis* e *P. cincinnata* com base em características físicas e químicas de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 34, n. 3, p. 832–839, 2012.

SOUZA, J. S.; CARDOSO, C. E. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. Maracujá: pós-colheita. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2002. 51p. (Frutas do Brasil, 23).

SOUZA, N. B. M. **Composição química e atividade antioxidante de maracujá-roxo (*Passiflora edulis Sims edulis*) em diferentes graus de maturação**. 2016. 75f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança.

TACO – **Tabela brasileira de composição de alimentos/ NEPA-UNICAMP**. Versão revisada e ampliada. 4^a ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.

VIANA-SILVA, T.; LIMA, R. V.; AZEVEDO, I. G.; ROSA, R. C. C.; SOUZA, M. S.; OLIVEIRA, J. G. Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos na região Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 57-66, 2010.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.3, p. 459-471, 2010.

ZUCARELLI, V. **Germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast: fases, luz, temperatura e reguladores vegetais**. 2007. 111 f. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) –Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CAPÍTULO 2

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO COM DIFERENTES TEORES DE MALTODEXTRINA

2.1 - INTRODUÇÃO

A biodiversidade do número de espécies nativas de *Passifloraceae* no Brasil apresenta grande potencial a ser utilizado na produção de defensivos, indústria farmacêutica e principalmente nos programas de melhoramento genético, uma vez que estas espécies apresentam resistência a vários patógenos que afetam a cultura do maracujazeiro-amarelo e são tolerantes à seca (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2010).

O maracujazeiro é uma planta tropical, pertencente à família *Passifloraceae* e possui ampla variabilidade genética, sendo composta de 18 gêneros e 630 espécies. O Brasil possui de 100 a 200 exemplares nativos, com diversas funcionalidades, desde alimentícia, farmacêutica e ornamental. O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*) é responsável por 95% da área comercial no país. Os outros tipos são representados pelo maracujazeiro roxo, o maracujazeiro doce e outras espécies de apreciação apenas regional (MELETTI, 2000).

Seguindo os passos da indústria de alimentos mundial, a indústria processadora de polpa de frutas no Brasil está passando por um processo de concentração produtiva e da propriedade e de crescente inserção internacional. No entanto, não detém informações completas sobre características dos produtos regionais que podem sofrer alterações no processo de produção (HAMINIUK *et al.*, 2007).

A fim de aumentar a produtividade, evitar desperdícios e garantir maiores lucros algumas indústrias nacionais começam a se preocupar em estudar o comportamento de determinados sucos para projetar novas unidades de processamento. Conhecer esses comportamentos é indispensável aos projetos de tubulação e dimensionamento de bombas, bem como aos sistemas de agitação e misturas, que precedem a chegada das polpas *in natura* e sucos concentrados às prateleiras dos supermercados (VIDAL, 2006). Dentre essas propriedades, o comportamento reológico ocupa posição de grande destaque, sendo útil não só como medida de qualidade, mas imprescindível na elaboração de projetos, avaliação e operação dos equipamentos. O conhecimento dos parâmetros reológicos é importante em aplicações industriais não somente para determinar o consumo de energia para bombear um suco de fruta com alta viscosidade, mas também para resolver problemas relacionados à incorporação de ar, o que causa dificuldades na operação das bombas e reações indesejadas, tais como oxidação e contaminação. As medidas reológicas têm sido consideradas como uma ferramenta analítica a qual fornece uma compreensão fundamental dentro da organização do alimento, uma vez que esses

fluidos apresentam importância econômica e necessitam, assim, de uma criteriosa caracterização (VIDAL *et al.*, 2003; HAMINIUK *et al.*, 2006).

As propriedades físicas dos frutos são utilizadas na avaliação de sua textura, contribuindo para o desenvolvimento de métodos objetivos visando ao controle da qualidade, tanto de produtos inteiros quanto processados. Dentre essas propriedades, o comportamento reológico é um dos mais importantes, não sendo somente utilizado como medida de qualidade, mas também em projetos, avaliação e operação de equipamentos presentes nas várias operações unitárias da cadeia produtiva.

A partir disto, objetivou-se determinar o comportamento reológico da polpa do maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) *in natura* e de suas formulações com diferentes teores de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C, bem como o ajuste dos modelos reológicos Ostwald-de-Waele, Casson e Herschel-Bulkley aos dados experimentais obtidos.

2.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2.1 - Reologia de Produtos Alimentícios

De acordo com SCHARAMM (2000), a reologia descreve a deformação de um corpo quando sofre a influência de tensões. Corpos neste contexto são os sólidos, líquidos ou gases. Fluidos gases, tidos como fluidos ideais, escoam, ou seja, deformam-se de forma irreversível. A energia requerida para a deformação é dissipada dentro do fluido na forma de calor e não pode ser recuperada apenas pela remoção das tensões. Segundo BIRD *et al.* (2004), reologia é a ciência que estuda as propriedades mecânicas dos materiais que determinam seu escoamento quando solicitados por forças externas. O campo da reologia compreende desde a mecânica de fluidos newtonianos até a elasticidade de Hooke.

De acordo com MCCLEMENTS (2007), a importância da reologia se dá em diferentes áreas da ciência dos alimentos. Muitas das propriedades de textura que os humanos percebem ao consumirem os alimentos são semelhantes às percepções reológicas na natureza, exemplos disso são: a cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza. A estabilidade e aparência dos alimentos são características que comumente dependem das propriedades reológicas e de seus componentes. A reologia desempenha um papel relevante na indústria de alimentos, seja no desenvolvimento, fabricação e processamento de produtos alimentícios ou como uma ferramenta de controle, planejamento e monitoramento de processos industriais (SHARMA *et al.*, 2000; HAMINIUK, 2005).

O comportamento de maior ou menor fluidez de um material depende da interação física entre as moléculas que o compõem e essa interação depende essencialmente das forças de atração ou repulsão entre as moléculas (BOBBIO & BOBBIO, 2003). A viscosidade é a propriedade do fluido que descreve a magnitude da resistência a forças cisalhantes do fluido (SHARMA *et al.*, 2000). As informações sobre a viscosidade e o comportamento reológico de sucos de frutas podem ser utilizadas como o ponto de partida para elaboração de projetos e seleção de equipamentos a serem envolvidos no processamento de alimentos, pois esta propriedade afeta parâmetros operacionais (SILVA *et al.*, 2005; OLIVEIRA, 2006).

De acordo com SILVA *et al.* (2005) a definição de modelos adequados que descrevam o escoamento é necessária desde o planejamento para projeto de tubulações e de bombas, bem como para os sistemas de agitação e mistura. Estes autores ressaltam

ainda que o efeito da temperatura e da concentração de fluidos sobre o comportamento reológico precisa ser conhecido para que haja a compreensão e melhor dimensionamento de operações unitárias como tratamento térmico, congelamento e concentração.

Segundo WANG & CHANG (1994) quando é feito o congelamento de polpa de frutas o efeito do processo de congelamento se dá pela alteração na consistência da polpa e pelas mudanças em sua composição, mudanças estas causadas por reações químicas durante o armazenamento a baixas temperaturas. A consistência da polpa e a aparência global são mais bem mantidas quando a polpa é congelada rapidamente.

As medidas reológicas são consideradas como uma ferramenta analítica, a qual fornece uma melhor compreensão da organização estrutural dos alimentos. Vários fatores afetam o comportamento reológico das polpas de frutas, destacando-se entre estes, a temperatura, o teor de sólidos solúveis e o tamanho das partículas (HOLDSWORTH, 1971; VITALI & RAO, 1984)

2.2.1.1 - Fluidos Newtonianos

Os fluidos newtonianos são aqueles que apresentam relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, onde a viscosidade é influenciada pela temperatura e concentração, independente da taxa de deformação e tensão de cisalhamento inicial do fluido (CASTRO *et al.*, 2001).

Segundo SHARMA *et al* (2000) este comportamento é frequentemente observado em vários produtos como sucos de frutas clarificados e despectinizados; leite, suco de maçã, suco de laranja, vinho, cerveja e água.

A equação 2.1 é a representação matemática do comportamento reológico dos fluidos newtonianos.

$$\sigma = \eta \dot{\gamma} \quad (2.1)$$

Onde:

σ = tensão de cisalhamento;

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s^{-1});

η = viscosidade do fluido (Pa.s).

2.2.1.2 - Fluidos não-Newtonianos

Os fluidos que não seguem comportamento igual aos fluidos newtonianos são chamados não-newtonianos (BIRD *et al.*, 2004) e apresentam viscosidade que depende

da tensão de cisalhamento aplicada ou do tempo de sua aplicação, onde a viscosidade deixa de ser um coeficiente para se tornar uma propriedade que varia de acordo com as condições com as quais o fluido se encontra, sendo denominada viscosidade aparente (NAVARRO, 1997).

Os fluidos não-newtonianos podem ser dependentes ou independentes do tempo. À temperatura e composição constantes, a viscosidade aparente depende apenas da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento.

As polpas de frutas que possuem grande quantidade de material particulado insolúvel são fluidos não-newtonianos (FERREIRA *et al.*, 2002).

Muitos fluidos não-newtonianos podem ser descritos pela Equação 2.2, cuja viscosidade aparente (η_a) é função da taxa de deformação.

$$\eta_a = s/\gamma \quad (2.2)$$

Em que:

η_a = viscosidade aparente (Pa. s);

s = tensão de cisalhamento (Pa)

γ = taxa de deformação (s^{-1})

Os fluidos newtonianos apresentam valor de n igual a 1. Porém, os fluidos não-newtonianos apresentam valor de n diferente de 1; sendo que, para o fluido pseudoplástico, o índice de comportamento do escoamento (n) é menor que 1 e a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. O inverso ocorre para fluido dilatante: o índice de comportamento do escoamento (n) é maior que 1 e a viscosidade aparente aumenta com a taxa de cisalhamento (TONELI *et al.*, 2005).

2.2.1.3 - Fluidos independentes do tempo

Os fluidos não-newtonianos independentes do tempo, quando em temperatura constante, possuem viscosidade aparente dependente apenas da taxa de deformação e são subdivididos em três classes: fluidos pseudoplásticos, dilatantes e plásticos de Bingham (CASTRO *et al.*, 2001).

a) Fluidos pseudoplásticos

São fluidos que apresentam comportamento reológico independente do tempo, sem tensão residual, e que começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais; para esse tipo de fluido, observa-se que a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação (BENEDETTI, 2010).

Esses fluidos em repouso ficam em estado desordenado e, quando submetidos a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior for a tensão exercida sobre o fluido, maior também será a ordenação deste; conseqüentemente, a viscosidade aparente será reduzida (HOLDSWORTH, 1971).

b) Fluidos dilatantes

Nesses fluidos a viscosidade aparente aumenta com o aumento da taxa de deformação, sendo o oposto dos fluidos pseudoplásticos. De acordo com CABRAL (2000), o fenômeno da dilatância pode ser explicado pela existência de um sistema de partículas densamente empacotado. Quando este sistema é submetido ao cisalhamento, ocorre uma separação das partículas antes que haja o deslizamento entre elas. Em conseqüência, ocorre um aumento global do volume e à medida que as tensões aumentam, as partículas passam a interagir entre si, aumentando assim a viscosidade do fluido.

Este comportamento foi observado em atemóia (REIS, 2013), tangor ‘ortanique’ (SANTIAGO, 2011), polpa de abacaxi (FERNANDES, 2008) e suco concentrado de maracujá (GONÇALVES, 1989)

Os fluidos dilatantes apresentam o comportamento contrário aos fluidos pseudoplásticos, ou seja, a viscosidade do fluido aumenta à medida que aumenta a taxa de cisalhamento. Esse tipo de fluido é raro, comumente observado em líquidos que contenham em suspensão uma alta proporção de partículas rígidas insolúveis (BOURNE, 1982; GONÇALVES, 1989). Alguns tipos de mel e suspensões que contenham amido se enquadram nessa categoria (SHARMA *et al.* 2000; STEFFE, 1996).

c) Plástico de Bingham

Segundo MCCLEMENTS (2007), o fluido de Bingham se comporta como um sólido sob condições estáticas. Uma certa quantidade de força deve ser aplicada antes que o fluxo seja induzido (tensão inicial). Alguns exemplos de fluidos alimentícios que representam esse comportamento são: molhos de tomate, maionese, clara de ovo batida e margarina (BOURNE, 1982).

São fluidos que precisam de uma tensão de cisalhamento inicial para que haja fluxo ou movimentação do material. Uma vez atingida esta tensão, o fluido passa a apresentar comportamento newtoniano e é chamado de plástico ideal (FERREIRA, 2002).

Segundo GONÇALVES (1989) este comportamento pode ser encontrado em purê de batata, mostarda, chocolate fundido e creme batido.

2.2.1.4 - Fluidos dependentes do tempo

a) Fluidos tixotrópicos

Esses fluidos são aqueles em que a viscosidade aparente diminui com o tempo, em condições de temperatura e taxa de deformação constante, este comportamento foi observado em purê de damasco. O comportamento tixotrópico dos fluidos significa a redução da resistência da estrutura dos alimentos durante a fase em que a tensão é aplicada, porém havendo uma completa recuperação da estrutura durante a fase em que não há mais tensão sendo aplicada ao fluido (fase de descanso do fluido). A tixotropia significa também que a trajetória do escoamento é importante para a determinação da viscosidade em processos como misturas, escoamento em tubos, centrifugação, entre outros processos onde a viscosidade continua variando durante um longo período de tempo (TABILO-MUNIZAGA & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

b) Fluidos reopéticos

Esses fluidos são aqueles em que a viscosidade aparente aumenta com o tempo, em condições de temperatura e taxa de deformação constante. Este comportamento não é comum em alimentos sendo verificado em soluções de amido altamente concentradas e por longos períodos (SHARMA *et al.*, 2000).

2.2.1.5 – Viscoelásticos

O comportamento reológico da maioria dos líquidos se encontra entre líquido e sólido, apresentando-se parcialmente viscosos e elásticos denominados, por isso mesmo, viscoelásticos (SHARMA *et al.*, 2000).

2.3 - MATERIAL E METODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia de Alimentos, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, Paraíba.

2.3.1 - Matéria prima

Para a realização do estudo do comportamento reológico foram utilizadas as polpas de maracujá do mato (MM) armazenadas sob congelamento e maltodextrina (MD) com dextrose equivalente (DE 20) da Corn Products Brasil. As formulações estudadas foram: Formulação Controle (FC) = 100 % Maracujá do Mato (MM), Formulação 1 (F1) = Maracujá do Mato (MM) + 5 % Maltodextrina (MD); Formulação 2 (F2) = Maracujá do Mato (MM) + 10% Maltodextrina (MD); Formulação 3 (F3) = Maracujá do Mato (MM) + 15 % Maltodextrina (MD), Formulação 4 (F4) = Maracujá do Mato (MM) + 20 % Maltodextrina (MD); Formulação 5 (F5) = Maracujá do Mato (MM) + 25 % Maltodextrina (MD) e Formulação 6 (F6) = Maracujá do Mato (MM) + 30 % Maltodextrina (MD).

2.3.2 - Comportamento reológico

A determinação do comportamento reológico da polpa de maracujá do mato e suas formulações, adicionadas de maltodextrina, foi realizada a partir de leituras em viscosímetro programável DV-II rotativo marca Brookfield. As medidas foram realizadas nas temperaturas de 10°C e 25°C por serem, respectivamente, a temperatura típica de consumo de suco de frutas e a temperatura representativa ambiental, foram aplicadas diferentes velocidades de rotações onde foram obtidas leituras de viscosidade aparente. As leituras do torque foram feitas logo depois de transcorridos os primeiros 30 segundos de cisalhamento.

2.3.3 - Modelos reológicos

Os valores experimentais de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação foram ajustados pelos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Casson e Herschel-Bulkley (Equações: 2.3, 2.4 e 2.5 respectivamente).

Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n \quad (2.3)$$

Em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s^{-1})

K = índice de consistência (Pa. s^n)

n = índice de comportamento de fluxo (adimensional)

Casson

$$\tau^{1/2} = k_o + kc\dot{\gamma}^{1/2} \quad (2.4)$$

Em que:

τ = tensão de Cisalhamento(Pa)^{1/2}

$\dot{\gamma}$ – taxa de deformação (s^{-1})

Kc = viscosidade plástica de Casson (Pa. s)^{1/2}

Ko = tensão inicial(Pa)^{1/2}

Modelo Herschel-Bulkley

$$\tau - \tau_{oH} = K_H\dot{\gamma}^{n_H} \quad (2.5)$$

Em que:

τ = tensão de Cisalhamento (Pa)

τ_{oH} = taxa de deformação (s^{-1})

K_H = viscosidade plastica de Casson (Pa. s^n)

n_H = índice de comportamento de fluido(adimensional)

2.3.4 - Efeito da temperatura e da concentração de sólidos no comportamento reológico

Segundo GUEDES et al. (2010) vários fatores podem alterar o comportamento reológico de fluidos alimentícios dentre estes fatores os mais estudados são a temperatura e o teor de sólidos solúveis. Neste trabalho o efeito da temperatura sobre a viscosidade da polpa de maracujá do mato foi determinado através da equação linearizada de Arrhenius (Equação 2.6).

A fim de verificar a influência da concentração de sólidos solúveis na viscosidade aparente da polpa de maracujá do mato foi utilizada a equação Exponencial (Equação 2.7) utilizada por SILVA *et al.* (2005) e também foram propostas duas novas equações (Equação 2.8 e 2.9) que levam em consideração a consistência do fluido e a rotação aplicada aos ensaios de viscosidade das amostras, denominadas de Equação Proposta 1 e Equação Proposta 2. As equações 2.8 e 2.9 consideram a interação da concentração da amostra, a temperatura e a velocidade de rotação objetivando identificar qual modelo expressa o melhor ajuste aos dados obtidos experimentalmente levando em conta a influencia da consistência das amostras. (STEFFE, 1996; CHIN et al., 2009).

$$\eta_{ap} = A_A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad \text{Equação (2.6)}$$

Em que:

η_{ap} = Viscosidade aparente (Pa.s)

A_a = Constante (Pa.s)

E_a = Energia de ativação (kJ/mol)

R = Constante dos gases (0,008314 kJ/mol.K)

T = Temperatura (K)

$$\eta_{ap} = A_o \exp(A_1 \cdot C) \quad \text{Equação (2.7)}$$

Em que:

η_{ap} = Viscosidade aparente (Pa.s)

C = Concentração de solidos solúveis totais (°Brix)

A_o = Constante da equação exponencial (Pa.s)

A_1 = Constante da equação exponencial (°Brix⁻¹)

$$\eta_{ap} = (a_1 + a_2 \times VR) \times (a_3 \times \text{Exp}(a_4 \cdot C)) \quad \text{Equação (2.8)}$$

η_{ap} = Viscosidade aparente (Pa.s)

VR = Velocidade de rotação (rpm)

C = Concentração de sólidos solúveis totais (°Brix)

a_1, a_2, a_3 e a_4 = Parâmetros do modelo

$$\eta_{ap} = (a_1 + a_2 \times VR) \times (a_3 \times \text{Exp}(a_4 \cdot C^{a_5})) \quad \text{Equação (2.9)}$$

η_{ap} = Viscosidade aparente (Pa.s)

VR = Velocidade de rotação (rpm)

C = Concentração de sólidos solúveis totais (°Brix)

a_1, a_2, a_3, a_4 e a_5 = Parâmetros do modelo

2.3.5 -Análise estatística

Para avaliação dos dados da viscosidade aparente foi adotado o experimento fatorial 10x7x3 (Rotações x formulações x repetições) utilizando análise de variância no programa computacional ASSISTAT versão 7.5 beta. De posse das viscosidades aparentes foram calculados o efeito da temperatura com auxílio do programa computacional ORIGIN 6.0 e para identificar comportamento reológico da polpa de maracujá do mato usou-se o programa STATISTICA versão 6.

As análises de regressão não linear foram feitas pelo método Quasi-Newton e como critério de seleção para o modelo que melhor representou o processo de secagem, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2), a magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM). O erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM) para cada um dos modelos foram calculados através das Eqs. 2.10, 2.11 e 2.12 respectivamente.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|TC_{exp} - TC_{pred}|}{TC_{pred}} \quad (2.10)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TC_{exp} - TC_{pred})^2}{GLR}} \quad (2.11)$$

$$DQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (TC_{exp} - TC_{pred})^2} \quad (2.12)$$

Em que:

DQM = quadrado médio dos desvios (%)

TC_{exp} = valores obtidos experimentalmente

TC_{pred} = valores preditos pelo modelo

n = número de dados experimentais

GLR = Grau de Liberdade do Resíduo

2.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 - Viscosidade aparente das formulações de maracujá do mato *in natura* e adicionadas de maltodextrina na temperatura de 10°C e 25°C.

Nas Tabelas 2.1 e 2.2 têm-se os valores médios da viscosidade aparente (m.Pa.s) da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina em função das velocidades de rotação de 90 a 200 rpm, determinadas nas temperaturas de 10°C e 25 °C.

Observando os resultados da Tabela 2.1 e 2.2 verifica-se que a viscosidade aparente das formulações estudadas aumentou conforme houve o aumento da velocidade de rotação seja na temperatura de 10°C ou 25°C, significando que as amostras estudadas neste trabalho se comportaram como um fluido dilatante. Segundo PATIL & MAGDUM (2006), os fluidos dilatantes apresentam aumento na viscosidade com o aumento da taxa de deformação, voltando à viscosidade aparente inicial ao cessar a força aplicada, independente do tempo de aplicação da força.

Na Tabela 2.1 verifica-se que no intervalo de 90 a 200 rpm as amostras com 100% de maracujá do mato (FC) tiveram a viscosidade aparente aumentada em aproximadamente 12,91%; na polpa maracujá do mato + 5% maltodextrina (F1) o aumento foi de 15 %; na polpa de maracujá do mato + 10% maltodextrina (F2), 17,93 %; na polpa de maracujá do mato + 15 % maltodextrina (F3), 17,37; na polpa de maracujá do mato + 20% maltodextrina (F4) de 17,52; na polpa de maracujá do mato + 25% maltodextrina (F5), 22,39 e a na Formulação 6 (polpa de maracujá do mato + 30% maltodextrina), 17,89%. Verifica-se também que a viscosidade aparente aumentou em todas as velocidades de rotação conforme maior era o teor de maltodextrina em sua composição. Onde neste parâmetro houve diferença estatística significativa de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade para os valores de viscosidade aparente entre todas as formulações (FC, F1, F2, F3, F4, F5 e F6) nas rotações de 150, 160, 180 e 200 rpm.

Observando a Tabela 2.2 verifica-se que nas rotações de 90, 100 e 105 rpm não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de viscosidade aparente das formulações com 5% e 10% de maltodextrina (F1 e F2). Nas rotações de 120 a 200 rpm verificou-se diferença estatística de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade para todas as formulações. Isto significa que em rotações de maior

velocidade observa-se maior influencia dos teores maltodextrina no comportamento reológico das formulações.

Tabela 2.1 - Viscosidade aparente (m.Pa.s) da polpa de maracujá do mato e suas formulações adicionadas de maltodextrina com diferentes teores de água em função da velocidade de rotação a 10°C

Velocidade de rotação (rpm)	Formulações						
	Concentração de maltodextrina (%)						
	(FC)	5 (F1)	10(F2)	15(F3)	20(F4)	25(F5)	30(F6)
90	42,6000 dF	60,6950 eE	62,4500 fE	69,1000 fD	83,9000 gC	93,5500 fB	112,9000 gA
100	43,1500 cdF	62,2000 deE	63,8000 efE	70,2000 efD	84,5500 fgC	95,6500 fB	113,6000 fgA
105	43,3000 cdF	62,6500 deE	64,4000 efE	71,0500 efD	85,3500 fgC	96,6000 efB	114,3000 fgA
120	43,8000 cdF	64,0000 cdE	66,3500 deE	73,1500 deD	87,3500 efC	99,6500 eB	116,6500 efA
135	44,7000 bcdF	65,8000 bcE	68,3000 cdE	75,3000 cdD	89,5000 deC	102,8000 dB	119,7000 deA
140	44,7000 bcdF	65,8500 bcE	68,5500 cdE	75,5500 cdD	90,4000 cdeC	103,6000 dB	120,7000 dA
150	45,6000 abcdG	66,6500 bcF	69,8500 bcE	76,8000 bcD	91,6000 cdC	105,6000 cdB	122,6500 cdA
160	46,0000 abcG	67,2500 abF	70,5000 bcE	77,6000 bcD	93,1500 bcC	107,6000 cB	125,1500 cA
180	47,0000 abG	68,4500 abF	72,3500 abE	79,7500 abD	95,8500 abC	111,3000 bB	128,9000 bA
200	48,1000 aG	69,8000 aF	73,6500 aE	81,1000 aD	98,6000 aC	114,5000 aB	133,1000 aA

DMS para colunas = 3,1489; DMS para linhas = 2,9295; MG = 81,01207; CV% = 1,48/ DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação
 As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade
 Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina)

MELO (2012), ao analisar o comportamento reológico de polpa de atemoia com 50% de água destilada, adicionadas de diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%) e com diferentes dextroses equivalentes (10, 14 e 20) observou que a viscosidade aparente aumentou, em todas as velocidades de rotação e também com o aumento da concentração de maltodextrina. Fato semelhante é observado nos dados apresentados na Tabela 2.2, onde se vê que em todas as velocidades de rotação há o aumento da viscosidade aparente de forma crescente desde a formulação controle (FC) de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% de maltodextrina (F1, F2, F3, F4, F5 e F6). Segundo VITALI (1983), a redução da concentração de sólidos solúveis influencia a mudança de comportamento reológico. Isso justifica a influencia dos teores de maltodextrina na reologia das formulações de maracujá do mato estudadas, pois, conforme VITALI (1983), a diminuição de sólidos solúveis no suco, dispersa fisicamente as partículas da polpa, reduzindo a possibilidade de interação entre elas e reduzindo também a concentração de solutos, o que diminui, assim, sua característica não-newtoniana.

Na Tabela 2.2 verifica-se no intervalo de 90 a 200 rpm, que a amostra com FC teve a viscosidade aparente aumentada com o aumento da velocidade de rotação, em 22,63%; a F1 (polpa de maracujá do mato + 5% maltodextrina), o aumento foi de 15,06%; a F2 (polpa de maracujá do mato + 10% maltodextrina), 19,19%; a F3 (polpa de maracujá do mato + 15% maltodextrina) 13,68%; F4 (polpa de maracujá do mato + 20% maltodextrina) um aumento de 24,26%; F5 (polpa de maracujá do mato + 25% maltodextrina) de 22,45% e a F6 (polpa de maracujá do mato + 30% maltodextrina), 20,42%. NASCIMENTO (2009) ao estudarem as viscosidades aparentes da polpa de umbu-cajá integral e da polpa de umbu-cajá com adição de diferentes concentrações de maltodextrina (2,5; 5; 7,5%), também verificaram que o aumento da concentração de maltodextrina resultou no aumento da viscosidade aparente.

O comportamento das formulações de maracujá do mato *in natura* e das formulações adicionadas de maltodextrina estudadas foi de um fluido dilatante, este comportamento é pouco comum em polpa de frutas, porém é justificado pelas interações entre as moléculas de pectina e açúcares, além do teor de amido e das características de adesividade das polpas.

Tabela 2.2 - Viscosidade aparente (m.Pa.s) da polpa de maracujá do mato e suas formulações adicionadas de maltodextrina com diferentes teores de água em função da velocidade de rotação a 25°C

Velocidade de rotação (rpm)	Formulações						
	Concentração de maltodextrina (%)						
	(FC)	5 (F1)	10(F2)	15(F3)	20(F4)	25(F5)	30(F6)
90	36,4500 fF	53,1000 gE	54,2000 gE	62,1000 fD	68,0000 hC	84,2000 hB	98,9000 hA
100	40,5833 eF	55,2000 fE	56,2000 fE	63,4000 fD	69,8000 ghC	84,8000 ghB	99,8000 ghA
105	41,0667 deF	55,2500 fE	56,5500 fE	63,8000 fD	70,7000 gC	86,5000 gB	101,0000 gA
120	41,0000 deG	56,5000 efF	58,6500 eE	66,0000 eD	73,3000 fC	90,2000 fB	104,0000 fA
135	42,4667 bcdG	57,6000 deF	60,1500 deE	68,0000 dD	75,6000 eC	92,6000 eB	107,1500 eA
140	41,4000 cdeG	57,7500 cdeF	60,7000 cdE	68,4500 dD	76,6000 deC	93,8500 deB	107,8500 deA
150	43,1000 abcG	58,7000 bcdF	61,5000 cdE	69,6000 cdD	77,8500 cdC	95,4500 dB	109,2000 dA
160	42,5000 bcdG	59,5000 abcF	62,2500 bcE	70,6000 bcD	79,0000 cC	97,3500 cB	111,3500 cA
180	43,9000 abG	60,1000 abF	63,6500 abE	72,4000 bD	82,0000 bC	100,2000 bB	115,2500 bA
200	44,7000 aG	61,0000 aF	64,6000 aE	74,4000 aD	84,5000 aC	103,1000 aB	119,1000 aA

DMS para colunas = 1,8098; DMS para linhas = 1,6836; MG = 71,83238; CV% = 0,96/ DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação
 As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade
 Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina)

2.4.2 - Modelos reológicos

Na Tabela 2.3 encontram-se os valores dos parâmetros reológicos do modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C, bem como os coeficientes de determinação (R^2), os valores de magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

Verifica-se para o modelo de Ostwald-de-Waelle, que o parâmetro K apresentou uma tendência a diminuição com o aumento da temperatura nas diferentes concentrações de maltodextrina, enquanto o n aumenta. O parâmetro n do modelo que corresponde ao índice de comportamento do fluido, para todos os valores foi superior a 1, sendo comum para todas as concentrações de maltodextrina e confirmando o comportamento dilatante do fluido estudado.

Nota-se que, para o modelo de Ostwald-de-Waelle os coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 99%, a magnitude do erro médio relativo (P) abaixo de 0,0715 e os valores de desvio-padrão da estimativa (SE) abaixo de 0,0086, podendo-se utilizar o modelo para representar o comportamento reológico da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C com boa precisão experimental.

GUEDES *et al.* (2010), verificaram que o modelo de Ostwald-de-Walle (Lei da potência) pode representar o comportamento reológico da polpa de melancia em diferentes temperaturas (10°C, 20°C, 30°C, 40°C, 50°C e 60 °C) e concentrações (8, 17, 26 e 35 °Brix), todas com R^2 superior a 0,97. MELO (2012) estudando o comportamento reológico da polpa integral de atemoia, para a temperatura de 25°C, obteve para os modelos de Ostwald-de-Waelle, Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk coeficientes de determinação (R^2) iguais a 0,99. FEITOSA *et al.* (2015) estudando o comportamento reológico de murta também verificou que bom ajuste do modelo de Ostwald-de-Walle (Lei da potência) para os dados experimentais obtidos, apresentando coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,99.

Tabela 2.3. Parâmetros do modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da potência), coeficientes de determinação (R²) e desvios quadráticos médios (DQM) para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C.

Modelo de Ostwald-de-Waelle							
Formulações	Temperatura (°C)	Parâmetros					
		K	N	R ² (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
FC	10°C	0,0138	1,1647	99,99	0,0195	0,0012	0,0000
	25°C	0,0096	1,2212	99,95	0,0432	0,0034	0,0001
F1	10°C	0,0189	1,1775	99,99	0,0127	0,0012	0,0000
	25°C	0,0179	1,1601	99,99	0,0266	0,0024	0,0000
F2	10°C	0,0182	1,1955	99,99	0,0299	0,0034	0,0001
	25°C	0,0159	1,1953	99,99	0,0349	0,0033	0,0001
F3	10°C	0,0192	1,2055	99,99	0,0170	0,0018	0,0000
	25°C	0,0164	1,2166	99,99	0,0216	0,0016	0,0000
F4	10°C	0,0201	1,2289	99,99	0,0192	0,0023	0,0000
	25°C	0,0139	1,2746	99,99	0,0258	0,0027	0,0000
F5	10°C	0,0223	1,2435	99,98	0,0517	0,0086	0,0006
	25°C	0,0168	1,2775	99,97	0,0715	0,0079	0,0004
F6	10°C	0,0285	1,2254	99,98	0,0459	0,0075	0,0005
	25°C	0,0215	1,2575	99,99	0,0353	0,0047	0,0001

Onde: FC =Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 =Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 =Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 =Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 =Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 =Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 =Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

A Tabela 2.4 mostra os valores dos parâmetros reológicos do modelo de Casson, para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C, os coeficientes de determinação (R²), a magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

Verifica-se que, para o modelo de Casson os coeficientes de determinação (R²) foram superiores a 99%, a magnitude do erro médio relativo (P) abaixo de 0,1367 e os valores de desvio-padrão da estimativa (SE) abaixo de 0,0203, também indicando que este modelo pode representar com boa precisão experimental o comportamento reológico da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina

nas temperaturas de 10°C e 25°C. SOUSA (2013) ao analisar o comportamento reológico, de polpas de pequi com diferentes teores de água a temperatura de 25 °C, verificou que o modelo de Casson se ajustou adequadamente aos dados experimentais, com coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,91.

Tabela 2.4 Parâmetros do modelo de Casson, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10 e 25°C.

		Modelo de Casson					
Formulações	Temperatura (°C)	Parâmetros					
		k_{oc}	k_c	R^2 (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
FC	10°C	-0,3046	0,0323	99,97	0,0444	0,0032	0,0001
	25°C	-0,3200	0,0299	99,93	0,1138	0,0070	0,0004
F1	10°C	-0,4774	0,0473	99,98	0,0585	0,0050	0,0002
	25°C	-0,3711	0,0407	99,99	0,0308	0,0020	0,0000
F2	10°C	-0,5575	0,0500	99,98	0,0326	0,0035	0,0001
	25°C	-0,4887	0,0438	99,99	0,0284	0,0027	0,0001
F3	10°C	-0,6207	0,0542	99,99	0,0271	0,0037	0,0001
	25°C	-0,6960	0,0507	99,97	0,0623	0,0056	0,0002
F4	10°C	-0,8216	0,0656	99,94	0,0785	0,0096	0,0008
	25°C	-0,8571	0,0575	99,96	0,0780	0,0077	0,0003
F5	10°C	-1,0202	0,0782	99,88	0,1367	0,0189	0,0029
	25°C	-1,0619	0,0704	99,95	0,0959	0,0118	0,0012
F6	10°C	-1,1065	0,0909	99,88	0,1203	0,0203	0,0034
	25°C	-1,1214	0,0809	99,92	0,1170	0,0170	0,0032

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

Observa-se que para o modelo de Casson, que o parâmetro k_{oc} apresentou valores negativos e decrescentes conforme aumenta-se o teor de maltodextrina nas formulações, variando de -0,3046 a -1,1214 na temperatura de 10°C e de -0,3200 a -1,1214 na temperatura de 25°C para as formulações FC e F6 respectivamente. Observa-se que o parâmetro viscosidade plástica de Casson (K_c) apresentou tendência de diminuição com aumento da temperatura tanto para a formulação controle (100% maracujá do mato) como as demais formulações de maracujá do mato e maltodextrina; os valores de K_c variaram

entre 0,0323 a 0,0908 na temperatura de 10°C e 0,0299 a 0,0809 na temperatura de 25°C, para as formulações controle (FC) e formulação com 30% de maltodextrina (F6).

A Tabela 2.5 mostra os valores dos parâmetros reológicos do modelo de Herschel-Bulkley, para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C bem como os valores encontrados nos parâmetros: tensão de cisalhamento inicial (τ_{oH}), índice de consistência (k_H) e índice de comportamento de fluxo (n_H) e os coeficientes de determinação (R^2), os valores de magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

Tabela 2.5. Parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10 e 25°C.

Modelo de Herschel-Bulkley								
Formulações	Temperatura (°C)	Parâmetros						
		τ_{oH}	K_H	n_H	R^2 (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
FC	10°C	0,3425	0,0038	1,4145	99,99	0,0215	0,0014	0,0000
	25°C	-0,0615	0,0119	1,1789	99,95	0,0484	0,0040	0,0001
F1	10°C	-0,0323	0,0203	1,1637	99,99	0,0153	0,0017	0,0000
	25°C	-0,0999	0,0227	1,1136	99,99	0,0316	0,0026	0,0001
F2	10°C	-0,2931	0,0321	1,0851	99,99	0,0290	0,0027	0,0001
	25°C	-0,3332	0,0327	1,0562	99,99	0,0217	0,0016	0,0000
F3	10°C	0,2556	0,0111	1,3125	99,99	0,0226	0,0024	0,0000
	25°C	0,1832	0,0107	1,3003	99,99	0,0115	0,0014	0,0000
F4	10°C	0,1785	0,0147	1,2913	99,99	0,0209	0,0032	0,0001
	25°C	-0,1439	0,0184	1,2195	99,99	0,0177	0,0019	0,0000
F5	10°C	0,5019	0,0099	1,4045	99,99	0,0224	0,0040	0,0001
	25°C	0,3046	0,0111	1,3596	99,98	0,0614	0,0082	0,0004
F6	10°C	0,6654	0,0113	1,4082	99,99	0,0178	0,0029	0,0001
	25°C	0,2968	0,0137	1,3462	99,99	0,0184	0,0025	0,0000

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

Constata-se que as amostras com concentrações de maltodextrina de 0%, 15%, 20%, 25% e 30% apresentaram os maiores valores de tensão de cisalhamento inicial (τ_{oH}) na temperatura de 10°C, variando entre 0,66549 e 0,17856 m.Pa.s, e os menores nas amostras com concentrações de 5% e 10% de maltodextrina.

Observa-se, que ocorreu uma tendência de aumento do índice de consistência (k_H) para o aumento de temperatura em quase todas as concentrações de maltodextrina, com exceção somente na formulação com 25% de maltodextrina (F5). A formulação de maracujá do mato com 5% de maltodextrina (F2) apresentou o maior índice de consistência (k_H) que foi de 0,03213 e 0,03271 para as temperaturas de 10°C e 25 °C, enquanto os menores valores de índice de consistência (k_H) foram verificados na formulação contendo 25% de maltodextrina (F3) na temperatura de 25°C, com valor de 0,01076 e na formulação com 25% de maltodextrina (F5) de 0,00994 na temperatura de 10°C.

O índice de comportamento (n_H) do fluido das diferentes polpas de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C estudadas não apresentou uma tendência em relação ao aumento da temperatura e à concentração de maltodextrina.

O modelo de Herschel-Bulkley apresentou coeficientes de determinação (R^2) superiores a 99%, a magnitude do erro médio relativo (P) abaixo de 0,0614 e os valores de desvio-padrão da estimativa (SE) abaixo de 0,0082, sendo possível afirmar que o modelo em questão pode ser usado para prever o comportamento das polpas de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C. AUGUSTO *et al.* (2012) ao estudarem as propriedades reológicas da polpa de seriguela identificaram que o comportamento da polpa pode ser bem descrito pelo modelo de Herschel-Bulkley nas temperaturas de 0°C, 20°C, 40°C, 60°C e 80°C, com o valor do índice de comportamento do fluido variando entre 0,25 e 0,48.

Dentre os modelos reológicos (Lei da Potência, Casson e Herschel-Bulkley) utilizados para descrever o comportamento reológico das formulações de maracujá do mato *in natura* e suas formulações de maracujá adicionadas de maltodextrina (5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%) o modelo de Herschel-Bulkley na maioria das formulações em ambas temperaturas foi o que proporcionou os melhores ajustes, apresentando os menores valores dos desvios percentuais médios (P) e os valores mais elevados dos coeficientes de determinação (R^2). Entretanto, todos os demais modelos também podem ser usados na

estimativa dos dados reológicos das polpas de pequi em razão de terem apresentado $R^2 > 0,90$ e $P < 10\%$.

Nas Figuras 2.1 e 2.2 apresentam-se as curvas da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação nas temperaturas de 10°C e 25 °C para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina, ajustados ao modelo Ostwald-de-Waelle, considerando que o modelo se ajustou aos dados experimentais. Observa-se que a tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação, em todas as concentrações nas duas temperaturas estudadas, 10°C e 25 °C respectivamente. FERREIRA *et al.* (2008) constataram, ao analisar as propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu, que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Ostwald-de-Waelle com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,94.

Observando as Figuras 2.1 e 2.2 e também os dados da Tabela 2.3 constata-se que o comportamento dilatante das polpas de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina aumenta em intensidade tanto com a temperatura quanto com o percentual de maltodextrina em sua composição. Quanto maior a concentração de maltodextrina adicionada aos sistemas, maior é o valor do índice de comportamento de fluxo (n) e menor é o índice de consistência (K). Observa-se também nas figuras citadas (Figuras 2.1 e 2.2) que o aumento da viscosidade aparente (η) em função da taxa de deformação é maior tanto quanto maior for a quantidade de maltodextrina adicionada aos sistemas. O fato de a viscosidade aumentar com a elevação da concentração está ligado a dois aspectos. O primeiro deles está relacionado com a redução de solvente para a lubrificação intermolecular, de tal forma que o atrito aumenta, enquanto o segundo aspecto diz respeito à formação de hidratos pelos íons e moléculas, pois, em altas concentrações, o solvente deixa de ser suficiente para saturar todas as moléculas e as mesmas começam a formar agregados.

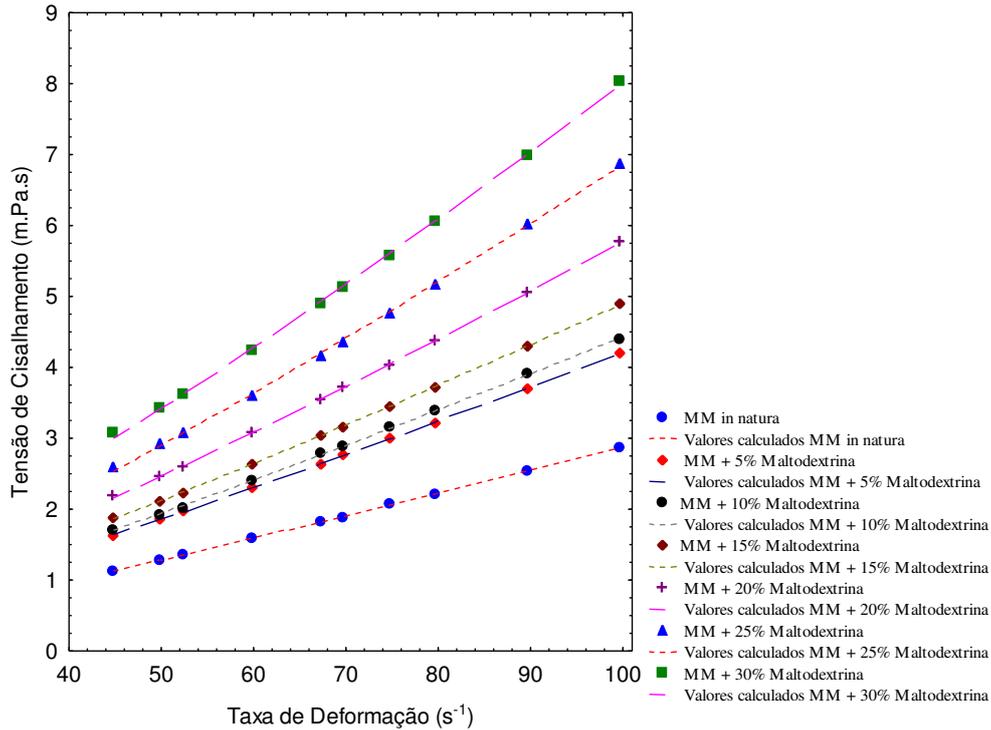


Figura 2.1– Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina na temperatura de 10°C.

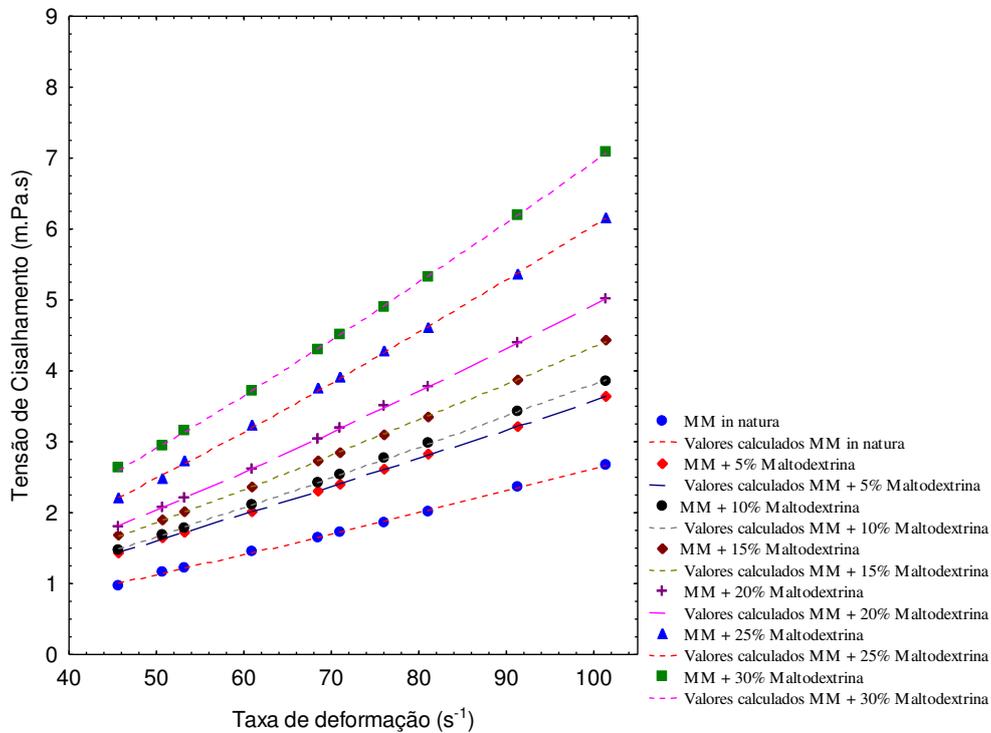


Figura 2.2– Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina na temperatura de 25°C.

Nas Figuras 2.3 e 2.4, apresentam-se as curvas da tensão de cisalhamento versus a taxa de deformação para a polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina, nas temperaturas de 10°C e 25 °C, ajustadas pelo modelo de Casson. Observa-se que a tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação, conforme aumenta-se o teor de maltodextrina nas formulações para ambas temperaturas.

BALESTRA *et al.* (2011) ao analisar o comportamento reológico de polpas de maçã, pera e pêssigo a 25°C, verificaram que o modelo de Casson se ajustou adequadamente aos dados experimentais, com R^2 maiores ou iguais a 0,84. BRANCO e GASPARETTO (2003) avaliando o comportamento reológico de suco de laranja concentrado congelado nas temperaturas de -0,5°C a -19,4°C, identificaram, que o modelo de Casson apresentou bom ajuste aos dados experimentais e coeficiente de determinação (R^2) em torno de 0,99.

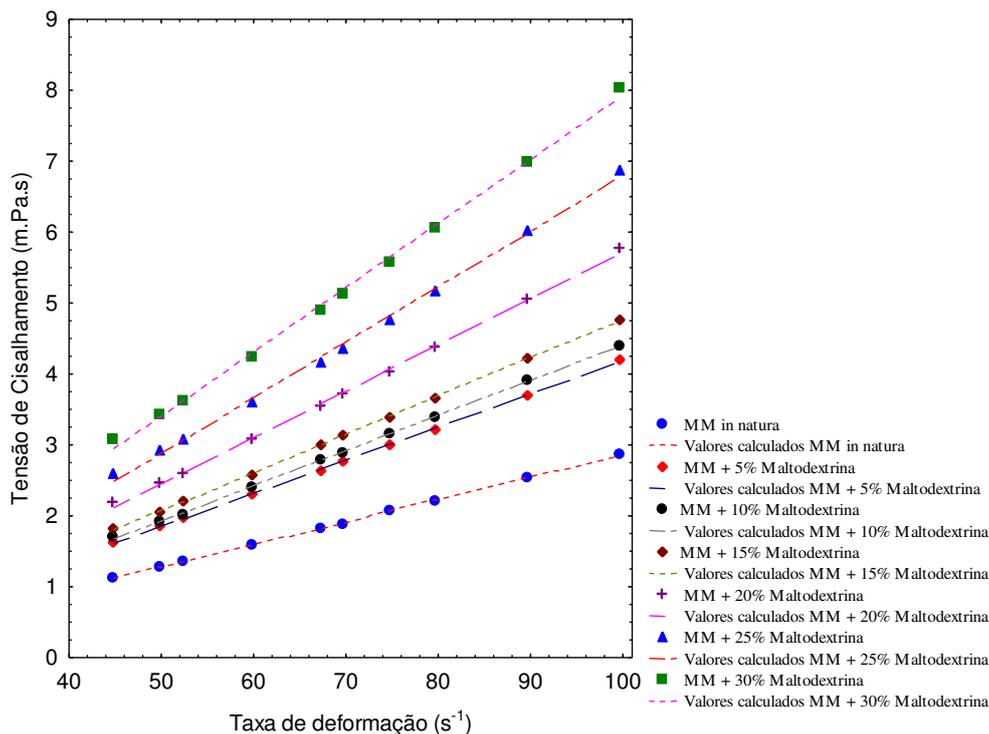


Figura 2.3 Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Casson para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina na temperatura de 10°C.

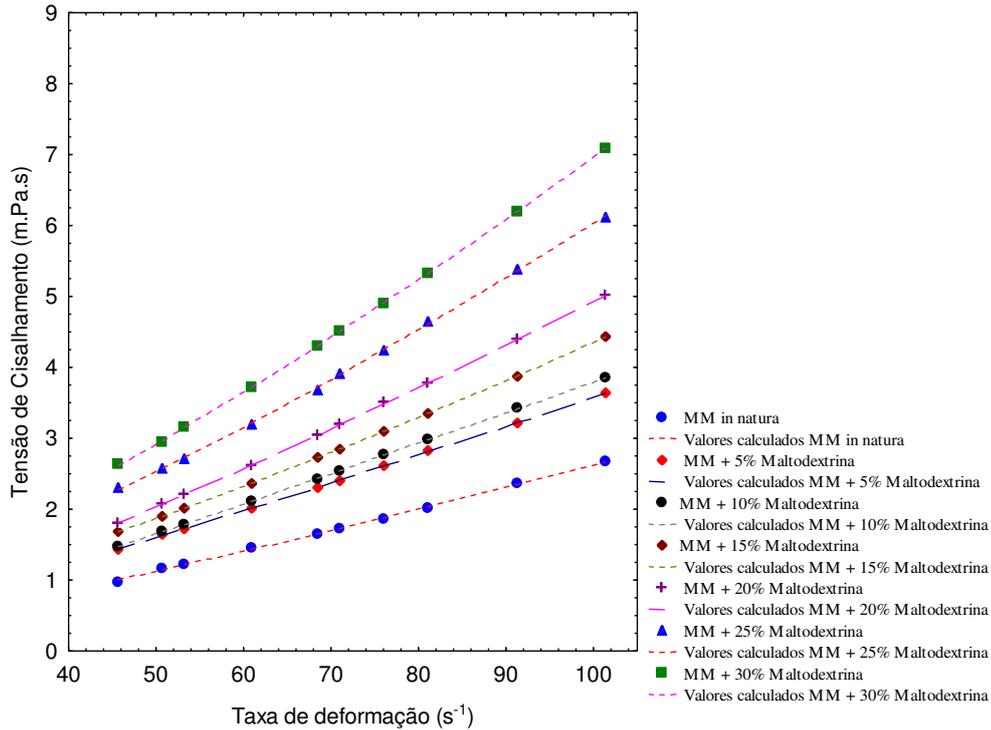


Figura 2.4 Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Casson para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina na temperatura de $25^{\circ}C$.

As Figuras 2.5 e 2.6, apresentam a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina nas temperaturas de $10^{\circ}C$ e $25^{\circ}C$. Observa-se que a tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação, em todas as concentrações e nas temperaturas $10^{\circ}C$ e $25^{\circ}C$.

O modelo de Herschel-Bulkley que foi o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais, em razão de ter apresentado, na maioria das amostras, os maiores valores dos coeficientes de determinação e menores valores dos desvios percentuais médios, com relação aos demais modelos utilizados. De maneira geral constata-se que as curvas passaram próximas aos pontos experimentais, demonstrando o bom ajuste do modelo. BEZERRA *et al.* (2009) constataram ao estudarem as propriedades reológicas da polpa de morango, que o melhor modelo foi o de Herschel-Bulkley, o qual apresentou os menores valores de erro experimental (0,08 a 2,67%), para as temperaturas investigadas ($10^{\circ}C$, $20^{\circ}C$, $30^{\circ}C$, $40^{\circ}C$, $50^{\circ}C$ e $60^{\circ}C$).

Observando-se as Figuras 2.5 e 2.6 vê-se que as maiores viscosidades, que é a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, foi para a formulação de maracujá do mato com 30% de maltodextrina, tanto na temperatura de $10^{\circ}C$ como na de

25° C, confirmando a influência do teor de maltodextrina no comportamento reológico das formulações estudadas.

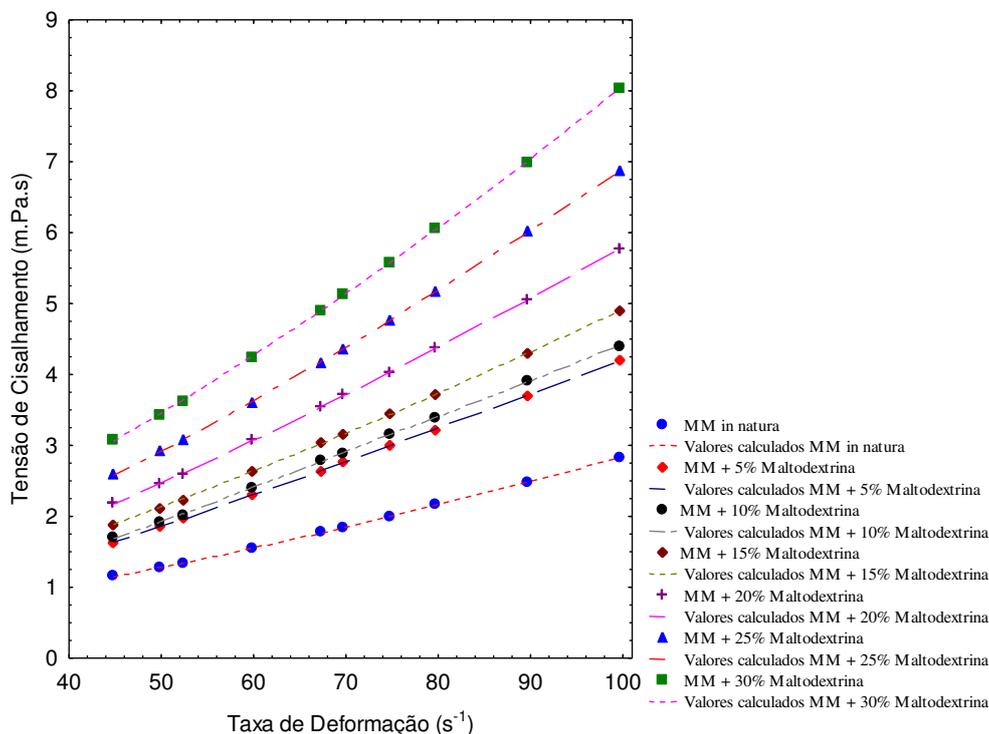


Figura 2.5 Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina na temperatura de 10°C.

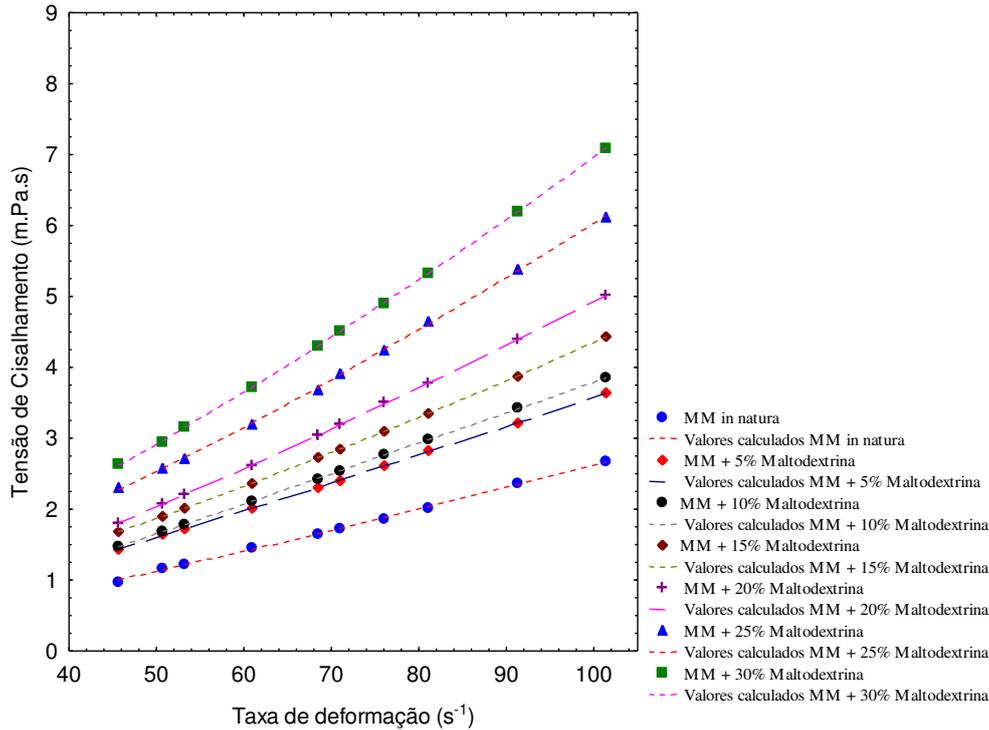


Figura 2.6 Relação entre a tensão de cisalhamento (m.Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina na temperatura de $25^{\circ}C$.

2.4.3 - Efeito da temperatura e da concentração de sólidos no comportamento reológico da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina.

A Tabela 2.6 mostra os valores dos parâmetros da equação linearizada de Arrhenius para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina, os coeficientes de determinação (R^2), os valores de magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

A energia de ativação é necessária para movimentar as moléculas, sendo uma função do aumento da temperatura, onde a ordem de grandeza da energia de ativação indica a dependência da viscosidade com a temperatura, de forma que o aumento da temperatura provoca um efeito de decréscimo da viscosidade (SILVA, 2000; GÜRSES e BAYRAKÇEKEN, 1996; RAO, 1986 e HOLDSWORTH, 1971).

De acordo com SANTOS (2013) e STEFFE (1996), pode-se afirmar que quanto maior for a energia de ativação (E_a), maior será a dependência da viscosidade aparente (η_a) e do índice de consistência com relação à temperatura, ou seja, maior será a variação da viscosidade aparente e do índice de consistência com a temperatura para uma dada concentração.

Tabela 2.6 - Parâmetros da equação linearizada de Arrhenius para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina

Equação Linearizada de Arrhenius							
Formulações	Concentração (°Brix)	Parâmetros					
		A	Ea (kJ/mol)	R ² (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
FC	10,40	0,0013	10,0412	41,91	0,4040	0,0015	0,0001
F1	15,70	0,0021	8,0998	34,99	0,2027	0,0006	0,0000
F2	18,29	0,0051	6,1464	65,66	0,2034	0,0006	0,0000
F3	22,13	0,0111	5,6501	54,72	0,2342	0,0013	0,0000
F4	25,15	0,0104	5,4404	48,31	0,2478	0,0012	0,0000
F5	28,23	0,0091	4,9738	52,77	0,1775	0,0006	0,0000
F6	30,20	0,0079	4,0984	49,02	0,1495	0,0003	0,0000

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina)

Observa-se na Tabela 2.6 que os valores de energia de ativação (Ea) variaram de 10,04 a 4,09 kJ/mol, onde observa-se uma clara diminuição da energia de ativação com o aumento do conteúdo de sólidos solúveis na formulação de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina. SILVA (2013), VITALI *et al* (1974), e SARAVACOS (1970) registraram este mesmo comportamento para polpa de abacaxi integral e despectinizada, suco concentrado de maracujá e para suco de maçã despectinizado, suco de laranja e suco de uva, respectivamente. SILVA (2013) e SARAVACOS (1970), relatam ainda em seus resultados que houve uma redução no valor de energia de ativação com o aumento da quantidade de sólidos dissolvidos em suas amostras, resultados que corroboram com os apresentados para as formulações de maracujá do mato na Tabela 2.6, justificando-se esse resultado devido às formulações estudadas neste trabalho apresentarem comportamento de fluido dilatante, característica de fluidos com maior quantidade de partículas dissolvidas.

Os resultados obtidos na aplicação da equação do tipo Arrhenius neste trabalho não apresentaram uma boa descrição do efeito da temperatura na viscosidade aparente das formulações de maracujá do mato para todas as amostras (FC a F6), tendo em vista que os valores dos coeficientes de determinação (R²) foram inferiores a 65,66. O baixo valor do R² evidencia que, esta equação não se ajustou bem aos dados experimentais obtidos neste trabalho, porém funcionou como indicador de tendência para os valores de energia de ativação das amostras analisadas. SILVA *et al* (2013), estudando o efeito da

temperatura na reologia de nectares mistos de manga, caju e acerola não obtiveram bom ajuste da equação de Arrhenius para sete das dez formulações de néctar estudadas, onde os valores de R^2 insatisfatórios variaram de 57,90 a -24,68, valores ainda menores que os obtidos para as formulações de maracujá do mato deste trabalho.

Na Tabela 2.7 estão os valores dos parâmetros da equação Exponencial para as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C, os coeficientes de determinação (R^2), os valores de magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

Tabela 2.7 - Parâmetros da equação Exponencial para as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10 e 25°C.

Equação Exponencial						
Temperatura (°C)	Parâmetros					
	A ₀ (Pa. S)	A ₁ (°Brix ⁻¹)	R ² (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
10°C	0,028764	0,046412	93,64	0,0660	0,0006	0,0000
25°C	0,025556	0,046249	92,25	0,0687	0,0006	0,0000

A equação Exponencial descreve o efeito da concentração na viscosidade aparente de um fluido (RAO, 1999; STEFFE, 1996). Vê-se na Tabela 2.7 que a equação Exponencial se ajustou bem aos dados experimentais, tendo em vista os valores de R^2 acima de 92,25 e P abaixo a 0,07. Observando nesta mesma tabela os parâmetros A_0 e A_1 , verifica-se uma diminuição do parâmetro A_0 , parâmetro que está diretamente relacionado à interação da viscosidade da amostra, com o aumento da temperatura e que o parâmetro A_1 , apresentou variação insignificante, tendo em vista a diferença de 0,0002 da temperatura de 10°C para 25°C, onde este parâmetro A_1 está relacionado à variação de concentração de sólidos solúveis. Conforme GUEDES *et al.* (2010), isso pode ser justificado pelo efeito da concentração ser mais relevante nestes fluidos quando em temperaturas mais baixas. Tal comportamento também foi observado para polpa de melancia (GUEDES, *et al.*, 2010), purê de pêssego homogeneizado (TORALLES, *et al.*, 2006) e suco de laranja (RAMOS, 1997).

Na Figura 2.7 estão apresentadas graficamente a relação entre a viscosidade aparente (Pa. s) e a concentração (°Brix) descrita pela Equação Exponencial para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas

temperaturas de 10°C e 25°C, respectivamente. Podendo se observar nestas mesmas figuras que a viscosidade aparente foi diretamente proporcional à concentração das formulações, tendo em vista que conforme maior o teor de sólidos solúveis da amostra, ocorreu o aumento dos valores de viscosidade aparente das mesmas. Ainda observando as Figura 2.7 vê-se que os valores de viscosidade aparente para a reologia foram maiores na temperatura de 10°C, quando comparado aos valores de viscosidade aparente das mesmas formulações à 25°C, apontando que a temperatura influenciou na viscosidade aparente das formulações de maracujá do mato estudadas.

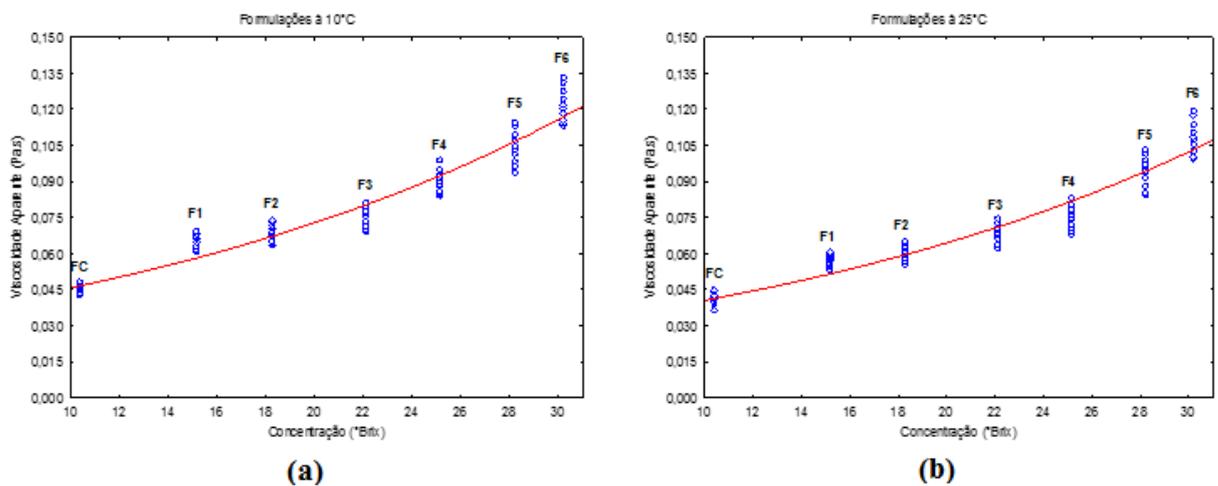


Figura 2.7 - Relação entre a viscosidade aparente (Pa. s) e a concentração (°Brix) descrita pela Equação Exponencial para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionada de maltodextrina nas temperaturas de 10°C (a) e 25°C (b).

Na Tabela 2.8 estão os valores dos parâmetros da Equação Proposta 1 para as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C, os coeficientes de determinação (R^2), a magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

Observa-se na Tabela 2.8 que os parâmetros a_1 , a_2 , e a_3 da equação apresentaram valores negativos, com tendência à redução deste valor na temperatura de 25°C. Enquanto parâmetro a_4 manteve-se estável nas duas temperaturas (10°C e 25°C). Evidenciando um resultado análogo ao obtido pela equação Exponencial, indicando que a concentração influenciará mais na viscosidade desses fluídos quando em temperaturas mais baixas. No entanto, a Equação proposta 1 obteve valores de coeficiente de determinação R^2 acima de 96%, mostrando-se mais eficiente no ajuste aos dados experimentais para analisar a

influência da temperatura no comportamento reológico das formulações de maracujá do mato. Este resultado pode ser justificado devido a Equação Proposta 1 apresentar maior número de parâmetros no modelo que a Equação Exponencial, melhorando assim o ajuste da equação aos dados experimentais.

Tabela 2.8 - Parâmetros da Equação Proposta 1 para as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10 e 25°C.

Equação Proposta 1								
Temperatura (°C)	Parâmetros							
	a_1	a_2	a_3	a_4	R ² (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
10°C	-0,3105	-0,0006	-0,0724	0,0465	97,03	0,0537	0,0005	0,0000
25°C	-4,1303	-0,0093	-0,0047	0,0463	96,34	0,0512	0,0004	0,0000

Na Tabela 2.9 estão os valores dos parâmetros da Equação Proposta 2 para as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C e 25°C, os coeficientes de determinação (R²), os valores de magnitude do erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM).

Tabela 2.9 - Parâmetros da Equação Proposta 2 para as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10 e 25°C.

Equação Proposta 2									
Temperatura (°C)	Parâmetros								
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	R ² (%)	P (%)	SE (%)	DQM (%)
10°C	-8,7354	-0,0175	-0,0037	0,0042	1,6189	97,49	0,0311	0,0003	0,0000
25°C	1,1728	0,0026	0,0266	0,0009	2,0325	97,54	0,0183	0,0002	0,0000

Observando os resultados da Tabela 2.9 verifica-se que os parâmetros a_1 , a_2 , a_3 e a_5 da equação apresentaram tendência a aumentar com o aumento da temperatura, onde nos parâmetros a_1 , a_2 , a_3 saíram de valores negativos na temperatura de 10°C, para valores positivos na temperatura de 25°C e no parâmetro a_5 o aumento foi de 1,62 na temperatura de 10°C para 2,03 na temperatura de 25°C. Os valores de coeficiente de determinação R² forma acima de 97%, mostrando-se melhor ajuste aos dados experimentais que as equações Exponencial e Proposta 1.

Na Figura 2.8 e 2.9 estão apresentadas as superfícies de resposta descritas pela Equação Proposta 1 e 2 para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina na temperatura de 10°C e 25°C. As Equações Propostas 1 e 2 levam em consideração a consistência do fluido e a velocidade de rotação aplicadas nos ensaios de viscosidade das formulações de maracujá do mato, sendo sua representação gráfica uma superfície de resposta.

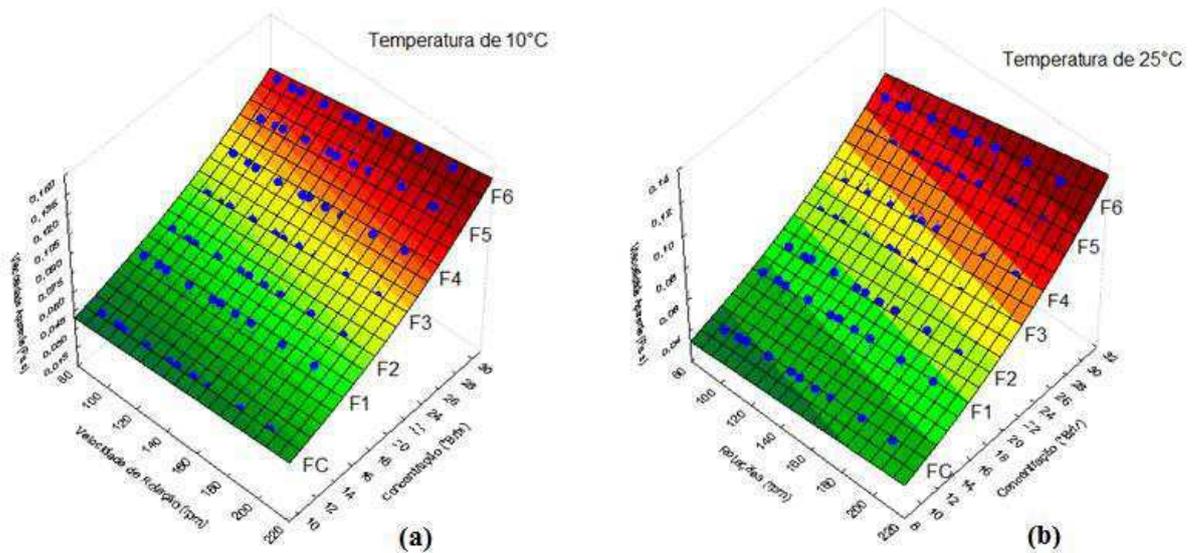


Figura 2.8 - Superfície de resposta da Equação Proposta 1, relativa à interação da viscosidade aparente (Pa. s), às velocidades de rotação (rpm) e à concentração (°Brix) para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C (a) e 25°C (b).

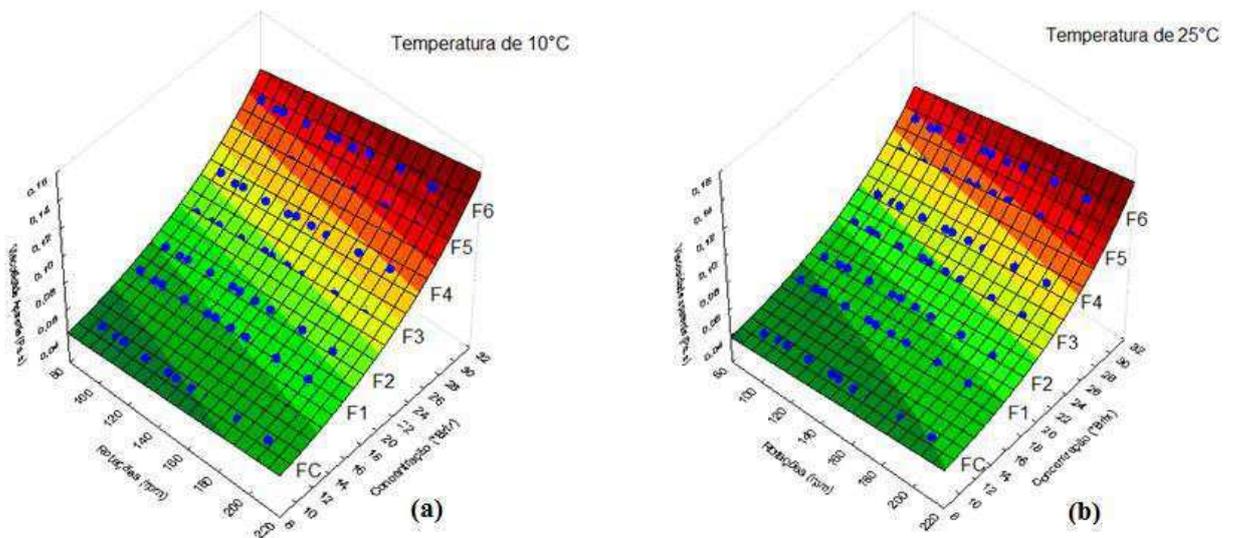


Figura 2.9 - Superfície de resposta da Equação Proposta 2, relativa à interação da viscosidade aparente (Pa. s), às velocidades de rotação (rpm) e à concentração (°Brix) para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina nas temperaturas de 10°C (a) e 25°C (b).

Nas Figuras 2.8 e 2.9 observa-se que a viscosidade aparente não sofre influência relevante com elevação das velocidades de rotação, porém observa-se maior influência da concentração de sólidos solúveis das amostras, verificando-se ainda que os valores maiores de viscosidade aparente são obtidos na temperatura de 10°C em todas as formulações e velocidades de rotação aplicadas.

2.5. CONCLUSÃO

Todas as formulações estudadas, independente da temperatura, apresentaram comportamento dilatante, tendo em vista que o índice de comportamento do escoamento (n) foi maior que 1 e a viscosidade aparente aumenta com a taxa de cisalhamento, evidenciando o efeito sinérgico do teor de amido da fruta e da adição de maltodextrina no aumento da viscosidade nas temperaturas de 10°C e 25°C.

Os modelos Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Casson e Herschel-Bulkley apresentaram bom ajuste aos dados experimentais de reologia da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações com maltodextrina, onde todos os modelos apresentaram valores de coeficiente de determinação (R^2) acima de 99,88% e DQM abaixo de 0,0448.

A viscosidade aparente (η) da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações com maltodextrina aumentam com o aumento da rotação e diminuem com o aumento da temperatura aplicada ao sistema.

Equação linearizada de Arrhenius para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina não apresentou bom ajuste aos dados experimentais, com R^2 abaixo de 65,66%. A Energia de ativação apresentou comportamento decrescente com relação ao aumento de sólidos solúveis nas amostras estudadas.

A equação Exponencial se ajustou bem aos dados experimentais, com valores de R^2 acima de 92,25 e P abaixo a 0,07 e concluiu-se que o efeito da concentração será relevante nestes fluidos quando em temperaturas mais baixas.

As equações Proposta 1 e 2 apresentaram bom ajuste aos dados experimentais com valores de R^2 acima de 96,00% e apontaram que a viscosidade aparente sofre maior influência quando em temperaturas mais baixas e em concentrações de sólidos solúveis mais elevadas, apontando ainda que a variável de modificação adicionada à equação proposta 2 não foi efetiva para obtenção de melhor ajusta da modelagem matemática.

2.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. L. P.; SPERRY, S.; JUNQUEIRA, N. T. V. **A produção de maracujá na região do cerrado: caracterização socioeconômica**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 30p. 2001. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 19).

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2003. 135 p.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, p.325, 1982.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000, do Ministério da Agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagre, onde constam o Modelo de Manual de Qualidade, o Protocolo de Validação de Métodos Físico-Químicos, o Protocolo de Cálculo da Incerteza Associada às Medições e os Métodos de Análise de Bebidas Fermentadas, Destiladas, Não Alcoólicas e de Vinagre, que passam a constituir padrões oficiais para análise físico-química de bebidas e vinagre. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 set. 2005.

BENEDETTI, P. C. D. **Caqui em pó: influência de aditivos e do método de secagem**. 2010. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. São José do Rio Preto.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E., LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de Transporte**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2004.

CABRAL, R. A. F. **Influência da Temperatura e Fração de Água nos Parâmetros Reológicos do Extrato de Café**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). São José do Rio Preto.

CASTRO, A. G.; COVAS, J. A.; DIOGO, A. C. **Reologia e suas aplicações industriais**. Lisboa: Ciência e Técnica/Instituto PIAGET, 2001. 462 p.

CHIN, N. L.; CHAN, S. M.; YUSOF, Y. A.; CHUAH, T. G.; TALIB, R. A. Modelling of rheological behaviour of pummelo juice concentrates using master-curve. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 2, p.134-140, 2009.

FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SOUZA, E. P.; SILVA, V. M. Viscosidade aparente da polpa de murta integral em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, 235-243, 2015.

FERNANDES, T. N. **Relação entre a adição de sacarose e pectina, comportamentos reológicos e dinâmicas do congelamento e descongelamento de polpas de morango e abacaxi**. 2008. 154p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; CONCEIÇÃO, R. S.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2, p. 175-183, 2002.

FERREIRA, J. C. **Processo para desenvolvimento da umbuzada em pó liofilizada, comporta de polpa de umbu, extrato de soja e rapadura**. 2011. 295f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GADELHA, A. J. F.; ROCHA, C. O.; VIEIRA, F. F.; RIBEIRO, G. D. N. Evaluation of quality parameters of physical-chemical frozen pulps of abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 115-118, 2009.

GONÇALVES, J. R. **Introdução à reologia de alimentos fluidos: reologia e textura de alimentos**. Campinas: ITAL, 1989. Cap. 2, p. 6-11.

GUEDES, D. B.; RAMOS, A. M.; DINIZ, M. D. M. S. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 4, p. 279-285, 2010.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento pécico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus* spp.)**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M.-R.; VIDAL, J. R. M. B.; MASSON, M. L. Influence of temperature on rheological behaviour of whole Araçá pulp (*Psidium cattleianum sabine*). *Lebensmittel-Wissenschaft und Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie – Food Science and Technology*, v. 39, n. 4, p. 426–430, 2006.

HAMINIUK C. W. I.; SIERAKOWSKI M.-R.; BRANCO I. G.; MACIEL G. M.; MASSON, M. L. Rheological study of ternary mixtures and pectic gels of red fruit pulps, **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 629–639, 2007.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v.2, n. 4, p. 393-418, 1971.

MCCLEMENTS, J. **Food Biopolymers and Colloids Research Laboratory**. 2007. University of Massachusetts Amherst. Disponível em: < <http://people.umass.edu/mcclemen/Group.html> >. Acesso em: 06 dez. 2015.

MELETTI, L. M. M.; TEIXEIRA, L.A.J. Propagação de plantas. In: MELETTI, L.M.M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Ed: Agropecuária, 239p, 2000. p.13-49.

NASCIMENTO, M. A. G. **Obtenção do leite de cabra em pó com diferentes concentrações de polpa de cajá.** 2009. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

NAVARRO, R. F. **Fundamentos de reologia de polímeros.** Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1997. 264 p.

OLIVEIRA, F. M. N. **Secagem e Armazenamento da Polpa de Pitanga.** 2006. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, PB.

PATIL, S. S.; MAGDUM, C. S. Rheology and methods of analysis. 2006. Disponível em: < <http://www.pharmainfo.net/> >. Acesso em: 12 dez. 2015.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H. **Engineering properties of foods.** New York: MARCEL DEKKER, 1986. Cap. 5, p. 1-47.

REIS, M. F. T. **Influência da atmosfera modificada e refrigeração sobre as propriedades físico-químicas, texturais e reológicas da atemóia (*Annona squamosa* L.).** 2013. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa, MG.

SANTIAGO, V. M. S. **Produção e caracterização de polpa de tangor ‘ortanique’ e utilização em geleias.** 2011. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

SANTOS, P. H. **Influência da temperatura e da concentração de sólidos solúveis no comportamento reológico de polpas de jambo-vermelho com casca, cupuaçu e suas misturas.** 2013. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. **Journal of Food Science**, v. 35, n. 2, p. 122-125, 1970.

SCHARAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2 ed. Karlsruhe, Germany, 2000.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America : Wiley-Interscience. 348p. 2000.

SILVA, F. C. **Reologia do suco de acerola: efeito da concentração e da temperatura**. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

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, L. M. R.; MAIA, G. A.; AFONSO, M. R. A.; COSTA GONZAGA, M. L.; DO CARMO, J. S. Efeito da temperatura no comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 11, p. 85-93, 2013.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**, Press, East Lansing, Michigan State, USA. 418p. 1996.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **Jounal Food Engineering**., Essex, v. 67, p. 147-156, 2005.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, p.181-204, 2005.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Reologia de purê homogeneizado de pêssago: efeito da temperatura e concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, n.1, p.1-8, jan./mar. 2006.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 23(Supl): 166-171. 2003.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M-R; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciência e Agrotecnologia** [online]. v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

VITALI, A. A.; ROIG, S. M.; RAO, M. A. Viscosity behavior of concentrated passion fruit juice. **Confructa**, v.19, n.5, p.201-206, 1974.

VITALI, A. A. **Comportamento reológico do suco de laranja concentrado congelado a baixas temperaturas**. 1983. 216 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, São Paulo.

VITALI, A. A.; RAO, M. A. Flow properties of low pulp concentrated orange juice - serum viscosity and effect of pulp content. **Journal of Food Science**, v.49, n. 3, p. 876–881, 1984.

WANG, C. C. H.; CHANG, K. C. Beet pulp and isolated pectin physicochemical properties as related to freezing. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 6, p. 113-1154, 1994.

CAPÍTULO 3

**CINÉTICA DE CONGELAMENTO DA POLPA DE MARACUJÁ DO MATO *IN*
NATURA E SUAS FORMULAÇÕES COM DIFERENTES TEORES DE
MALTODEXTRINA**

3.1 - INTRODUÇÃO

A importância da cultura do maracujazeiro no Brasil deve-se às excelentes condições edafoclimáticas de cultivo deste fruto e observa-se uma evolução da área de plantio desde a década de 70, época que aconteceu a instalação de indústrias para o beneficiamento do suco e a aceitação comercial da fruta para o consumo *in natura* (MATTA, 2005).

Conforme BASTOS *et al.* (1999) o crescimento das atividades agroindustriais no Brasil tem acontecido de forma intensa nos últimos anos para atender a demanda por alimentos, onde a fruticultura é uma das atividades mais importantes do setor, contribuindo para o desenvolvimento econômico, para a ampliação do mercado interno de frutas frescas e para a industrialização destas, abrangendo segmentos como doces, bebidas, sucos naturais, sucos concentrados, doces em conserva, polpas, extratos e demais derivados.

Atendendo às novas exigências do consumidor, pode-se listar a polpa de frutas, alimentos muito apreciados pelos consumidores por serem ricos em fibras, carboidratos, vitaminas e minerais, e ainda serem mais práticos de adquirir, preparar e consumir que a maioria das frutas *in natura* ofertadas no mercado. Esses produtos contribuem para a dieta alimentar da população, tornando-a mais saudável, uma vez que as polpas congeladas substituem as frutas *in natura* permitindo o consumo do produto mesmo em período de entressafra (SANTOS, 2011)

Na indústria de polpas, os procedimentos de controle de qualidade adotados compreendem desde o processamento até o armazenamento e distribuição. O processo físico comumente utilizado para a conservação de polpa industrializada é o congelamento, diminuindo os efeitos de deterioração quando expostos à temperatura acima do ponto de congelamento. A qualidade final dos alimentos congelados está relacionada às condições adotadas durante o processo de congelamento e armazenamento. O congelamento, embora eficiente método de conservação, pode produzir efeitos danosos, comprometendo a qualidade dos produtos. Esses danos vão depender da velocidade do meio de resfriamento e das condições posteriores de armazenamento dos produtos (FERNÁNDEZ *et al.*, 2007).

O congelamento é um dos métodos de armazenamento de produtos alimentícios com menor risco de transformações indesejáveis, preservando o valor nutricional, sensorial e outras características de qualidade do produto. Estes autores afirmaram ainda

que o congelamento do suco do maracujá é uma prática comum tanto a nível doméstico, quanto a nível industrial, pois a simples refrigeração não é capaz de retardar as possíveis alterações biológicas e químicas que ocorrem durante a estocagem.

Diante do exposto, objetivou-se neste capítulo estabelecer a cinética de congelamento da polpa de maracujá *in natura* e das suas formulações contendo maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

3.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.2.1- Congelamento de alimentos

De acordo com WELTY-CHANES *et al.* (2005) o congelamento é uma operação unitária que visa ao aumento da vida de prateleira dos alimentos perecíveis. Sendo o procedimento utilizado para a conservação de alimentos desde os tempos pré-históricos. HELDMAN (1992) e JUL (1984) citam que os homens primitivos observaram, que alimentos perecíveis podiam ser mantidos, quase que indefinidamente e com a mesma qualidade quando em temperaturas climáticas baixas, permanecendo assim durante o tempo congelados, havendo também relatos documentais que indicam o congelamento como um método de conservação a aproximadamente 160 anos e tornou-se uma etapa indispensável na manipulação e na distribuição de alimentos em muitos países desenvolvidos. SILVA (2000) lembra que a produção mecânica do frio industrial teve início somente na segunda metade do século XIX, juntamente com a circulação do ar forçado.

O congelamento é um dos melhores métodos empregados para a conservação de um produto, com transformações mínimas, que preservam seu valor nutritivo, sensorial, além de outros fatores referentes à qualidade. Através do princípio da redução de temperatura do produto, a fim de minimizar as atividades microbiológicas e enzimáticas esse processo age retardando as taxas de reação de deterioração, promovendo o aumento de sua vida de prateleira (ASHRAE, 1998). Nos alimentos congelados, a qualidade final está relacionada com as condições empregadas durante o processo de congelamento e com as condições de armazenamento.

De acordo com PARDI *et al.* (2001) muitos tipos diferentes de alimentos podem ter sua vida de prateleira estendida pelo congelamento, tais como frutas, produtos cárneos, aves e peixes, porém, apresentam custo de produção, transporte e armazenamento relativamente elevados. As temperaturas recomendadas para o armazenamento são a partir de -18 °C. Durante o armazenamento devem-se evitar as flutuações de temperatura, tendo em vista que isso pode provocar recristalizações, com o aumento do tamanho dos cristais de gelo, característica prejudicial para a textura dos produtos (FELLOWS, 2006).

No congelamento de alimentos, três etapas merecem a atenção do profissional em alimentos: o congelamento propriamente dito, a estocagem e o descongelamento. Métodos de congelamento têm sido estudados a fim de minimizar as alterações químicas e físicas que deles decorrem. O principal fator de estudo é como a velocidade de

congelamento influencia as características do produto final. Variações nas temperaturas das câmaras são problemas observados nas indústrias e levam à depreciação da qualidade do produto. Já o descongelamento dos alimentos é importante, devido às diferenças existentes entre as propriedades de transporte de energia na forma de calor entre a água e o gelo, ou seja, a forma como se processa o congelamento não é a mesma de como ocorre o descongelamento (COLLA & HERNANDEZ, 2003).

O congelamento envolve o decréscimo da temperatura a até -18 °C ou abaixo, a cristalização da água e dos solutos. Esses efeitos não ocorrem individualmente, mas simultaneamente, compreendendo a redução da temperatura sem mudança de fase e a cristalização. Antes do congelamento, o calor sensível é removido para diminuir a temperatura do alimento até a temperatura inicial de congelamento, abaixo do ponto de congelamento da água pura, devido às substâncias dissolvidas nas soluções que formam o alimento (BECKER & FRICKE, 1999). Essa etapa consiste na redução da temperatura abaixo do ponto de congelamento da água, sem mudança de fase.

Para DAMODARAN *et al.* (2010) a cristalização é a formação de uma fase sólida organizada em uma solução. O processo de cristalização envolve a nucleação e o crescimento de cristais. O crescimento de cristais é simplesmente o alargamento dos núcleos formados na fase de nucleação, ocasionado pela adição de moléculas de água ao núcleo de cristalização. Dessa forma evidencia-se que a nucleação e cristalização ocorrem simultaneamente.

No início do congelamento, parte da água livre do alimento cristaliza-se, ocasionando a concentração do restante da solução e redução de seu ponto de congelamento. Com o decréscimo contínuo da temperatura, a formação de cristais de gelo aumenta, conseqüentemente, a concentração de solutos na solução restante promove a redução do ponto de congelamento, logo percebe-se que a quantidade de gelo e água durante o congelamento são dependentes da temperatura (BECKER & FRICKE, 1999). Os alimentos congelam-se dentro de uma grande faixa de temperatura, dependendo da concentração de sais e água em suspensão coloidal na célula. A velocidade de congelamento dependerá da quantidade de água livre presente na célula e da quantidade de sais dissolvidos (ROÇA, 1999).

Segundo CAVALCANTI MATA *et al.* (2003) o tempo de congelamento é o fator de maior criticidade quando se fala em escolha de um sistema de congelamento, sendo necessário para garantir a eficiência do sistema de congelamento que se conheça o tempo gasto para tal processo. Os requisitos para o tempo de congelamento estabelecem a

capacidade do sistema, enquanto estes mesmos parâmetros influenciam diretamente na qualidade do produto.

O congelamento é classificado de acordo com sua velocidade em lento, rápido e ultra-rápido, esta velocidade de congelamento depende do quociente entre a temperatura do produto e o líquido refrigerante e fatores de resistência tais como: velocidade do ar, embalagem tamanho do produto, geometria do sistema e composição do produto (DAMODARAN *et al.*, 2010).

O tempo de congelamento é um parâmetro de difícil determinação experimental devido às diferenças da temperatura inicial, tamanho e forma dos alimentos, diferenças no ponto de congelamento e na taxa de formação dos cristais de gelo entre diferentes pontos do alimento, além de mudanças na densidade, condutividade térmica, calor específico e na difusividade térmica com a redução de temperatura do alimento (FELLOWS, 2006).

3.2.1.1 - Congelamento lento

Segundo FORREST, (1979) e ROÇA (1999) durante a congelação lenta, a temperatura do produto permanece próximo ao ponto de congelação inicial durante bastante tempo, a temperatura decai gradativamente até atingir a temperatura de equilíbrio com a câmara de congelamento e a velocidade de congelação está em torno de 0,05 °C. min⁻¹. No congelamento lento também ocorre que a água extracelular se congela mais rapidamente que a intracelular, pois esta tem uma menor concentração de solutos.

No processo de congelamento, primeiramente o calor sensível é removido, reduzindo a temperatura do alimento até o ponto de congelamento. Esta remoção de calor pode interferir ou não na composição e estrutura do produto através da formação de cristais. No congelamento lento formam-se cristais maiores do que no congelamento rápido e ultra-rápido, esses possuem forma hexagonais e por seu tamanho ocasionam a ruptura das membranas celulares devido aos cristais formados no espaço intercelular. O período de cristalização durante o congelamento lento é maior, ocasionando numerosos cristais de gelo extracelulares que se perdem facilmente como consequência disso há a perda de suco celular (gotejamento) durante o descongelamento dos produtos, com perda de elementos nutritivos. Outras causas da ruptura de membranas são a injúria celular ocasionada pelo aumento da pressão osmótica e a precipitação irreversível ou

desnaturação dos constituintes coloidais da célula. (ROÇA, 1999; PARDI *et al.*, 2001; CORREIA *et al.*, 2008).

Durante o congelamento lento, ocorre a formação de gelo exclusivamente no meio extracelular. Inicialmente, a concentração de solutos na fase não congelada aumenta e a pressão de vapor diminui gradualmente; como os cristais aparentemente não podem penetrar nas membranas celulares em temperaturas muito baixas e a pressão de vapor do meio intracelular excede à do meio extracelular, ocorre a difusão da água com desidratação das células e depósito sobre a superfície dos cristais (WEINLING, 1984).

O congelamento lento de tecidos vegetais, animais ou de microrganismos, geralmente causa a formação de cristais, principalmente no meio extracelular. Condições que levam, preferencialmente, à formação de cristais no meio extracelular resultam em cristais maiores de gelo, associados ao máximo deslocamento de água e encolhimento das células no estado congelado (ROÇA, 1999).

3.2.1.2 - Congelamento rápido

No congelamento rápido as temperaturas diminuem com velocidade média e alta. A velocidade de congelamento decai em torno de $0,5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ (FORREST, 1979; ROÇA, 1999), até atingir o equilíbrio com a temperatura de congelamento do meio. O congelamento rápido evita a formação de grandes cristais de gelo e a ruptura de membranas celulares, mantendo o valor nutricional do alimento (CORREIA *et al.*, 2008).

Quanto à taxa de congelamento, é aceito que, por meio do congelamento rápido, obtêm-se produtos finais congelados de melhor qualidade, devido à formação de cristais de tamanho pequenos a médios nos centros das células, nos espaços intercelulares e intracelulares, não ocorrem danos às células, reduzindo significativamente os possíveis efeitos negativos quando em comparação ao processo de congelamento lento (MARTIN *et al.*, 1982; VICENTE *et al.*, 1997).

Condições que produzem cristalização intracelular resultam em formação de cristais de gelo em grande quantidade e de menor tamanho, ocasionando um mínimo deslocamento da água, havendo a preservação da aparência do produto congelado mais próxima à do produto não congelado. O congelamento rápido de um alimento preserva sua qualidade, uma vez que seu uso leva à retenção de maior quantidade dos aromas voláteis que são perdidos durante o congelamento lento, além de ter menor fração de produto não congelado (BROSNAN & SUN, 2001; TERUEL, 2000).

Todos os tipos de tecidos, animais, vegetais ou células de microrganismos, sem exceção, exibem uma distribuição de cristais de gelo uniforme quando congelados rapidamente sob temperaturas muito baixas (ROÇA, 1999).

3.2.1.3 – Congelamento ultrarrápido

O congelamento ultrarrápido de produtos alimentícios é conhecido como “ultracongelamento” e se realiza em alguns minutos (máximo de 120) em função das temperaturas muito baixas. Quando o ultracongelamento é feito com aplicação de gases criogênicos, como é o caso do nitrogênio líquido, o processo se consolida de 1 a 15min (VICENTE *et al.*, 1997).

Congelamentos ultrarrápidos costumam produzir cristais de gelo esféricos. Dos respectivos núcleos partem agulhas de gelo muito finas que, na sua forma externa, constituem uma esfera. Aumentando-se a velocidade de congelamento, estas agulhas tornam-se cada vez mais delgadas e o cristal acaba por tornar-se transparente. No congelamento de tecido biológico prevalecem os dendritos irregulares (MARTIN *et al.* 1982).

De acordo com LEWIS (1993), o congelamento criogênico faz referência a um fluido cujo ponto de ebulição está muito abaixo do ponto de congelamento normal do alimento. Quando o alimento é imerso no fluido, acontece uma evaporação do congelante sobre a superfície do alimento, o que acarreta a melhoria do coeficiente de película térmica. EVANGELISTA (2005) cita entre os melhores líquidos congelantes, fluidos como o dióxido de carbono e o nitrogênio líquido, sendo o nitrogênio líquido o que apresenta as melhores características para o processo, pois é atóxico, inerte e de baixo ponto de ebulição.

O congelamento ultrarrápido utilizando nitrogênio líquido apresenta as seguintes vantagens: menor desidratação do alimento durante o processo, menor perda de peso do produto após o descongelamento, manutenção das características de cor, aroma, sabor e melhor qualidade microbiológica, além da detenção de processo de oxidação e rancidez provocados por oxigênio e contaminação microbiológica. (ORDÓÑEZ PEREDA, 2005).

3.3 - MATERIAL E METODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Refrigeração do Curso de Engenharia de Alimentos, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, Paraíba.

3.3.1 - Matéria prima

Para a realização do estudo do comportamento reológico e das cinéticas de congelamento foram utilizadas as polpas de maracujá do mato (MM) armazenadas sob congelamento e maltodextrina (MD) com dextrose equivalente (DE 20) da Corn Products Brasil. As formulações estudadas foram: As formulações estudadas foram: Formulação Controle (FC) = 100 % Maracujá do Mato (MM), Formulação 1 (F1) = Maracujá do Mato (MM) + 5 % Maltodextrina (MD); Formulação 2 (F2) = Maracujá do Mato (MM) + 10% Maltodextrina (MD); Formulação 3 (F3) = Maracujá do Mato (MM) + 15 % Maltodextrina (MD), Formulação 4 (F4) = Maracujá do Mato (MM) + 20 % Maltodextrina (MD); Formulação 5 (F5) = Maracujá do Mato (MM) + 25 % Maltodextrina (MD) e Formulação 6 (F6) = Maracujá do Mato (MM) + 30 % Maltodextrina (MD).

3.3.2 - Cinética de congelamento

Amostras de polpa de maracujá do mato foram submetidas a diferentes temperaturas de congelamento (-25°C, -60°C, -76°C e -170°C). A cinética de congelamento foi obtida com o auxílio de termopares inseridos no centro das amostras para monitoramento e registro da queda da temperatura, até atingir a temperatura de equilíbrio em amostras de 100 gramas distribuídas em embalagens de polietileno, de maneira a se obter um formato de placa plana congeladas nas temperaturas de -25°C (freezer comum), -60°C e -76°C (balcão criogênico) e -170°C (vapor de Nitrogênio líquido).

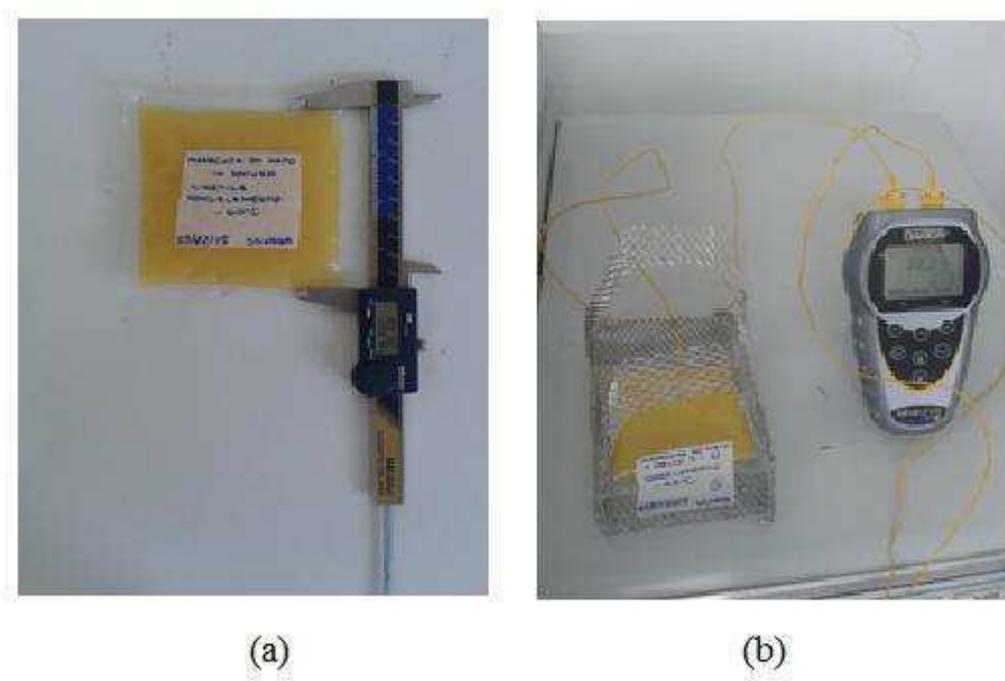


Figura 3.1. (a) medidas de diâmetros e altura da amostra a ser congelada; (b) Polpa com termopar inserido em seu centro geométrico para determinação da cinética de congelamento.



Figura 3.2. (a) Sistema para cinética de congelamento em nitrogênio líquido; (b) Polpa posicionada para início de cinética de congelamento em balcão criogênico.

- **Temperatura de -25 °C (Congelamento lento)**

O congelamento das polpas de maracujá do mato e suas formulações com maltodextrina à temperatura de -25 °C foi realizado utilizando freezer convencional horizontal. O monitoramento da queda da temperatura foi feito em intervalos de 1 minutos.

- **Temperatura -60 e -76° C (Congelamento intermediário)**

O congelamento das polpas de maracujá do mato e suas formulações com maltodextrina às temperaturas de -60 e -76°C foram realizadas utilizando balcão criogênico horizontal. O monitoramento da queda da temperatura foi feito em intervalos de 1 minuto.

- **Temperatura de -170°C (Congelamento ultrarrápido)**

O congelamento da polpa de maracujá do mato à temperatura de -170°C foi realizado em um contêiner metálico aberto, revestido externamente com isopor de 7,0 cm e uma camada de chapa de alumínio de 0,5 mm. Utilizou-se o vapor proveniente do nitrogênio líquido contido neste contêiner onde a amostra ficava suspensa em uma tela de arame, para o congelamento da amostra. O monitoramento da queda da temperatura foi feito em intervalos de 3s.

As curvas de decréscimo de temperatura foram obtidas introduzindo-se um termopar no centro do produto e registrando o decréscimo de temperatura até que essa se tornasse constante ou bem próximo à temperatura do meio de congelamento.

Aplicou-se aos dados experimentais a Lei de Fourier, onde segundo FIOREZE (2004), o número de Fourier (Fo) é o tempo adimensional, em função do comprimento característico L para superfície plana, ou do raio externo para cilindros ou esferas, conforme Equação 3.1:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3.1)$$

Para calcular a transferência de calor, em regime transiente, cuja forma se assemelha a uma placa plana de espessura $2L$, pequena em função do tamanho da mesma, ou seja, placa infinita, inicialmente a temperatura T_i é subitamente colocada em um meio fluido com temperatura T_{inf} , ocorrerá transferência de energia por condução e convecção entre o corpo e o meio, sendo a distribuição de temperatura T_x numa posição “x” qualquer, desse corpo, uma função do tempo, fornecida pela Equação 3.2 que equivale ao modelo de Fourier:

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \exp(\sigma_n^2 - F_0) \quad (3.2)$$

em que:

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen} \sigma_1 \cdot \text{cos} \sigma_1} \quad (3.3)$$

$$F_0 = (\alpha/L^2) \cdot t \quad (3.4)$$

Para $n = 1$ a equação se torna:

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \frac{2 \cdot \text{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen} \sigma_1 \cdot \text{cos} \sigma_1} \cdot \text{Exp} \left(\frac{\sigma_1^2 \cdot \alpha}{L^2} \cdot t \right) \quad (3.5)$$

Onde:

$$A_1 = \frac{2 \cdot \text{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen} \sigma_1 \cdot \text{cos} \sigma_1} \quad (3.6)$$

$$A_2 = \left(\frac{\sigma_1^2 \cdot \alpha}{L^2} \right) \quad (3.7)$$

em que,

RT - Razão de temperatura, adimensional

T - Temperatura em cada momento, °C

T_{∞} - Temperatura do meio de congelamento, °C

T_0 - Temperatura inicial do produto, °C
 A_n - Coeficiente que depende do produto
 σ_n - raiz transcendental
 F_0 - Número de Fourier, adimensional
 α - difusividade térmica efetiva, mm².s⁻¹
 L - espessura da amostra de $L/2$, mm
 t - tempo, s.

3.3.3 - Análise estatística

Os dados experimentais de congelamento foram analisados mediante análise não linear, realizadas no programa computacional Statistica 6.0.

3.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 - Cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* e formulações da polpa de maracujá do mato adicionadas com 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30 % de maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Nas Figuras 3.3 a 3.9, estão apresentadas as curvas de decréscimo de temperatura da polpa de maracujá do mato *in natura* e das formulações da polpa de maracujá do mato adicionadas com 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30 % de maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

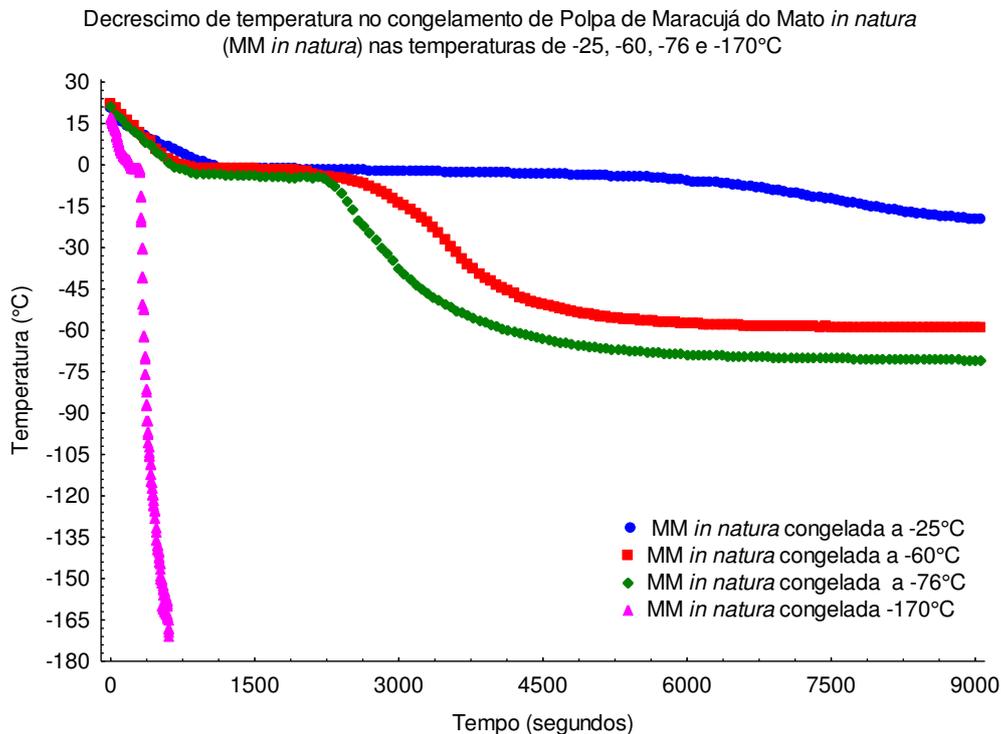


Figura 3.3 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* (FC) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Pode-se verificar que as curvas das amostras submetidas às temperaturas de -25°C, -60°C e -76°C possuem as três fases de congelamento bem definidas, ou seja, resfriamento (FASE I), congelamento ou cristalização (FASE II) e pós-congelamento (FASE III), semelhante à curva de congelamento da água pura, pois a polpa de maracujá do mato apresenta percentuais médios de teor de água de 91,52% (Figura 3.3). A diminuição da temperatura do estudo resultou em menor tempo total de congelamento da polpa de maracujá do mato, reduzindo principalmente a permanência das amostras na fase II.

Observou-se na Figura 3.3 que a curva de congelamento para a polpa de maracujá do mato *in natura* a -25°C teve um decréscimo de temperatura na fase I com

aproximadamente 1020s, reduzindo a temperatura de 21,4°C a 3,7 °C; fase 2 com duração de 4140 s, onde a temperatura decaiu de 3,7°C a -2,9°C e fase 3 com redução na temperatura de -2,9°C até próximo do equilíbrio, em torno de -24,3°C, com um tempo total de curva em 11760s.

A curva de congelamento para a polpa de maracujá do mato *in natura* a -60°C e -76°C apresentaram o mesmo tempo de duração para a fase I, com aproximadamente 780s, porém a duração da fase II na temperatura de -60°C foi de 1320s e para a temperatura de -76°C foi de 1020s, ambos os tempos menor quando comparado à fase II na temperatura de -25 °C. O tempo total da curva foi de 8340s e 7140s à -60°C e 76°C respectivamente. Verificou-se que a curva de congelamento na temperatura de -170°C ocorreu muito rapidamente e que a distinção entre as fases de congelamento foi dificultada devido à inclusão das curvas das temperaturas maiores no gráfico.

O tempo total da curva de congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* à -170°C foi de 669s. Segundo ZHOU *et al.* (2010), o congelamento criogênico oferece menor tempo de congelamento em relação ao congelamento convencional, devido à grande diferença de temperatura entre o fluido criogênico e a superfície do produto e a alta taxa de transferência de calor da superfície resultante da vaporização do fluido criogênico.

Na Tabela 3.1 encontram-se os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato *in natura* (FC) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Observando a Tabela 3.1 verifica-se que para a amostra congelada a -25°C a difusividade térmica efetiva média foi de 0,89 mm².s⁻¹, para a amostra congelada à -60°C foi de 1,30 mm².s⁻¹, à -76°C foi de 1,35 mm².s⁻¹ e no congelamento em nitrogênio líquido a -170°C foi de 8,31 mm².s⁻¹. Tem-se que a difusividade térmica efetiva média é mais elevada quando o produto é submetido a um gradiente térmico maior, ou seja, a difusividade térmica aumenta com a diminuição de temperatura de congelamento. ARAÚJO *et al.* obtiveram valores de difusividade média de 1,23, 10,77 e 39,32 mm².s⁻¹ para polpa de acerola congelada à -22,6°C, -100°C e -196°C respectivamente.

Observa-se na Tabela 3.1 que os valores do fator de atraso J são fixados em 1,01, tendo em vista que o termo fator de atraso indica o tempo necessário para que o congelamento ultrapasse o ciclo logarítmico (SPAGNOL *et al.* 1989).

O modelo apresentou, em média, coeficientes de determinação acima de 92,89%, exceto para a fase III na temperatura de -170°C, que foi de 78,15%, porém o erro médio relativo (P) e o desvio-padrão da estimativa (SE) foram abaixo de 1 para os parâmetros (J e k) das fases I e III em todas as temperaturas, indicando que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representa bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170 °C, ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.1. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato *in natura* (FC) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	α (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM
FC	-25°C	I		1,01	5,73 x10 ⁻⁴	3,37		99,54	0,0817	0,0024	0,0001
		II	7,67	-	-	-	0,89	-	-	-	-
		III		1,01	1,86 x10 ⁻⁴	1,09		97,59	0,1080	0,0013	0,0002
	-60°C	I		1,01	4,58 x10 ⁻⁴	3,12		96,41	0,1052	0,0038	0,0002
		II	8,25	-	-	-	1,30	-	-	-	-
		III		1,01	1,92 x10 ⁻⁴	1,30		92,89	0,5794	0,0077	0,0063
	-76°C	I		1,01	4,27 x10 ⁻⁴	2,28		96,94	0,0990	0,0037	0,0002
		II	7,30	-	-	-	1,35	-	-	-	-
		III		1,01	2,41 x10 ⁻⁴	1,28		97,06	0,2013	0,0027	0,0006
	-170°C	I		1,01	6,03 x10 ⁻⁴	3,76		93,26	0,0145	0,0012	0,0001
		II	7,90	-	-	-	8,31	-	-	-	-
		III		1,01	16,17x10 ⁻⁴	10,09		78,15	0,2678	0,0076	0,0070

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato)

Verifica-se na Figura 3.4 que a curva de congelamento para a polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina a -25°C obteve um decréscimo de temperatura na fase I com aproximadamente 1620s, alcançando neste tempo a temperatura de $-1,35^{\circ}\text{C}$, a fase II teve duração de 3600s, nesta fase ocorre a cristalização e corresponde à fase em que a temperatura sofre pequena variação visto que a maior parte da energia é utilizada a fim de que a água mude de fase, transformando-se em gelo. Analisando o tempo de duração das fases no congelamento da amostra de maracujá do mato *in natura* (FC) e da formulação de maracujá do mato com 5% de maltodextrina (F1), observa-se que utilizando a mesma temperatura de congelamento o tempo requerido para mudança de fases foi maior na amostra com adição de maltodextrina. Esse comportamento foi recorrente conforme houve o aumento do aditivo nas formulações, influenciando também nos valores de difusividade efetiva do processo.

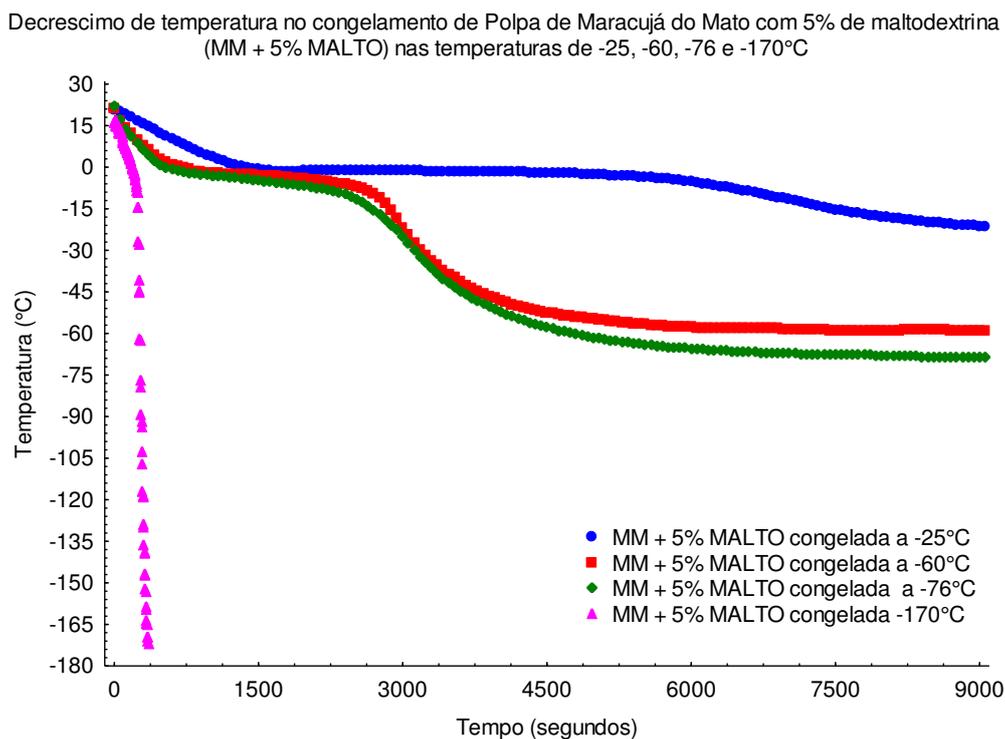


Figura 3.4 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 5% de maltodextrina (F1) nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C .

Todas as curvas apresentaram comportamento semelhante ao congelamento da água pura, comportamento observado por CAVALCANTI MATA *et al.* (2005), quando

estudando congelamento de polpa de graviola a -50°C , onde as curvas também apresentaram as separações em três fases como as observadas no presente estudo.

Na Tabela 3.2 encontram-se os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato com 5% de maltodextrina (F1) nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C .

Observa-se que a difusividade média para as diferentes temperaturas variou de 0,93 a $7,51 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, para as temperaturas de -25°C e -170°C , respectivamente. Verificou-se um comportamento regular com o aumento da difusividade média com a diminuição da temperatura de congelamento.

O modelo apresentou coeficientes de determinação acima de 92,02%, exceto para a fase III na temperatura de -170°C e valores de P e SE abaixo de 2, indicando que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representa bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C , ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.2. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 5% de maltodextrina (F1) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	α (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM	
F1	-25°C	I		1,01	4,97 x10 ⁻⁴	2,92		99,23	0,0226	0,0008	0,0000	
		II	7,78	-	-	-	0,93	-	-	-	-	
		III		1,01	1,61 x10 ⁻⁴	0,95		98,02	0,3138	0,0016	0,0005	
	-60°C	I			1,01	4,50 x10 ⁻⁴	3,07		94,29	0,2007	0,0074	0,0008
		II	7,75	-	-	-	1,14	-	-	-	-	
		III		1,01	1,70 x10 ⁻⁴	1,15		93,97	0,3741	0,0005	0,0000	
	-76°C	I			1,01	3,90 x10 ⁻⁴	2,08		75,85	0,2461	0,0092	0,0013
		II	8,02	-	-	-	1,81	-	-	-	-	
		III		1,01	4,68 x10 ⁻⁴	2,49		94,64	0,2172	0,0043	0,0011	
	-170°C	I			1,01	7,64 x10 ⁻⁴	4,76		92,02	0,0076	0,0004	0,0000
		II	7,90	-	-	-	7,51	-	-	-	-	
		III		1,01	33,92x10 ⁻⁴	21,16		68,30	1,6098	0,0289	0,0275	

Onde: F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina)

Observando a Figura 3.5 vê-se a curva de congelamento para a polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina a -25°C, -60°C, -76°C e -170 °C, onde à -25°C a fase I obteve um decréscimo de temperatura com aproximadamente 1260s, denotando um tempo de fase menor quando comparado à formulação com 5% de maltodextrina congelada na mesma temperatura. Porém nas temperaturas de -60°C, -76°C e -170°C os tempos da fase 1 foram maiores em 60s, 140s e 12s respectivamente para cada temperatura de congelamento em comparação da formulação F2 com a formulação F1.

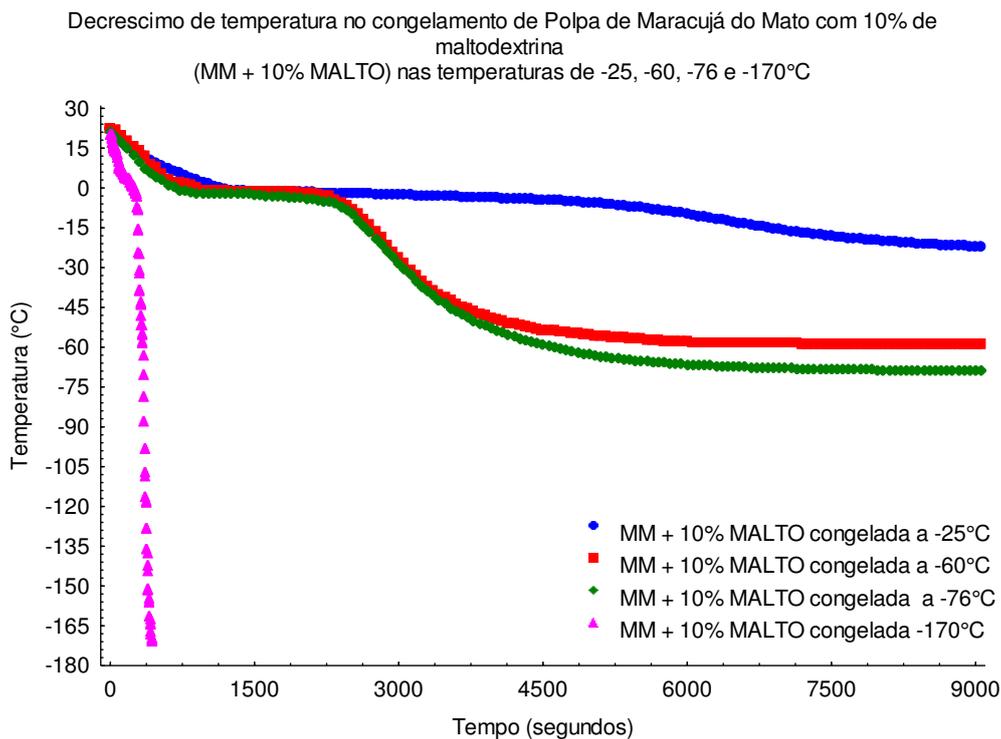


Figura 3.5 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C -60°C, -76°C e -170°C.

Nas temperaturas de -25°C, -60°C e -76°C foi possível observar as três fases de congelamento bem definidas. Fato não bem observado na temperatura de -170 °C, passando rapidamente da fase I para a III. Esse fato é devido a maior velocidade de congelamento.

De acordo com FELLOWS (2006), o alimento é resfriado até abaixo de 0°C, afirmando ainda que o ponto de congelamento para a fruta com teor de água em torno de 87,95%, pode variar entre -0,90°C a -2,70°C. Esse fenômeno é conhecido como super-resfriamento e pode chegar até 10°C abaixo do ponto de congelamento do alimento,

variando com sua composição e taxa de resfriamento (ZARITZKI, 2000; FELLOWS, 2006).

Na Tabela 3.3 encontram-se os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato com 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C .

Observa-se que a difusividade média para as diferentes temperaturas variou de 1,01 a $8,42 \text{ mm}^2.\text{s}^{-1}$, para as temperaturas de -25°C e -170°C , respectivamente. Verificou-se um comportamento regular de aumento da difusividade média com a redução da temperatura de congelamento. O modelo de Fourier apresentou coeficientes de determinação acima de 87,28%, exceto para a fase III à -170°C e valores de P e SE abaixo de 2, indicando que o modelo representa satisfatoriamente a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C , ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.3. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	α (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM	
F2	-25°C	I		1,01	6,46 x10 ⁻⁴	3,80		99,32	0,1151	0,0047	0,0004	
		II	7,78	-	-	-	1,01	-	-	-	-	
		III		1,01	1,87 x10 ⁻⁴	1,10		94,02	0,1364	0,0016	0,0003	
	-60°C	I			1,01	4,72 x10 ⁻⁴	3,22		89,69	0,2227	0,0087	0,0011
		II	8,02	-	-	-	1,28	-	-	-	-	
		III		1,01	1,89 x10 ⁻⁴	1,28		91,07	0,2692	0,0009	0,0001	
	-76°C	I			1,01	4,49 x10 ⁻⁴	2,39		86,83	0,0660	0,0024	0,0001
		II	7,75	-	-	-	1,14	-	-	-	-	
		III		1,01	2,53 x10 ⁻⁴	1,34		94,73	0,1936	0,0034	0,0007	
	-170°C	I			1,01	6,98 x10 ⁻⁴	4,35		87,28	0,0131	0,0007	0,0000
		II	8,05	-	-	-	8,42	-	-	-	-	
		III		1,01	30,99x10 ⁻⁴	19,34		70,02	1,1146	0,0318	0,1244	

Onde: F2= Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina)

Na Figura 3.6 verificou-se que o comportamento da curva sofre alterações de acordo com o aumento de sólidos solúveis contidos na polpa de maracujá do mato, havendo uma acentuação do declínio da temperatura. A curva mais acentuada na Fase II demonstrou que tanto o congelamento quanto a redução da temperatura da parte já congelada ocorreram simultaneamente.

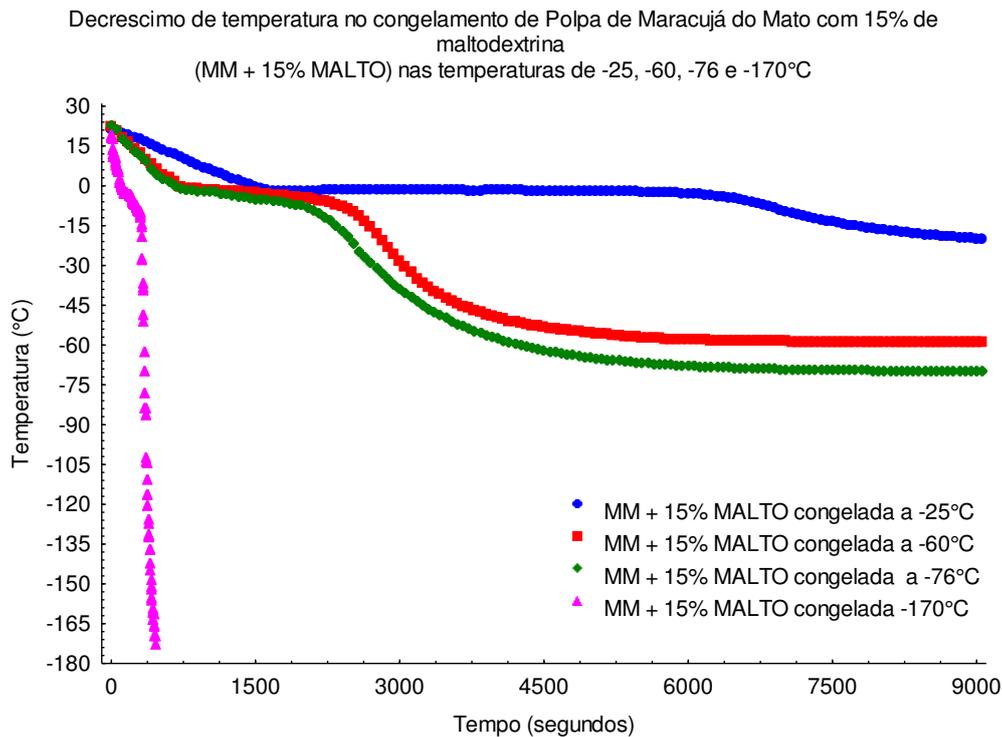


Figura 3.6 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 10% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Na Tabela 3.4 encontram-se os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato com 15% de maltodextrina (F2) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Observa-se que a difusividade média para as diferentes temperaturas variou de 0,88 a 7,70 $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente para as temperaturas de -25°C e -170°C. Os valores de difusividade térmica efetiva mantiveram o comportamento observado nas amostras FC, F1 e F2, ou seja, crescente com a redução da temperatura de congelamento, porém

os valores de difusividade térmica médios foram menores para a formulação de maracujá do mato com 15% de maltodextrina (F3) que na formulação de maracujá do mato com 10% de maltodextrina (F2). A partir disto analisando-se os valores de difusividade térmica média apresentados nas Tabelas 3.1 a 3.7 nota-se que a os valores inicialmente aumentaram com a adição de maltodextrina, no entanto a partir da formulação com 15% de maltodextrina (F3) esses valores decresceram gradativamente quanto maior o percentual de maltodextrina nas formulações, permanecendo o caráter de aumento da difusividade com a aplicação de temperaturas de congelamento mais baixas. Esse comportamento pode ser explicado com base em Blachard e Katz (1995), que afirmam que a maltodextrina é responsável por encorpar substâncias, prevenir a cristalização, promover a dispersabilidade e controlar o congelamento, sendo estas propriedades os fatores que influenciam na velocidade de congelamento e consequentemente na difusividade térmica efetiva.

Os coeficientes de determinação apresentados na Tabela 3.4 foram acima de 95,408, exceto para a fase III na temperatura de -170°C , e valores de P e SE abaixo de 1 em todas as fases da curva de congelamento das amostras, indicando que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representa bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C , ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.4. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 15% de maltodextrina (F3) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	A (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM
F3	-25°C	I		1,01	4,37 x10 ⁻⁴	2,51		99,67	0,0376	0,0014	0,0001
		II	7,58	-	-	-	0,88	-	-	-	-
		III		1,01	2,08 x10 ⁻⁴	1,19		97,98	0,1453	0,0017	0,0002
	-60°C	I		1,01	4,56 x10 ⁻⁴	2,37		99,84	0,0214	0,0012	0,0002
		II	8,00	-	-	-	1,16	-	-	-	-
		III		1,01	2,65 x10 ⁻⁴	1,37		95,48	0,2350	0,0018	0,0003
	-76°C	I		1,01	4,07 x10 ⁻⁴	2,60		99,13	0,3411	0,0012	0,0002
		II	7,20	-	-	-	1,35	-	-	-	-
		III		1,01	2,41 x10 ⁻⁴	1,54		86,88	0,2290	0,0035	0,0010
	-170°C	I		1,01	10,26x10 ⁻⁴	6,57		96,26	0,0110	0,0007	0,0000
		II	8,00	-	-	-	7,70	-	-	-	-
		III		1,01	28,84x10 ⁻⁴	18,46		68,36	1,0462	0,0259	0,0295

Onde: F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina)

Encontram-se na Figura 3.7, as curvas das cinéticas de congelamento da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170 °C ajustados pelo modelo de Fourier.

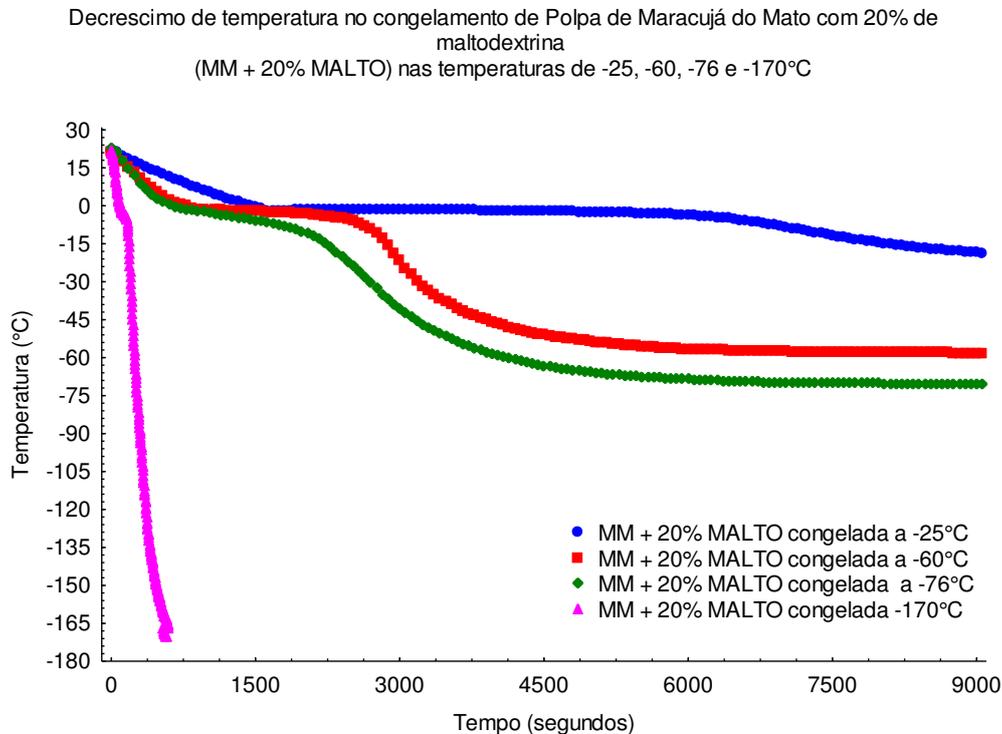


Figura 3.7 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 20% de maltodextrina (F4) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

As curvas de congelamento do maracujá do mato com 20% de maltodextrina assemelham-se ao comportamento da água pura submetida ao congelamento, de acordo com ARAÚJO, BRAGA e CAVALCANTI MATA (2000). ARAÚJO *et al.* (2000) estudando a cinética de congelamento de polpa de acerola na temperatura de -22,6 °C e FERNÁNDEZ *et al.* (2010) estudando o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina, também verificaram comportamento de curvas cinéticas semelhantes ao da água pura.

A duração da fase II (cristalização) foi diminuindo proporcionalmente à redução da temperatura, sendo de 4200s, 1260s, 840s e 60s, respectivamente para as temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C. Observa-se que a inclinação da curva nesta temperatura fornece um indicativo que dois processos ocorrem simultaneamente, o congelamento e a redução da temperatura da fração congelada; bem como já observado por FERREIRA (2011) e CAVALCANTI MATA *et al.* (2005).

Na Tabela 3.5 encontram-se os os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato com 20% de maltodextrina (F4) nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C .

Observa-se que a difusividade média para as diferentes temperaturas variou de 0,74 a 10,18 $\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$, respectivamente para as temperaturas de -25°C , e -170°C . Observando a Tabela 3.3, 3.4 e 3.5 confirma-se a redução dos valores de difusividade média com o aumento do teor de maltodextrina nas formulações estudadas, tendo em vista que o aumento do percentual deste aditivo modifica as características relacionadas à cristalização e retardamento do tempo de congelamento das substâncias, conforme SOFJAN e HARTEL, (2004) e PEREIRA *et. al.*, (2011) os açúcares e sais dissolvidos na polpa de fruta afetam o ponto de congelamento da mistura.

O modelo apresentou, em média, coeficientes de determinação acima de 84,62% e valores de P e SE abaixo de 1 em todas as fases da curva congelamento das amostras, indicando que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representa bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C , ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.5. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 20% de maltodextrina (F4) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	α (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM	
F4	-25°C	I		1,01	4,35 x10 ⁻⁴	2,04		99,91	0,0141	0,0006	0,0000	
		II	6,86	-	-	-	0,74	-	-	-	-	
		III		1,01	1,89 x10 ⁻⁴	0,89		99,11	0,0605	0,0009	0,0001	
	-60°C	I			1,01	3,80 x10 ⁻⁴	2,53		97,36	0,0869	0,0033	0,0002
		II	8,15	-	-	-	1,13	-	-	-	-	
		III		1,01	2,25 x10 ⁻⁴	1,49		87,55	0,4962	0,0056	0,0022	
	-76°C	I			1,01	3,83 x10 ⁻⁴	2,15		93,03	0,1271	0,0042	0,0002
		II	7,50	-	-	-	1,04	-	-	-	-	
		III		1,01	1,89 x10 ⁻⁴	1,06		94,93	0,1782	0,0029	0,0007	
	-170°C	I			1,01	14,04x10 ⁻⁴	8,21		99,01	0,0096	0,0006	0,0000
		II			-	-	-	10,18	-	-	-	-
		III		1,01	20,91x10 ⁻⁴	12,74		84,62	0,3533	0,0073	0,0075	

Onde: F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina)

Na Figura 3.8 observa-se que as curvas de congelamento para a polpa de maracujá do mato contendo 25% de maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C apresentaram um comportamento semelhante entre curvas de temperatura intermediária (-60°C e -76 °C). Enquanto que o congelamento lento (-25°C) apresentou um grande período da amostra na fase de congelamento (Fase II), com duração de 4020s. Por outro lado, o congelamento ultrarrápido apresentou tempo de 621s na fase II, um período maior quando comparado às formulações anteriores, que possuíam menores percentuais de maltodextrina. Verificou-se que em todas as temperaturas estudadas, o tempo necessário para atingir a temperatura adimensional de 0,0.

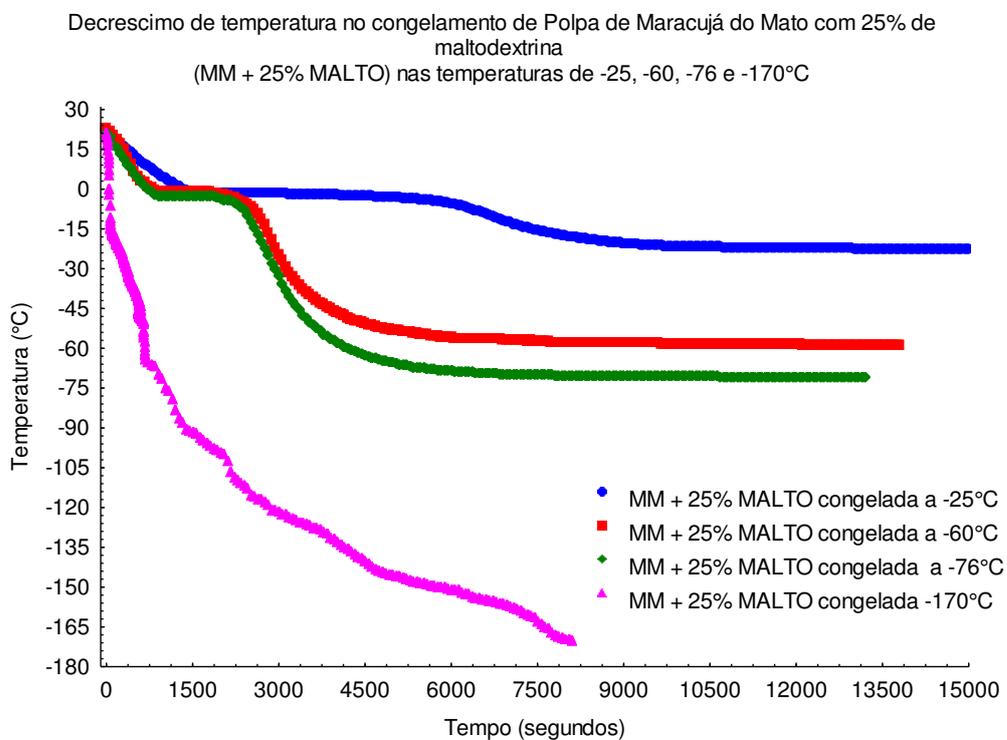


Figura 3.8 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 25% de maltodextrina (F5) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Na Tabela 3.6 encontram-se os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato com 25% de maltodextrina (F5) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Observa-se que a difusividade média para a formulação F5 variou de 0,72 a 6,48 $\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$, para as temperaturas de -76°C e -170°C , respectivamente, valores menores que os encontrados para as formulações anteriores. Na área de alimentos, há relatos da utilização de maltodextrina como crioprotetor HERRERA *et al.* (2001) utilizaram maltodextrinas como aditivos no congelamento do peixe Blue whiting a -10°C e -20°C , onde inibiu a formação de formaldeído e ao final do experimento, as amostras com aditivo sofreram menor desnaturação que as amostras sem maltodextrina. FULANO DE TAL (2014) estudando a estabilidade da polpa de camu-camu com diferentes crioprotetores concluiu que os sólidos da maltodextrina possuem um efeito mais acentuado na elevação de temperatura de transição vítrea (T_g) do que a goma arábica e a sacarose, fato que pode justificar que as formulações com menos maltodextrina tenham congelado mais rapidamente e conseqüentemente tenham maiores valores de difusividade térmica efetiva.

O modelo apresentou, em média, coeficientes de determinação acima de 80,82% em todas as fases da curva para as temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C , indicando que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representa bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato na referida temperatura de congelamento, ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.6. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 25% de maltodextrina (F5) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	α (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM
F5	-25°C	I		1,01	4,70 x10 ⁻⁴	2,14		99,91	0,0177	0,0006	0,0000
		II	6,75	-	-	-	0,72	-	-	-	-
		III		1,01	1,81 x10 ⁻⁴	0,82		97,88	0,0833	0,0013	0,0002
	-60°C	I		1,01	3,47 x10 ⁻⁴	2,03		98,08	0,0640	0,0024	0,0001
		II	7,65	-	-	-	0,88	-	-	-	-
		III		1,01	1,59 x10 ⁻⁴	0,93		80,82	0,1886	0,0059	0,0034
	-76°C	I		1,01	3,41x10 ⁻⁴	1,79		99,52	0,0278	0,0011	0,0000
		II	7,25	-	-	-	0,94	-	-	-	-
		III		1,01	2,08 x10 ⁻⁴	1,09		94,26	0,2025	0,0018	0,0003
	-170°C	I		1,01	29,56x10 ⁻⁴	18,12		87,76	0,0986	0,0045	0,0005
		II	7,83	-	-	-	6,48	-	-	-	-
		III		1,01	23,47x10 ⁻⁴	14,39		98,51	0,0482	0,0010	0,0001

Onde: F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina)

As curvas de congelamento para a polpa de maracujá do mato contendo 30% de maltodextrina nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C ajustadas no modelo de Fourier apresentaram comportamento semelhante à formulação com 25% de maltodextrina, porém com aumento no tempo de duração da fase I, tendo o maior percentual de maltodextrina, substância que retarda o congelamento. O tempo em segundos da fase I foi de 1800s, 840s, 900s e 81s para as temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, respectivamente.

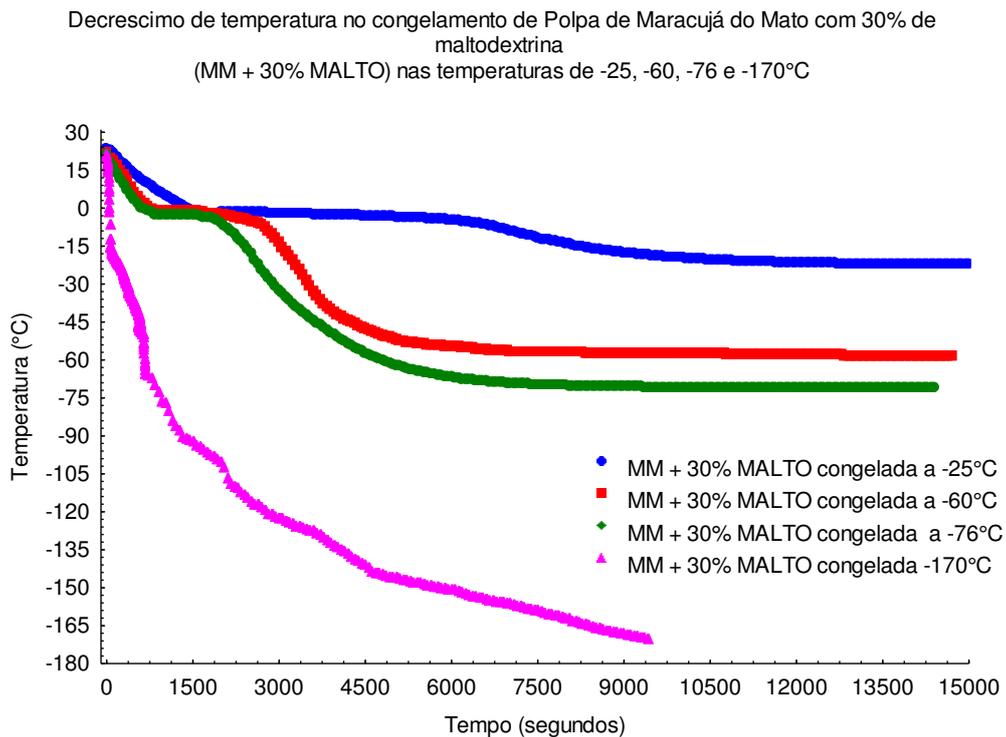


Figura 3.9 Decréscimo de temperatura no congelamento da polpa de maracujá do mato adicionada de 30% de maltodextrina (F6) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Na Tabela 3.7 encontram-se os parâmetros ($L/2$), coeficientes do modelo (J e k) bem como o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o desvio-padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM), a difusividade térmica efetiva (α) segundo o Modelo de Fourier para as fases I e III, bem como a difusividade térmica efetiva média (α média) da cinética de congelamento de maracujá do mato com 30% de maltodextrina (F6) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Os valores de difusividade térmica média aumentaram com a redução da temperatura de congelamento e foram menores quando comparados às formulações com

25°C, 20°C, 15°C e 10% de maltodextrina em todas as temperaturas de congelamento utilizadas. Observou-se comportamento crescente na difusividade com o aumento do gradiente de temperatura, tanto para a fase I, quanto para a fase III nas amostras com 30% de maltodextrina. Para este parâmetro encontrou-se valores entre $4,30 \times 10^{-6}$ e $2,21 \times 10^{-5}$ mm.s⁻¹, na Fase I; e de $1,73 \times 10^{-6}$ a $1,76 \times 10^{-5}$ mm.s⁻¹ na Fase III, para a menor e maior temperatura estudadas, respectivamente.

A difusividade efetiva é mais elevada quando o produto é submetido a um gradiente térmico maior, ou seja, a difusividade térmica aumenta com a diminuição de temperatura. ARAÚJO *et al.* (2000) encontraram que a difusividade térmica efetiva média aumentou com a diminuição da temperatura de -22,6°C para -196°C em pesquisa com a polpa de acerola; Coelho (2006) estudando sementes de algodão com diferentes teores de água observou oscilação dos valores de difusividade térmica efetiva média, sem constituir um padrão definido de aumento ou diminuição, com a conseqüente variação da temperatura.

O modelo apresentou, em média, coeficientes de determinação acima de 88,36% em todas as fases da curva para as temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170 °C e valores de P e SE abaixo de 1, indicando que o modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representa bem a cinética de congelamento da polpa de maracujá do mato na referida temperatura de congelamento, ajustando-se aos dados experimentais.

Tabela 3.7. Parâmetros e coeficientes do modelo de Fourier na cinética de congelamento de maracujá do mato adicionada de 30% de maltodextrina (F6) nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Formulação	Temperatura (°C)	Fases	L/2 (mm)	J	k	α (mm ² s ⁻¹)	α média (mm ² s ⁻¹)	R ²	P	SE	DQM
F5	-25°C	I		1,01	3,65x10 ⁻⁴	1,46		93,36	0,0755	0,0026	0,0002
		II	6,33	-	-	-	0,50	-	-	-	-
		III		1,01	1,44x10 ⁻⁴	0,57		98,48	0,1623	0,0015	0,0003
	-60°C	I		1,01	3,48x10 ⁻⁴	2,04		99,12	0,0482	0,0017	0,0000
		II	7,66	-	-	-	0,88	-	-	-	-
		III		1,01	1,77x10 ⁻⁴	1,04		88,36	0,1674	0,0047	0,0017
	-76°C	I		1,01	4,31x10 ⁻⁴	1,84		96,67	0,0725	0,0025	0,0001
		II	6,55	-	-	-	0,94	-	-	-	-
		III		1,01	2,28x10 ⁻⁴	0,98		97,16	0,1195	0,0021	0,0004
	-170°C	I		1,01	31,19x10 ⁻⁴	15,28		91,41	0,0759	0,0040	0,0004
		II	7,00	-	-	-	6,42	-	-	-	-
		III		1,01	27,59x10 ⁻⁴	13,52		99,00	0,0409	0,0013	0,0001

Onde: F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

3.5. CONCLUSÃO

O congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações com 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% de maltodextrina congeladas a -25°C, -60°C, -76°C e -170°C ocorreram em menor tempo à medida que a temperatura do congelamento diminuiu, no entanto verificou-se que a velocidade de congelamento das formulações foi influenciada pelo percentual de maltodextrina nas formulações, onde quanto maior a quantidade de maltodextrina mais lenta foi a velocidade de congelamento. Todas as curvas da cinética de congelamento das amostras submetidas ao congelamento lento e intermediário, ou seja, a -25°C (lento) e -60°C e -76°C (intermediário) apresentaram as três fases de congelamento bem definidas, resfriamento (FASE I), congelamento ou cristalização (FASE II) e pós-congelamento (FASE III). Enquanto, na temperatura de -170°C, independentemente da concentração de maltodextrina da amostra, a distinção entre as fases de congelamento foi de difícil visualização, devido à maior velocidade de queda de temperatura quando comparado aos congelamentos lento e intermediários.

A difusividade térmica média para o congelamento da polpa de maracujá do mato *in natura* foi de 0,89, 1,30, 1,35 e 8,31 mm².s⁻¹, para as temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, respectivamente, onde estes valores aumentaram nas formulações com 5% e 10% de maltodextrina no entanto a partir da formulação de maracujá do mato com 15% de maltodextrina valores de difusividade efetiva média decresceram gradativamente quanto maior o percentual de maltodextrina nas formulações, devido à característica crioprotetora da maltodextrina.

O modelo de Fourier para congelamento de placa plana representou bem os dados de a cinética de congelamento das formulações de maracujá do mato nas temperaturas de -25°C, -60°C e -76°C com valores de coeficiente de determinação R² foram acima de 91%, no entanto na fase III das amostras congeladas à -170°C os valores de coeficiente de determinação R² foram abaixo de 80%

3.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. L. P. de; SPERRY, S. JUNQUEIRA, N. T. V. **A produção de maracujá na região do cerrado: caracterização socioeconômica.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 30p. 2001. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 19).

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Thermal properties of foods.** Atlanta, 30 p. 2002.

ARAÚJO, M. S. O.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. M. C. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.27-34, 2000.

ASHRAE. Refrigeration systems and applications handbook. **Refrigerating, Air-Conditioning Engineers**, Atlanta: American Society of Heating, 1998. 1001 p.

BASTOS, M.S.R.; OLIVEIRA, M.E.; FEITOSA, T. **Diagnóstico setorial da agroindústria de polpa de fruta na região Nordeste.** Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1999. 29p. (Boletim de Pesquisa, 22).

BRASIL. Leis, Decretos, etc. **Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000**, do Ministério da Agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005.** Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagre, onde constam o Modelo de Manual de Qualidade, o Protocolo de Validação de Métodos Físico-Químicos, o Protocolo de Cálculo da Incerteza Associada às Medições e os Métodos de Análise de Bebidas Fermentadas, Destiladas, Não Alcoólicas e de Vinagre, que passam a constituir padrões oficiais para análise físico-química de bebidas e vinagre. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 set. 2005.

BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Freezing times of regularly shaped food items. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, Oxford, v. 26, n. 5, p. 617- 626, Sept. 1999.

BLANCHARD, P. H.; KATZ, F. R. Starch hydrolysates. In: Stephen, A. M. **Food Polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker.1995. p. 99-153.

BROSNAN, T.; SUN, D. W. Precooling techniques and applications for horticultural products: a review. **International Journal of Refrigeration**, Surrey, v. 24, n. 2, p. 154-170, Mar. 2001.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D.; SILVA, M. da. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea*L.) a temperaturas semi-criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial**, n. 1, p. 55-62, 2003.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M., ALSEMO, G. C. S., RODRIGUES, E., GUEDES, M. A., CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de Graviola em pó pelo processo de Liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p.165-172, 2005.

COLLA, L. M.; HERNÁNDEZ, C. P. **Congelamento e descongelamento: sua influência sobre os alimentos**. Vetor, Rio Grande, v. 13, p. 53-66, 2003.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA,H. M. Effects of industrial foods processing on vitamins stability. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1,p. 83-95, jan./mar. 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 430 p.

FERNÁNDEZ, P. P.; MARTINO, M. N., ZARITZKY, N. E., GUIGNON, B.; SANZ, P. D. Effects of locust bean, xanthan and guar gums on the ice crystals of a sucrose solution frozen at high pressure. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 4, p. 507-515, 2007.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; CONCEIÇÃO, R. S.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2, p. 175-183, 2002.

FERREIRA, J. C. **Processo para desenvolvimento da umbuzada em pó liofilizada, comporta de polpa de umbu, extrato de soja e rapadura**. 2011. 295f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

FORREST, J. C.; ARBELE, E. D.; HENDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.

GADELHA, A. J. F.; ROCHA, C. O., VIEIRA, F. F.; RIBEIRO, G. D. N. Evaluation of quality parameters of physical-chemical frozen pulps of abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 115-118, 2009.

HELDMAN, D. R. Food freezing. In: HELDMAN, D. R.; LUND, D. B. (Ed.). **Handbook of food engineering**. New York: Dekker, 1992. p. 277-315.

HERRERA, J. J.; PASTORIZA, L.; SAMPEDRO, G. A DSC study on the effects of various maltodextrins and sucrose on protein changes in frozen-stored minced blue whiting muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 377-384, 2001.

JUL, M. **The quality of frozen foods**. London: Academic, 1984. 317 p.

LEWIS, M.J. **Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado**. Primera en español ed. Zaragoza: Acribia. 493, 1993.

LIMA, A. A.; CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S.; PIRES, M. M.; Comercialização do Maracujazeiro. **Maracujá em foco, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, n. 29, 2006.

MARTIN, R. E. **Chemistry and biochemistry of marine food products**. Westport: AVI, 1982. 365 p.

MATTA, F.P. **Mapeamento de QLR para *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* em maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.)**. 2005. 230p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2005.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. ed. v.1. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

PARDI, M. C. SANTOS, I. F.; SOUZA, I. R. Ciência e higiene da carne: tecnologia da sua obtenção e transformação. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. ed. Goiânia: UFG, 2001. v. 1, p. 560-571.

PEREIRA, G. G.; RESENDE, J. V.; ABREU, L. R.; GIAROLA, T. M. O.; PERRONE, I. T. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. **European Food Research and Technology**, New York, v. 232, n. 6. p. 1093–1102, 2011.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: UNESP, 1999. 201 p.

SANTOS, C. X. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais**. Itapetinga: UESB, Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, 2011. 61p. (Dissertação de Mestrado). Itapetinga, BA: UESB, 2011.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 159 p.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 14, n. 3, p. 255-262, 2004.

SPAGNOL, W. A.; ROCHA, J. L. V.; PARK, K. J. Modelamento matemático do pré-resfriamento de frutas e hortaliças: uma revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3/4, p.192-200, 1989.

TERUEL, M. B. **Estudo teórico-experimental do resfriamento de laranja e banana com ar forçado**. 2000. 300 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

VICENTE, M. A., GÓMEZ, P., SANTIAGO, F. Y MADRID, M. **Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos**. Editorial A Madrid Vicente Ediciones. 1997. 301 p.

WELTY-CHANES, J.; VERGARA-BALDERAS, F.; BERMUDEZ-AGUIRRE, D. Transport phenomena in food engineering: basic concepts and advances. **Journal of Food Engineering**, Surrey, v. 67, n. 1/2, p. 113-128, Mar. 2005.

WEINLING, H. **Tecnología práctica de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1984. 253 p.

ZARITZKI, N.E. Factors affecting the stability of frozen foods. In: KENNEDY, C.J. **Managing frozen foods**. Cambridge: **Woodhead Publishing**, 2000.

ZHOU, G. H.; XU, X. L.; LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat – **A review**. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 119–128, 2010.

CAPÍTULO 4

CINÉTICA DE LIOFILIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS PÓS DE MARACUJÁ DO MATO

4.1 - INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, devido ao seu clima favorável. Contudo, a maior parte destas frutas é sazonal e no estado maduro apresentam alta perecibilidade, dificultando a comercialização em sua forma “*in natura*”, resultando em consideráveis perdas pós-colheita. Uma alternativa para aproveitar a produção excedente é a secagem dessas frutas, que pode ser realizada com o produto inteiro, em pedaços ou na forma de polpa ou suco, para a produção de frutas em pó. Frutas desidratadas são produtos práticos, com menores custos de transporte, fáceis de armazenar e usar em formulações domésticas e industriais. Entretanto, devem ser desidratadas por processos que mantenham boa parte de suas características nutricionais e sensoriais (ZOTARELLI, 2014).

A secagem é um dos processos mais antigos de preservação dos alimentos e uma alternativa bastante vantajosa, a qual visa à redução dos teores de umidade dos produtos a níveis que dificultem o crescimento microbiano e o desenvolvimento de reações físico-químicas e que minimiza as perdas pós-colheita. Muitos processos de secagem têm sido empregados para a produção de alimentos em pó, entre os quais se destaca a secagem por liofilização. Sendo assim um processo usado para preservar alimentos perecíveis, princípios ativos, bactérias e outros, onde estes são congelados e a água é retirada, por sublimação, sem que passe pelo estado líquido.

Segundo VIEIRA *et al.* (2012), alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que emprega baixas temperaturas em seu processamento. Entretanto, seu custo é expressivamente maior quando comparado aos produtos secos por outras técnicas, necessitando-se, assim, de pesquisas que minimizem os custos operacionais, ofertando, dessa maneira, produtos a um preço competitivo. Além disso, a qualidade final do produto, considerando-se os aspectos nutritivos e sensoriais, também deve ser investigada para garantir alimentos seguros e nutritivos aos consumidores. Dentre os índices de qualidade, podem-se citar o teor de retenção de vitamina C, a capacidade de reidratação e a textura.

O maracujá do mato é uma fruta popular na região semiárida, pouco explorada, utilizada mais na agricultura de subsistência e de forma extrativista, sendo utilizada na alimentação dos animais silvestres e no suprimento de vitamina C do próprio agricultor. Sendo assim esta fruta pode ganhar importância econômica à medida que apresentar

perspectivas de exploração de mercados específicos seja para consumo “*in natura*” ou processado.

As pesquisas comprovam que a liofilização origina produtos com boas condições de armazenamento, sendo assim, o processo de secagem por liofilização pode proporcionar o desenvolvimento da cultura do maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata*. Mast) melhorando a renda de populações pobres do meio rural, onde essa fruta encontra-se em abundância. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a cinética de secagem por liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* e formulações adicionadas de maltodextrina, congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, e correlacionar com os modelos matemáticos propostos por Page, Cavalcanti Mata e Midilli, Kucuk e Yapar ajustando-os para o comportamento de secagem por sublimação; determinar as características físicas, químicas e físico-químicas e padrão microbiológico dos pós obtidos.

4.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.2.1 - Produtos desidratados em pó

O consumo de frutas “*in natura*” tem decrescido ultimamente, tendo em vista que esses produtos são altamente perecíveis, e que o estilo de vida dos consumidores impede a compra diária destes produtos. Além disso, em nível global, as perdas pós-colheitas, desde o campo até o mercado consumidor, representam grandes prejuízos econômicos. Estas razões têm motivado pesquisadores a desenvolver processos para a produção de frutas e hortaliças em pó. Esses produtos devem apresentar características desejáveis pelo consumidor, como boa capacidade de reidratação, cor e aroma atrativos e serem nutricionalmente o mais próximo possível dos produtos *in natura*.

Segundo FORNY *et al.* (2011), uma quantidade crescente de alimentos tem sido desenvolvida e comercializada na forma de pó. Tais produtos incluem café, cappuccinos, achocolatados, leite, sopas, molhos, bolos, alimentos infantis, entre outros. Esta tendência está principalmente ligada com a conveniência oferecida pelos produtos em pó, sua estabilidade química e microbiológica e a redução dos custos de transporte e armazenamento.

A produção de alimentos em pó pode ser realizada por métodos de secagem, moagem e cristalização. Os processos de moagem são utilizados para matérias-primas sólidas, por exemplo, a moagem de grãos de trigo para a produção de farinha e, por fim, a secagem é centrada em alimentos com elevado teor de umidade. Após a elaboração das partículas, podem-se usar operações complementares, como misturas, encapsulação e aglomeração para obter funcionalidades específicas e/ou agregar valor ao produto (CUQ *et al.*, 2011).

Segundo VIEIRA *et al.* (2007) dentre os diversos produtos desenvolvidos por secagem, merecem destaque aqueles na forma de pó, pois com a utilização desses produtos, elimina-se o inconveniente da vida curta de prateleira, com vantagem da possibilidade da manutenção do material em temperatura ambiente, sem despesas inerentes à conservação a frio. A polpa processada na forma de pó apresenta possibilidade de formulação com outros produtos, baixa relação volume/massa, com conseqüente economia em custos de embalagem, transporte, conservação e espaço de armazenamento, estes resultados agregam valor ao produto. Relacionados aos produtos em pó obtidos com o emprego de secagem, RAJKUMAR *et al.* (2007), reportaram que os pós de polpas de

frutas apresentam funcionalidade desejada e são estáveis ao longo de um maior tempo de armazenamento, oferecendo várias vantagens sobre outras formas de transformação de produtos como polpas, sucos e concentrados devido às possibilidades de uso em formulações inovadoras. Por exemplo, pós de frutas podem ser usados como um substituto conveniente para sucos concentrados e como ingredientes estáveis para bebidas saudáveis, alimentos para bebês, molhos, confeitos, iogurtes, sorvetes, barras de cereais, dentre outros. Por sua vez, estes produtos atendem à crescente demanda mundial por produtos com características mais próximas ao natural pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (CAPARINO *et al.*, 2012).

Segundo FORNY *et al.* (2011) o objetivo da produção de alimentos em pó, de forma geral, é a sua diluição em um líquido para o consumo como uma bebida, ou misturados com outros ingredientes alimentícios, para formar suspensões, para uso doméstico ou industrial. Por isso, uma das propriedades mais importantes dos alimentos desidratados em pó é seu comportamento quando reconstituídos com água ou com soluções aquosas. Para os consumidores, a reconstituição dos alimentos em pó deve ser rápida e completa.

4.2.2 - Liofilização

A liofilização consiste na secagem de um produto previamente congelado, onde o processo de remoção de água se dá pela sublimação do gelo contido no alimento. A água passa do estado sólido ao estado gasoso em condições de pressão e temperatura adequadas na câmara do liofilizador. Como não há a utilização do calor durante o processo, modificações físico-químicas são inibidas, minimizando a perda de constituintes voláteis e/ou a perda de atividade biológica, características nutricionais e sensoriais do produto final são muito similares as do alimento fresco, sendo reconhecidamente o melhor método para produção de produtos desidratados de alta qualidade com boa estabilidade durante o armazenamento e longo tempo de vida de prateleira (AIMOLI *et al.*, 2007; LEIRNER *et al.*, 2009; KUMAR, 2010). O grande diferencial da liofilização está no fato de o produto permanecer no estado sólido durante todo o processo. A água passa do estado sólido para o vapor sem passar pelo estado líquido, preservando assim a estrutura original do produto, obtendo-se ao final do processo, um produto com baixo teor de água residual, poroso e de rápida reidratação. (PITOMBO & LIMA, 2003;).

Segundo RATTI (2001) as principais desvantagens do processo de liofilização são o alto custo e sua longa duração (1 a 3 dias). Isto acontece devido à baixa transferência de calor interna dentro do produto e baixa pressão de operação durante o processo. A sublimação consome quase metade da energia total necessária ao processo (45%). O congelamento consome pouca energia (4%) e a redução da pressão e a condensação dividem igualmente o restante da energia (RATTI, 2001).

Muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos significativos na análise de transferência de calor e massa para o processo de liofilização (GEORGE & DATTA, 2002). SAGARA & ICHIBA (1994) estudaram métodos de medidas das propriedades de transporte em soluções de café liofilizado, considerando que as propriedades de transporte na camada de um material desidratado é um fator limitante na transferência de calor e massa durante o processo de liofilização.

MARQUES (2008) e ORREGO ALZATE (2008) afirmam que a tecnologia da liofilização consiste em três principais operações: congelamento, secagem primária e secagem secundária. As três fases do processo de liofilização são apresentadas na Figura 4.1.

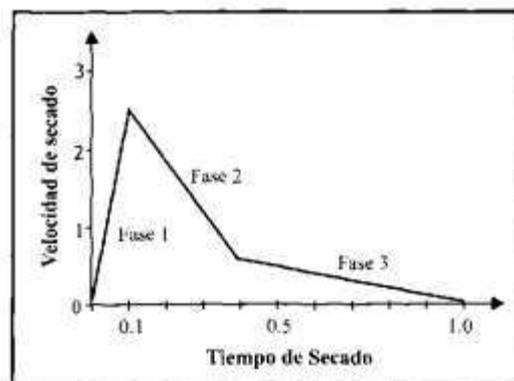


Figura 4.1 Etapas do processo de liofilização. Fonte: ORREGO ALZATE (2008).

Congelamento: A etapa do congelamento faz-se tão importante quanto a etapa de secagem, pois a estrutura dos poros do produto seco, irá influenciar na taxa de transferência de calor e massa no período de secagem, sendo esta influência determinada pelos cristais de gelo formados no material durante o congelamento. Se os cristais de gelo formados forem pequenos e descontínuos, a taxa de transferência de massa do vapor de água pela camada seca pode ser limitada, uma vez que, o tamanho e homogeneidade dos cristais de gelo formados, definem a forma, a distribuição, o tamanho e a conectividade dos poros da camada seca formada pela sublimação. Se os cristais de gelo formados forem

maiores e estiverem dispersos homogeneamente, a taxa de transferência de massa do vapor de água pela camada seca será maior e o produto secará mais rapidamente (HOTTOT *et al.*, 2009).

Secagem primária: A secagem primária baseia-se na retirada da água livre por sublimação do gelo, nesta fase a água congelada é removida por sublimação. O vapor de água produzido é transportado por difusão através dos poros da estrutura da camada seca e atingem a câmara de secagem do liofilizador. Ao final da secagem primária, o teor de água residual no produto deve ser em torno de 10% a 15%. Os fatores críticos durante a secagem primária são as temperaturas do produto nas camadas seca e congelada, a quantidade de água na camada seca, a velocidade e temperatura da interface e a sua duração (CHAKRABORTY *et al.*, 2006).

Secagem secundária: A secagem secundária envolve a remoção da água ligada por desorção. Consiste na retirada de água que está ligada à estrutura do material, quando não existe mais água na forma de gelo, ao final da secagem secundária este teor de água chega a níveis abaixo de 3%. Essa fase ocorre com velocidade menor que a sublimação, já que o teor de água é menor quando comparada à água livre do produto (10% a 35% do total de água do material). Consiste na remoção da água fortemente ligada à estrutura do produto por desorção. Esta remoção pode levar tanto tempo para ser removida quanto toda a água livre, devido às fortes ligações com as moléculas constituintes do produto. Os fatores críticos durante a secagem secundária são a temperatura, a quantidade de água do produto e a duração da etapa (ORREGO ALZATE 2008).

Segundo METTA *et al.* (2012), a qualidade do produto final depende da matéria-prima, do equipamento de liofilização e dos procedimentos operacionais. A variedade de alimentos que podem ser liofilizados é vasta, como exemplo, pode-se citar:

- Carnes: bovina, suína e aves;
- Grãos: milho, ervilha, feijão;
- Hortaliças: espinafre, brócolis, batata, cenoura, aspargos, couve-flor;
- Frutas: morango, maçã, banana, amora, tomate, pêssego, além de polpas e sucos de frutas;
- Condimentos: ervas aromáticas, cebola;
- Derivados do leite: queijo, iogurte;

- Alimentos de conveniência: refeições prontas, alimentos infantis, rações militares, extratos solúveis (METTA *et al.*, 2012).

O processo de liofilização se mostra eficiente comparado com outros meios de desidratação, frente características como contração do produto, perda de voláteis, decomposição térmica, ações enzimáticas e desnaturação de proteínas, por isso merece destaque (GARCIA, 2009).

De acordo com METTA *et al.*, (2012) na liofilização e na concentração por congelamento, obtém-se um efeito conservante semelhante pela redução da atividade de água sem o aquecimento dos alimentos e, como resultado, uma maior retenção da qualidade nutricional e das características sensoriais.

Segundo PHANINDRA KUMAR *et al.* (2001) a alta qualidade, redução de peso e reidratação instantânea são as principais vantagens de alimentos liofilizados, enquanto que os secos por ar quente são texturalmente duros, exigem longo tempo de embebição ou cozimento e possuem má aparência. Autores (DIETRICH, 2011; SOUZA, 2011), complementam as vantagens da liofilização: a alteração do sabor do produto é reduzida, os produtos liofilizados são facilmente reconstituídos devido à estrutura porosa deixada pela saída de água, os produtos alimentícios podem ser disponibilizados ao consumidor fora do período de safra, a perda de nutrientes é reduzida, comparada ao processo de desidratação e o aumento da vida útil do produto: a retirada da água inibe o desenvolvimento dos micro-organismos.

OLIVEIRA (2012), produziu pó liofilizado a partir da polpa de cajá utilizando 17% de maltodextrina e comparou seus resultados com amostra controle liofilizada sem maltodextrina. Foi verificado que ambos os produtos apresentaram baixos teores de água, atividade de água e higroscopicidade, o que proporciona maior vida de prateleira ao produto, e o pó controle (em armazenamento) apresentou estabilidade de 60 dias, enquanto o pó com maltodextrina manteve boas características durante todo o desenvolvimento do estudo. As amostras apresentaram boa coloração, com a amostra controle tendo cor mais intensa.

MORAES *et al.* (2012), compararam a desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização, avaliou-se o impacto sensorial conferido por estes frutos à bebida e a aceitação pelos consumidores, sendo utilizados os frutos: maracujá, maracujá do mato, resíduo da acerola, abacaxi, melão, tamarindo e manga cv. Tommy atkins. Além da diferenciação entre os valores finais de teor de água, foi possível perceber que a secagem convencional apresenta também algumas vantagens em relação ao método

por liofilização, no que diz respeito ao aroma e ao sabor das frutas secas obtidas, e integridade física se comparado ao fruto *in natura*. De maneira geral, todas as amostras de chá foram consideradas aprovadas, do ponto de vista sensorial, uma vez que obtiveram notas acima de sete para a maioria dos atributos sensoriais.

4.2.3 - Cinética de Liofilização e modelagem matemática

A sublimação dos cristais de gelo presentes no produto somente é possível porque durante a etapa primária da liofilização o produto congelado está em uma condição de pressão e temperatura abaixo do ponto triplo da água.

Os cristais de gelo contidos no produto, ao sublimarem, formam uma interface de transição entre a camada congelada e a camada seca, denominada interface de sublimação. Nessa região não existem mais cristais de gelo, porém o conteúdo de água presente permanece mais elevado que o conteúdo de água na camada seca do produto. A espessura dessa região é infinitesimal e pode ser considerada zero para simplificação de cálculos (MARQUES, 2008; RIBEIRO, 2012).

A força motora de transferência de massa é o gradiente de pressão e a força motora de calor é o diferencial de temperatura. Com o fornecimento de calor a pressão constante é abaixo de 4,58 mmHg em um material congelado, se inicia a sublimação (gelo sólido sublima diretamente para vapor sem se fundir), porém, como a emissão de vapores aumenta a pressão destes, bloqueando a sublimação, logo é necessário um equipamento ou dispositivo que retenha os vapores emitidos, na prática é utilizado um condensador. O vapor d'água é continuamente removido do alimento mantendo-se a pressão da câmara do liofilizador abaixo da pressão de vapor na superfície do gelo, através da remoção de vapor com uma bomba de vácuo e posterior condensação em uma serpentina de refrigeração. À medida que a secagem segue, a sublimação atinge o interior do alimento congelado, deixando-o parcialmente desidratado. O calor latente de sublimação (quantidade de calor necessária para que ocorra a sublimação) é de 2,84 MJ kg⁻¹ e pode ser conduzido através do alimento pela camada seca ou pela congelada, ou produzido por micro-ondas (geração interna de calor). O vapor d'água sai dos alimentos através de canais formados pelo gelo sublimado, e sendo assim removido (GARCIA, 2009).

O condensador é uma peça indispensável para a retirada de água do produto durante a liofilização, pois com a formação de vapor de água ocorre um aumento da pressão na câmara de secagem, o que poderia interromper o processo de sublimação.

Quando não há fornecimento de calor ao sistema, a pressão de vapor da água no produto se iguala à pressão parcial do vapor de água na câmara, fazendo com que o sistema entre em equilíbrio e que a sublimação cesse. O fluxo de transferência de calor é modulado por condução, convecção e/ou radiação. A pressão da câmara também influencia a transferência de calor e de massa e por isso é considerada um parâmetro importante no estudo do processo de liofilização. Diminuindo-se a pressão na câmara aumenta-se a taxa de sublimação (BORGOGNONI, 2009).

Na passagem da camada congelada para o condensador, o vapor de água precisa superar duas resistências: a da camada seca e a da câmara de secagem. Essas resistências externas encontradas pelo produto podem ser estão relacionadas com a estrutura porosa da matriz liofilizada. O vapor de gelo necessita ultrapassar uma complexa camada intersticial formada por canalículos vazios no material, que são formados durante a sublimação (ORREGO ALZATE, 2008).

O estudo sobre liofilização carece de importância quando se trata de materiais para os quais as informações sobre o comportamento cinético de secagem são escassas, possibilitando o estudo da influência das variáveis do processo sobre a transferência de massa. Neste sentido, o estudo da cinética de secagem é de fundamental importância para a predição das equações de taxa de secagem utilizadas na modelagem dos fenômenos de transferência na liofilização (MARQUES, 2008). Muitas técnicas são utilizadas para a determinação da taxa de sublimação durante a secagem primária. Alguns autores determinaram a taxa de sublimação retirando amostras durante o processo de liofilização e medindo a perda de peso das amostras (CHAKRABORTY et al., 2006).

A utilização de modelos matemáticos que demonstram o comportamento do produto durante o processo de liofilização vem sendo estudada há muitos anos (BORGOGNONI, 2009; VERGARA, 2013). A utilização desses modelos é positiva pois estes podem:

- reduzir significativamente o número de experimentos pilotos;
- guiar experimentos em regiões nas quais um melhor conhecimento científico e físico-químico é necessário e até mesmo permitir observar novos fenômenos;
- determinar os valores de variáveis que não podem ser medidas experimentalmente e que são importantes para se obter altas taxas de secagem e a estabilidade do produto seco, como por exemplo: os valores da velocidade de convecção do vapor de água dentro dos poros da matriz do produto seco e do gradiente de pressão e das taxas de transferência de massa e calor nos poros do produto seco;

- determinar o teor de água do produto em um certo tempo do processo de liofilização, proporcionando uma informação bastante útil para a avaliação da estabilidade do produto;
- ser utilizados em simulações de computador para investigar o impacto dos desvios das variáveis de processo como a temperatura de placa e pressão da câmara. Os dados simulados podem ser comparados com dados obtidos experimentalmente e utilizados na validação do processo;
- auxiliar no estudo de escala industrial de processos de liofilização;
- indicar a contribuição de cada mecanismo de transferência de massa e calor para auxiliar na determinação do mecanismo que está controlando o processo;
- avaliar e comparar, para um determinado produto, a performance de diferentes designs de liofilizadores.

KING (1971) propôs um modelo denominado URIF (Uniformly Retreating Ice Front). O modelo foi desenvolvido supondo-se que a interface de sublimação retrai uniformemente.

O êxito do modelo URIF se baseia na possibilidade de chegar a uma solução analítica fazendo as seguintes considerações:

- Todo o calor da amostra penetra através da superfície seca;
- Todo o vapor sai da amostra através da superfície seca;
- A temperatura na superfície e na frente congelada se mantem constantes durante toda sublimação, bem como a pressão de vapor em cada ponto da amostra;
- Todo o calor que entra na amostra é utilizado para sublimar o gelo.

No entanto, estas condições não necessariamente refletem o que ocorre em um processo real pois a temperatura da amostra e as propriedades de transporte variam com o tempo.

Os modelos que descrevem o fenômeno do movimento de água dentro das partículas estão usualmente baseados em mecanismos difusionais. Geralmente são usados para representar processos de secagem convencional, ou seja, processos onde a água líquida se difunde através dos poros do material e, em seguida, passa para um estado gasoso. No entanto, também tem sido utilizado na liofilização, processo em que o fenômeno de secagem se dá por sublimação (PÉREZ CASTILLO, 2010)

O coeficiente de difusão é eficaz para descrever o movimento da água e a Lei de Fick tem sido utilizada para descrever matematicamente a taxa de secagem decrescente

em partículas sólidas. É importante ressaltar que, em geral, durante a secagem de alimentos não há um período de taxa de secagem constante, ou quando há, este é insignificante, portanto, dependendo do caso, poderá descrever o processo de secagem completa (PÉREZ CASTILLO, 2010).

4.3 - MATERIAL E METODOS

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande-PB.

4.3.1 - Matéria prima

Utilizou-se, para a realização desta pesquisa, a polpa do maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata*. Mast) como matéria-prima, que foram coletados na Estação Experimental de Brejão do Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizado a 18 km de Garanhuns - PE. No momento da colheita os maracujás do mato (*Passiflora cicinnata*. Mast) foram selecionados de forma a padronizar o estágio de maturação, escolhendo-os com aspecto íntegro, sem perfurações na casca ou com outros danos físicos.

O adjuvante de secagem utilizado para as formulações submetidas à liofilização foi a maltodextrina com dextrose equivalente (DE 20) da Corn Products Brasil. As formulações estudadas foram: Formulação Controle (FC) = 100 % Maracujá do Mato (MM), Formulação 1 (F1) = Maracujá do Mato (MM) + 5 % Maltodextrina (MD); Formulação 2 (F2) = Maracujá do Mato (MM) + 10% Maltodextrina (MD); Formulação 3 (F3) = Maracujá do Mato (MM) + 15 % Maltodextrina (MD), Formulação 4 (F4) = Maracujá do Mato (MM) + 20 % Maltodextrina (MD); Formulação 5 (F5) = Maracujá do Mato (MM) + 25 % Maltodextrina (MD) e Formulação 6 (F6) = Maracujá do Mato (MM) + 30 % Maltodextrina (MD).

4.3.2- Cinética de liofilização

A cinética de secagem da polpa de maracujá do mato (*Passiflora cicinnata*. Mast) foi realizada usando-se o método de liofilização, que seguiu o Fluxograma que se encontra na Figura 4.2. O congelamento das polpas de maracujá do mato a - 25°C foi realizado em freezer comum, para as temperaturas de - 60°C e -76 °C utilizou-se um balcão criogênico, Marca INDREL, modelo IULT 9504 D e para a temperatura de - 170°C foi utilizado vapor de nitrogênio. Esse congelamento foi feito para todas as formulações já citadas anteriormente. A liofilização foi realizada no equipamento de Marca Terroni, modelo de Bancada Série LS 6000 A.

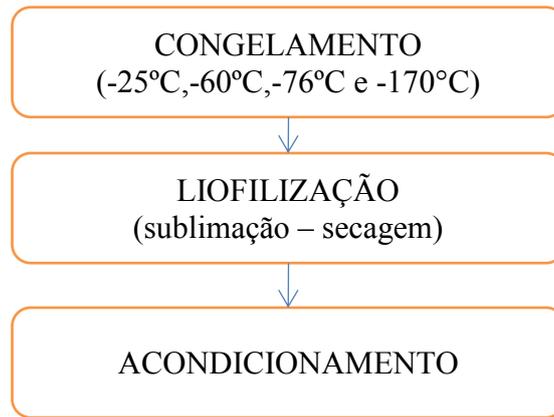


Figura 4.2 - Fluxograma do processo de liofilização



Figura 4.3 – Liofilizador Marca Terroni, modelo LS 6000 A

As amostras (em triplicatas) em cada formulação foram colocadas em recipientes de alumínio e congeladas na forma de placa de 10 mm de espessura e após o congelamento foram colocadas dentro de um tubo de vidro com capacidade de 500ml com boca de diâmetro de 75mm e acoplado à válvula (manifolds) do liofilizador, como demonstrado na Figura 4.4.



Figura 4.4 – Amostras no liofilizador para obtenção da cinética

Durante a secagem foram monitorados o tempo de liofilização e o teor de água do produto a cada 2 horas, fechava-se a válvula (manifolds), as amostras eram retiradas para pesagem, em balança semianalítica modelo As5500c da marca Marte. Esta operação foi repetida até peso constante, finalizando-se o processo.

A partir dos dados de variação do teor de água com o tempo de liofilização, determinaram-se a cinética de liofilização (Equação 4.1).

$$RX = \frac{X_i - X_e}{X_0 - X_e} \quad (4.1)$$

em que:

RX – razão do teor de água, adimensional

X_i - teor de água na base seca no instante t , kg

X_e - teor de água na base seca no equilíbrio, kg

X_0 - teor de água na base seca no início da liofilização, kg

Durante os períodos de taxa constante e decrescente os métodos de cálculo da secagem diferem. No primeiro caso, as transferências de calor e massa são analisadas na superfície do material em contato com o ar de secagem; já para o segundo caso, as análises são baseadas nas transferências internas que governam a secagem (PARK, 2001). O período de taxa decrescente é quase sempre o único observado na secagem de frutas.

De acordo com STRUMILLO e KUDRA (1986), o comportamento da secagem no período decrescente ocorre por migração capilar da água líquida, sob ação da tensão superficial e este mecanismo controla a velocidade da secagem. Supondo-se que a sublimação se deu de forma análoga ao processo de secagem em taxa decrescente, como no processo de secagem convectiva o modelo para o estudo da cinética de liofilização baseou-se na segunda Lei de Fick e nas soluções analíticas da equação de difusão, apresentada por Crank (1975) com algumas alterações. Assim, a lei de Fick, Equação (4.2) de balanço de massa de água do interior do produto foi modificada considerando-se a difusividade efetiva (D_{ef}) como um coeficiente de sublimação (K_s), teremos a Equação (4.3):

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla(D_{ef} \nabla X) \quad (4.2)$$

em que:

X = teor de água do produto, decimal, base seca;

t = tempo de secagem, s;

D_{ef} = difusividade efetiva, $m^2 \cdot s^{-1}$.

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla(K_s \nabla X) \quad (4.3)$$

em que:

X = teor de água do produto, decimal, base seca;

t = tempo de secagem, s;

K_s = coeficiente de sublimação ($m^2 \cdot s^{-1}$)

Aplicando a Lei de Fick modificada para prever a velocidade do movimento da água por sublimação no processo de liofilização, temos:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = K_s \left(\frac{\partial^2 X}{\partial x^2} + \frac{q}{\psi} \frac{\partial X}{\partial x} \right) \quad (4.4)$$

Para validar esse modelo, é necessário considerar as seguintes hipóteses:

- Sublimação constante;
- Geometria como uma placa plana infinita de espessura L;

- O teor de água interna é unidirecional;
- Encolhimento do produto desprezado.

A Equação 4.5 apresenta várias soluções para geometrias diferenciadas: Sendo para placa plana ($q = 0$), cilíndrica ($q = 1$) e esférica ($q = 2$); considerando apenas o fluxo na direção radial e com as seguintes condições inicial e de contorno:

Para placa plana: $\psi = L$

$$\frac{\bar{X} - X_e}{X_i - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(- (2n + 1)^2 \pi^2 \frac{K_s t}{4L^2}\right) \quad (4.5)$$

em que:

$\frac{\bar{X} - X_e}{X_i - X_e}$ = razão do teor de água

X = teor de água no tempo

X_0 = teor de água inicial

X_{eq} = teor de água de equilíbrio

K_s = coeficiente de sublimação ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

L = comprimento característico, meia espessura da amostra (mm)

t = tempo (s)

O estudo do mecanismo que governa o processo de secagem é feito pela análise de dados experimentais ou utilizando modelos matemáticos. Em geral, os modelos empíricos são uma expressão da lei de resfriamento de Newton, aplicada à transferência de massa durante a secagem e assumindo que as condições sejam isotérmicas e que a transferência de água se restrinja à superfície do produto.

Durante o processo de secagem de materiais higroscópicos porosos no período de taxa de secagem decrescente, a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre no material. O modelo exponencial proposto por Lewis pode ser observado a seguir, com o diferencial de considerar o K como uma constante de sublimação:

$$\frac{dX}{dt} = -K(X_t - X_0) \quad (4.6)$$

em que;

K_s : constante de sublimação ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$).

Desconsiderando-se os efeitos no interior do material, a equação de Lewis presume que toda a resistência ao transporte de água se encontra na camada limite (KUROZAWA, 2005). A forma integrada é expressa da seguinte forma:

$$RX = \exp(-k \cdot t) \quad (4.7)$$

Dentre os modelos empíricos se destacam os modelos exponenciais. Para prever a cinética de liofilização foram utilizados os modelos matemáticos de Page (PAGE, 1949) (Equação 4.8), Midilli, Kucuk & Yapar (MIDILLI, KUCUK & YAPAR, 2002) (Equação 4.9) e Cavalcanti Mata (CAVALCANTI MATA, 2004) (Equação 4.10).

$$\text{PAGE: } RX = \exp(-k \cdot t^n) \quad (4.8)$$

$$\text{MIDILLI, KUCUK E YAPAR: } RX = a \times \exp(-k \cdot t^n) + b \quad (4.9)$$

$$\text{CAVALCANTI MATA: } RX = a_1 \exp(-a_2 t^{a_3}) + a_4 \exp(-a_2 t^{a_5}) + a_6 \quad (4.10)$$

Onde:

T= Tempo, min

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a, k, n$ e b = Parâmetros constantes do modelo

O coeficiente de sublimação (K_s) foi obtido por meio da equação 4.5, considerando que a remoção de água por sublimação durante o período de liofilização deu-se de forma análoga à remoção de água por difusividade líquida efetiva, com base no modelo matemático da difusão líquida para placa plana infinita.

Os parâmetros dos modelos foram obtidos por análise de regressão linear empregando-se o método numérico Quasi-Newton para todos os modelos, através do Software Statistica 7.0.

Como critério de seleção para o modelo que melhor representou o processo de secagem, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2), o desvio quadrático médio (DQM), calculado pela Equação 4.12 e o erro médio relativo (P) calculado conforme Equação 4.13 e o o desvio-padrão da estimativa (SE) conforme Equação 4.14.

$$DQM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (TC_{exp} - TC_{pred})^2} \quad (4.12)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|TC_{exp} - TC_{pred}|}{TC_{pred}} \quad (4.13)$$

$$SE = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n (TC_{exp} - TC_{pred})^2)}{GLR}} \quad (4.14)$$

Em que:

DQM = quadrado médio dos desvios (%)

TC_{exp} = valores obtidos experimentalmente

TC_{pred} = valores preditos pelo modelo

n = número de dados experimentais

GLR = Grau de Liberdade do Resíduo

Ao final o produto foi acondicionado em embalagens metalizadas de polipropileno, revestidas internamente com polietileno, de densidade de 75,1414 g. m⁻² e as embalagens foram fechadas utilizando-se uma seladora a vácuo.

Após o fechamento as embalagens foram devidamente rotuladas e identificadas, constando a data de fabricação e a temperatura de congelamento em que o produto foi liofilizado. O produto foi armazenado à temperatura ambiente sob ventilação e condições higiênico-sanitárias adequadas, dentro de caixas de isopropileno expandido.

4.3.3 - Caracterização físico-química e seleção dos pós de maracujá do mato

Para a análise de caracterização física, química e físico-química e análises microbiológicas dos pós de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata*. Mast), foi realizada a seleção dos pós que apresentaram o menor teor e atividade de água após a cinética de liofilização, sendo estes os pós formulados a partir das seguintes concentrações: Formulação 4 (F4) = Maracujá do Mato (MM) + 20 % Maltodextrina (MD); Formulação 5 (F5) = Maracujá do Mato (MM) + 25 % Maltodextrina (MD) e Formulação 6 (F6) = Maracujá do Mato (MM) + 30% Maltodextrina (MD) e congeladas nas temperaturas de -25, -60 e -76 °C para posterior liofilização para obtenção de uma maior quantidade de pós para devidas análises, conforme Figura 4.5.



Figura 4.5 – Amostras no liofilizador para obtenção do pó

4.3.3.1 Teor de água

Determinou-se o teor de água das amostras pelo método gravimétrico, conforme descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), no qual aproximadamente 5g da amostra foram levados à estufa a 105°C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem.

4.3.3.2 Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada com o auxílio do equipamento Aqualab CX-2T, Decagon a 25°C, apresentando erro de $\pm 0,003$ no valor final.

4.3.3.3 Proteínas

A determinação foi por meio do método de Kjeldahl. Este se baseia em três etapas de determinação de nitrogênio: digestão, destilação e titulação. Nesse método a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é transformado em amônia e, finalmente, quantificado segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

4.3.3.4 Lipídeos

O material gorduroso foi extraído com hexano em refluxo por 6h, em aparelho de Soxhlet; posteriormente, o material gorduroso retido no balão foi para estufa a 105°C durante 2 horas, de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

4.3.3.5 Acidez total titulável

Conforme a metodologia descrita no INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), a análise da acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução 0,1N de hidróxido de sódio utilizando-se, como indicador para verificação do ponto de viragem a solução alcoólica a 1% de fenolftaleína, cujos resultados foram expressos em percentagem.

4.3.3.6 Sólidos solúveis totais (°Brix)

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada através de leitura direta em um refratômetro do tipo Abbe, colocando-se uma gota da solução no prisma e fazendo-se a leitura direta em °Brix. A leitura do °Brix foi corrigida em função da temperatura da amostra utilizando-se a tabela contida no manual do (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

4.3.3.7 Ratio (Relação SST/ATT)

A relação SST/ATT foi calculada através da razão entre os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT) de acordo com o manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

4.3.3.8 Açúcares redutores, não redutores e totais

Os açúcares totais, redutores e não redutores foram determinados em triplicata de acordo com as metodologias descritas no manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), que consiste na redução do cobre presente na solução de Fehling através de açúcares invertidos. O conteúdo de açúcar presente na amostra foi obtido pelo volume de solução de açúcar necessário para reduzir completamente a solução de Fehling de volume conhecido. Os resultados dos açúcares totais e redutores foram expressos em % de glicose e os açúcares não redutores em % sacarose.

4.3.3.9 Vitamina C

O ácido ascórbico (mg/100 g), foi determinado por titulometria utilizando-se solução de 2,6 diclofenolindofenol-sódio (DCFI) até obtenção de coloração róseo claro permanente, segundo o método apresentado pela AOAC (1997) e modificado por BENASSI e ANTUNES (1998) utilizando como solução extratora o ácido oxálico.

4.3.3.10 Carboidratos

Os carboidratos totais das amostras foram calculados a partir da diferença entre a massa inicial da amostra (100 gramas) e o total da massa de proteínas, lipídios, cinzas e fibra alimentar INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

4.3.3.11 Energia

Para determinação da Energia (calorias Kcal) foram utilizados os fatores de conversão, $\text{kcal} = (9 \times \text{lipídios}) + (4 \times \text{proteínas}) + (4 \times \text{carboidratos totais})$, conforme o cálculo do valor energético da Resolução da ANVISA RDC nº 360/03 (BRASIL, 2003).

4.3.3.12 pH

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada através de leitura direta, em um phmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). Os resultados foram expressos em unidades de pH.

4.3.3.13 Cor

As medidas de cor das amostras dos pós de maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata. Mast*) foram realizadas instrumentalmente com espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os valores de L^* , a^* e b^* . L representa a luminosidade, a^* define a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). As medidas das amostras foram realizadas em triplicata obtendo-se os valores médios de L^* , a^* e b^* , e utilizando-se o sistema com luminosidade D65, ângulo de observação de 10° e calibração do equipamento com placa branca padrão ($X = 80,5$; $Y = 85,3$; $Z = 90,0$).

4.3.4 Caracterização física dos pós de maracujá do mato

4.3.4.1 Microscopia óptica

A morfologia das partículas dos pós foi determinada através da microscopia óptica no Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais – CERTBIO, da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa/CCT/UFCG). As amostras foram fixadas em porta amostras metálicas (stubs), com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional. Em seguida, foram então observadas em um microscópio óptico (MO-HIROX) com aumentos de 350, 700 1050 vezes e a aquisição das imagens foi realizada pelo software LEO, versão 3.01.

4.3.4.2 Ângulo de repouso

As medidas do ângulo de repouso estático foram utilizadas como indicação da capacidade de escoamento ou fluidez do pó. Uma quantidade equivalente a 10g de cada amostra foi colocada em um funil com diâmetro de 15mm de abertura inferior (saída) e diâmetro de abertura superior de 70mm. O funil com a abertura de saída vedada é fixado em um suporte universal com argola de sustentação, sob o qual é colocada uma placa plana para receber a amostra drenada de uma altura fixa de 25mm da base em relação à saída do funil. O ângulo de repouso ($\tan \alpha$) foi calculado a partir da razão entre a altura (h) e o raio (r) da base do cone resultante. As medidas foram feitas em triplicata. De acordo com os resultados obtidos, os pós foram classificados em termos de propriedades de escoamento como se segue: ângulo de repouso de 25° - 30° fluxo excelente; de 31° - 35°

fluxo bom; de 36°-40° fluxo aceitável; de 41°-45° fluxo passável; de 46°-55° fluxo pobre; de 56°-65° fluxo muito pobre; de 65° fluxo extremamente pobre (USP, 2006).

4.3.4.3 Higroscopicidade

A higroscopicidade dos pós de maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata*. Mast) foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações. Pesou-se de 1g de amostra em recipiente previamente tarado. A amostra foi colocada em vidro hermético contendo uma solução saturada de NaCl e deixada em BOD a 25°C. Após uma semana, as amostras foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa em g de água adsorvida por 100g de massa seca da amostra ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

4.3.4.4 Molhabilidade

A molhabilidade do pó foi determinada através da metodologia descrita por SCHUBERT (1993), na qual cerca 1g da amostra em pó é vertida em um béquer de 250mL contendo 100mL de água destilada a temperatura ambiente, verificando-se através de cronômetro o tempo necessário para a completa imersão do pó. O cálculo da taxa de molhabilidade foi feito conforme a (Equação 4.15).

$$M = \frac{N}{t} \quad (4.15)$$

em que:

M - molhabilidade

N - peso da amostra (g)

t - tempo (min.)

4.3.4.5 Solubilidade

A solubilidade do pó foi determinada, colocando-se 2g da amostra em pó em 50mL de água destilada a 25°C em um becker de 150mL, sob agitação constante, utilizando um agitador magnético e verificando o tempo decorrido para a dissolução total da amostra, metodologia descrita por (GOULA & ADAMOPOULOS, 2005).

4.3.4.6 Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada em triplicata, pesando-se a amostra em uma proveta graduada de 10mL; posteriormente calculada a relação entre a massa da amostra e o volume da proveta (Equação 4.16).

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (4.16)$$

em que:

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³);

m - massa (g)

V - volume (cm³)

4.3.4.7 Densidade compactada

A densidade compactada (ρ_c) foi avaliada, em triplicata, de acordo com a metodologia de TONON (2009), que consiste em pesar a amostra em uma proveta graduada de 10mL e aplicar 50 batimentos na proveta com a amostra sobre a bancada de uma altura fixa de 2,5cm. Anota-se o volume no qual a amostra foi compactada e calcula-se a relação entre a massa e volume compactado (Equação 4.17).

$$\rho_c = \frac{m}{V_c} \quad (4.17)$$

em que:

ρ_c - densidade compactada (g/cm³);

m - massa (g)

V_c - volume (cm³)

4.3.5 Análise microbiológica dos pós de maracujá do mato

As análises microbiológicas realizadas nas amostras dos pós de maracujá do mato (*Passiflora cicinnata*. Mast) que apresentaram o menor teor e atividade de água após a cinética de liofilização foram: coliformes a 45°C (NMP/g), bolores e leveduras (UFC/g) e *Salmonella sp./25g*, segundo exigência da Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001) que aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.

Os procedimentos microbiológicos seguiram o protocolo descrito pela Food And Drug Administration (1995), sendo que a interpretação dos resultados foi realizada de acordo com os critérios microbiológicos estabelecidos na legislação brasileira (BRASIL, 2001).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 – Cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* e formulações da polpa de maracujá do mato adicionadas com 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% de maltodextrina.

As Figuras 4.6 a 4.26 apresentam as curvas de cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* (FC) e das formulações de polpa de maracujá do mato adicionadas de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% de maltodextrina (F1, F2, F3, F4, F5 e F6) pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, com ajuste dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente. As referidas curvas são uma relação entre a razão do teor de água (adimensional) e tempo (minutos).

Nas Figuras 4.6 a 4.8 apresentam-se as curvas de cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, com ajuste dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente. Nelas se observa que a polpa de maracujá do mato *in natura* pré-congelada a -170°C apresentou menor remoção de água quando comparada com as amostras pré-congeladas nas demais temperaturas. Verifica-se ainda que a maior perda de água se deu para as amostras pré-congeladas nas temperaturas de congelamento intermediárias de -60°C e -76°C e lento -25°C. FERREIRA (2011) relatou comportamento semelhante de perda de água na liofilização de umbuzada com extrato de soja nas temperaturas e congelamento -20°C, -170°C e 196°C. Segundo ORREGO ALZATE (2008), este comportamento justifica-se devido ao fato de as menores velocidades de congelação favorecerem a formação de cristais de gelo de maior tamanho e conseqüentemente maior porosidade, o que facilita a desidratação dos materiais.

O tempo de liofilização foi de aproximadamente 10h para todas as amostras de polpa de maracujá do mato *in natura* nos diferentes pré-congelamentos, nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C. Apesar de o tempo de liofilização ter sido aproximado entre as amostras com diferentes temperaturas de pré-congelamento, observa-se nas Figuras 4.6 a 4.8 que com a diminuição da temperatura de pré-congelamento há uma redução da quantidade de água sublimada. NASCIMENTO (2014), estudando a liofilização de polpa de mandacaru e facheiro pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C e -150°C verificou tempos de liofilização de 14s, 16s e 18h para a polpa de

mandacaru e de 20h, 22h e 24h para a polpa de facheiro. FERREIRA *et al.* (2008) estudaram a liofilização de extrato de soja modificado com polpa de cajá e obtiveram completa desidratação com 25 horas de processo, enquanto CHAVES *et al* (2008) ao liofilizarem polpa de pinha obtiveram produto em pó com aproximadamente de 30h. Esses autores podem ter observado tempos de liofilização mais extensos do que os obtidos neste trabalho devido a características específicas das frutas ou formulações de frutas analisadas ou por haverem utilizado amostras com maior massa inicial em seus experimentos, tendo em vista que a massa inicial de maracujá do mato neste estudo foi de aproximadamente 10g por repetição.

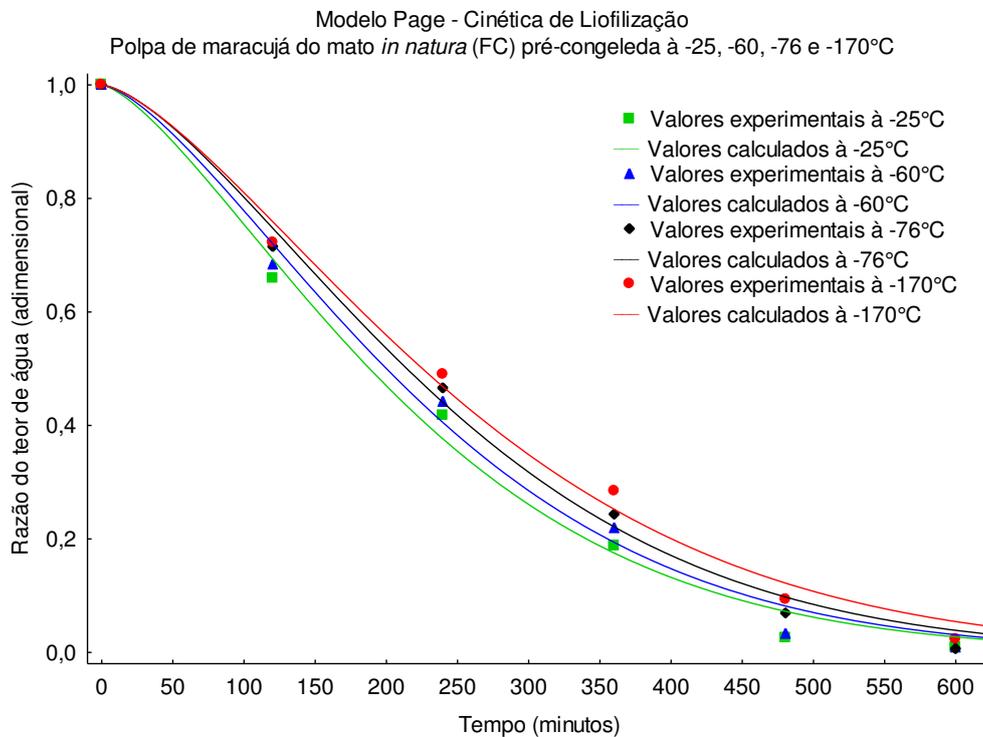


Figura 4.6 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* pré-congeladas às temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C

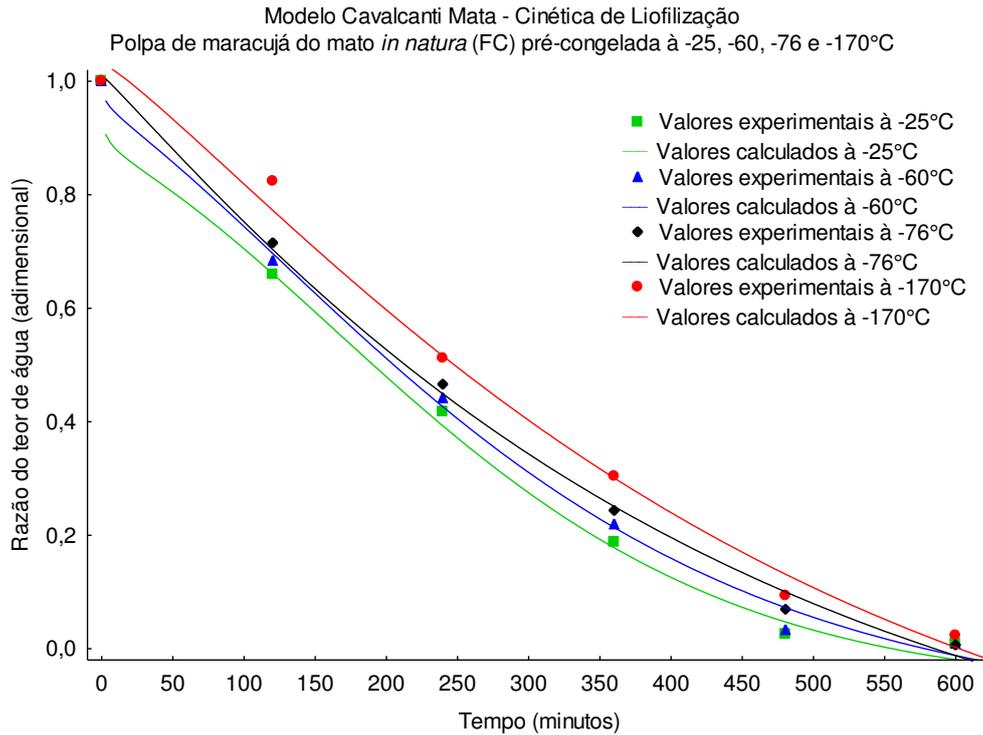


Figura 4.7 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

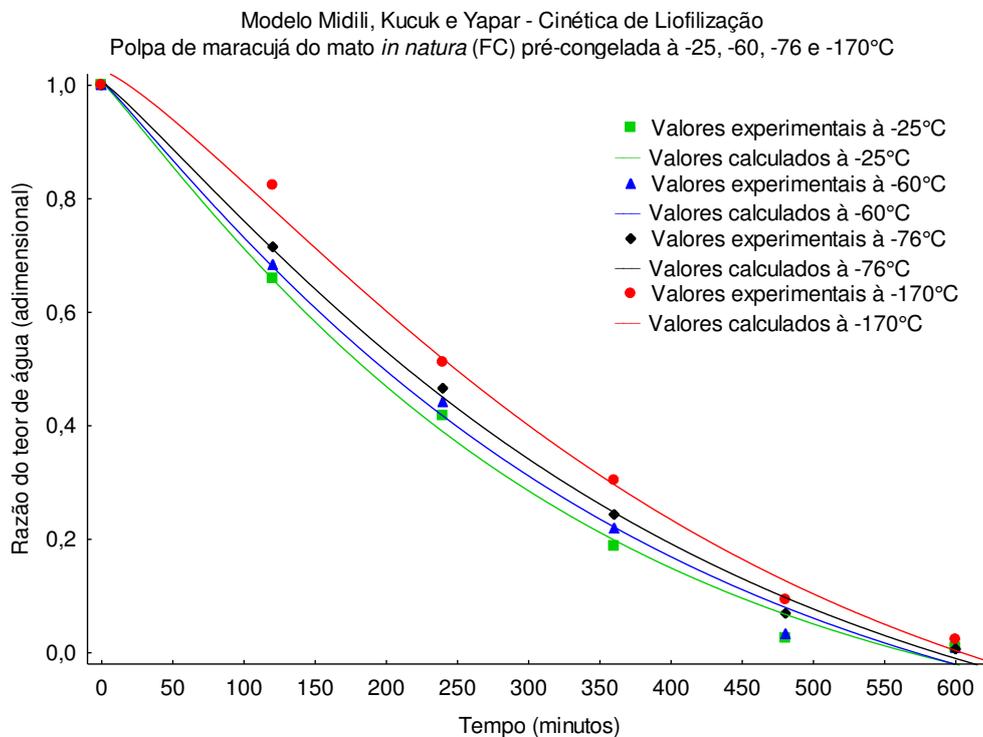


Figura 4.8 Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

As Figuras 4.9 a 4.11 apresentam as curvas que relacionam a razão do teor de água (adimensional) e o tempo (minutos) da cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato com adição de 5% de maltodextrina pré-congelada nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C , com ajuste dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente. Nestas se observa que a polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina apresentou comportamento semelhante às curvas de cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* em todas as temperaturas de pré-congelamento estudadas, ou seja, maior redução de água nas temperaturas de congelamento de -25°C , -60°C e -76°C , enquanto a curva pré-congelada a -170°C apresentou menor velocidade de remoção de água.

Segundo MARQUES (2008) a forma e composição química do material influenciam na transferência de massa durante o período de sublimação. Desta forma era esperado que as amostras de maracujá do mato tivessem maior taxa de secagem conforme o aumento da temperatura de pré-congelamento, pois o congelamento em temperaturas mais baixas proporciona a formação de cristais de menor tamanho, interferindo na capilaridade das amostras e conseqüentemente na sublimação da água. Este comportamento repete-se em todas as formulações estudadas (FC, F1, F2, F3, F4, F5 e F6), onde pode-se verificar a confirmação do mesmo por meio da observação das Figuras 4.6 a 4.26.

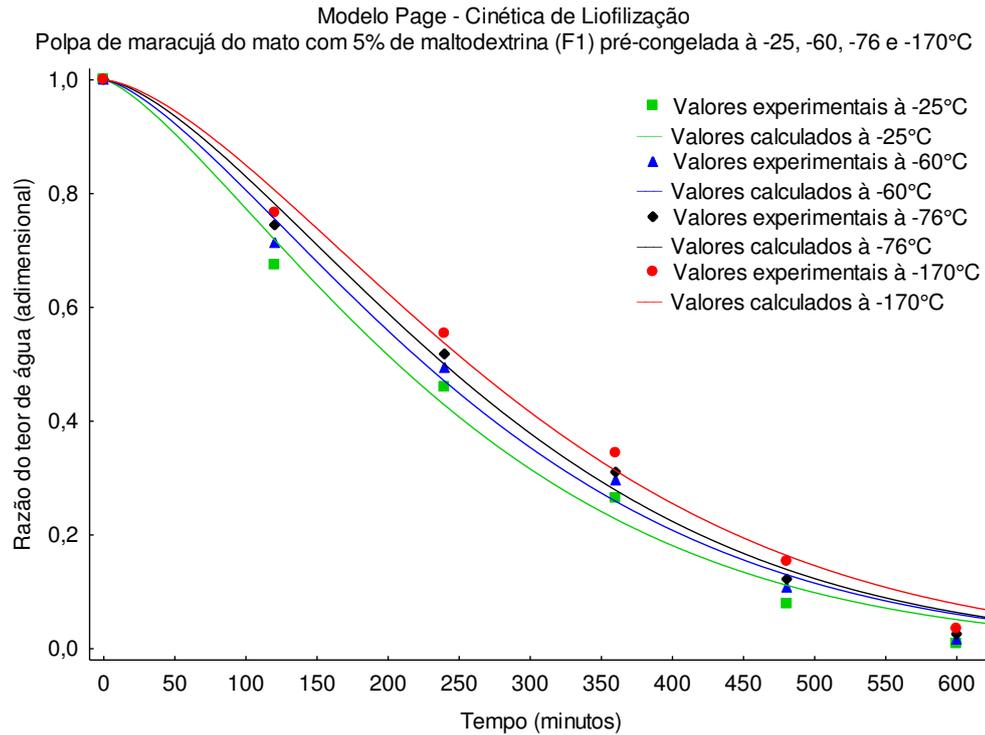


Figura 4.9 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

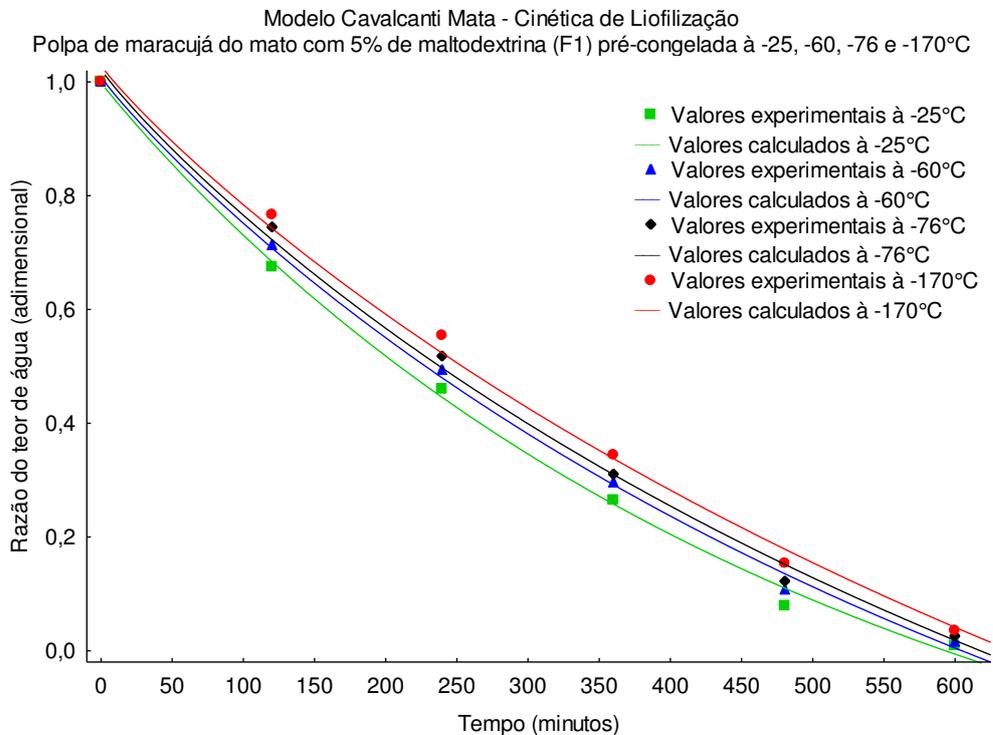


Figura 4.10 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

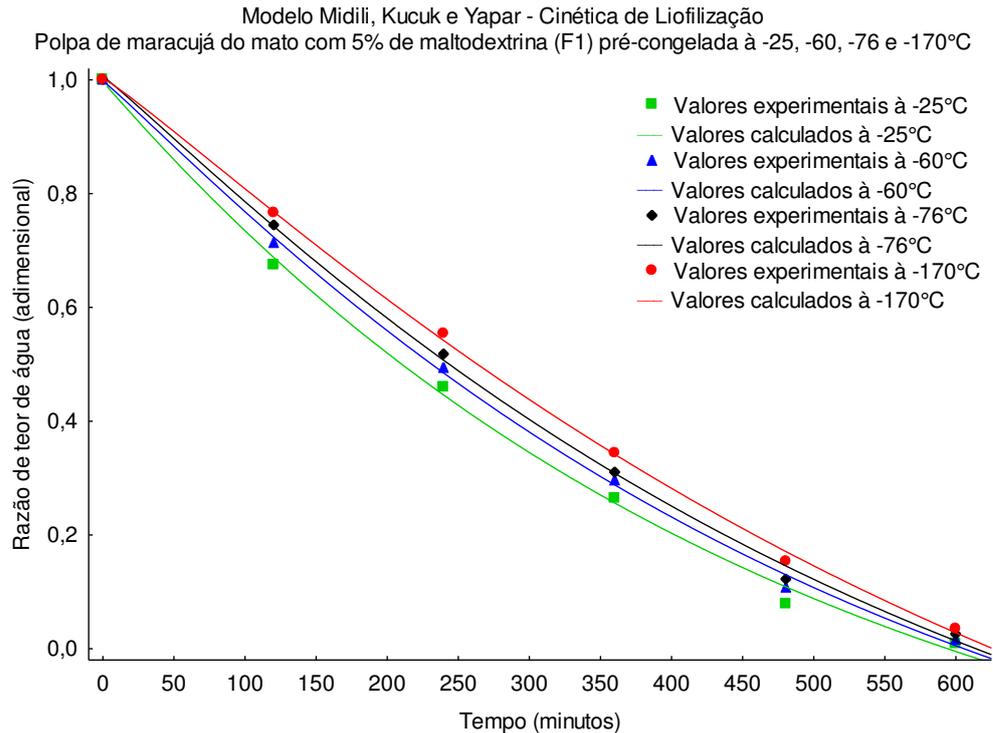


Figura 4.11 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Nas figuras 4.12 a 4.14 estão as curvas da cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C com ajuste dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente. Observando nestas figuras verifica-se que a secagem por sublimação se deu em maior remoção de água para a polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina congelada a -25°C, seguida das temperaturas de -66°C e -76°C, estando evidente que na temperatura de congelamento de -170°C houve redução da taxa de sublimação do gelo contido na amostra.

NIRANJAN *et al.* (2000) estudando a relação entre a retenção de voláteis e movimento da frente de gelo durante a liofilização de café, concluíram que pequenas mudanças na velocidade de congelamento têm influência mínima sobre a velocidade de liofilização, justificando os tempos de sublimação aproximados para atingir a estabilidade das amostras, independente das temperaturas de pré-congelamento aplicadas às amostras. PARDO & NIRANJAN (2006) afirmam que o fluxo do vapor na sublimação decresce quando os tamanhos dos poros da amostra são menores, justificando este fato pelo balanço dinâmico que existe entre a transferência de calor e a massa durante a secagem, onde os poros de menor tamanho afetam a transferência de massa, mas não

afetam as propriedades térmicas do material devido a quantidade de calor que entra na amostra ser a mesma. Estes autores afirmam ainda que a água sublimada que tende a sair do material na forma de vapor encontra maior resistência em migrar através dos poros de menor tamanho, resultando em diferentes pressões entre a camada de gelo e a superfície da amostra.

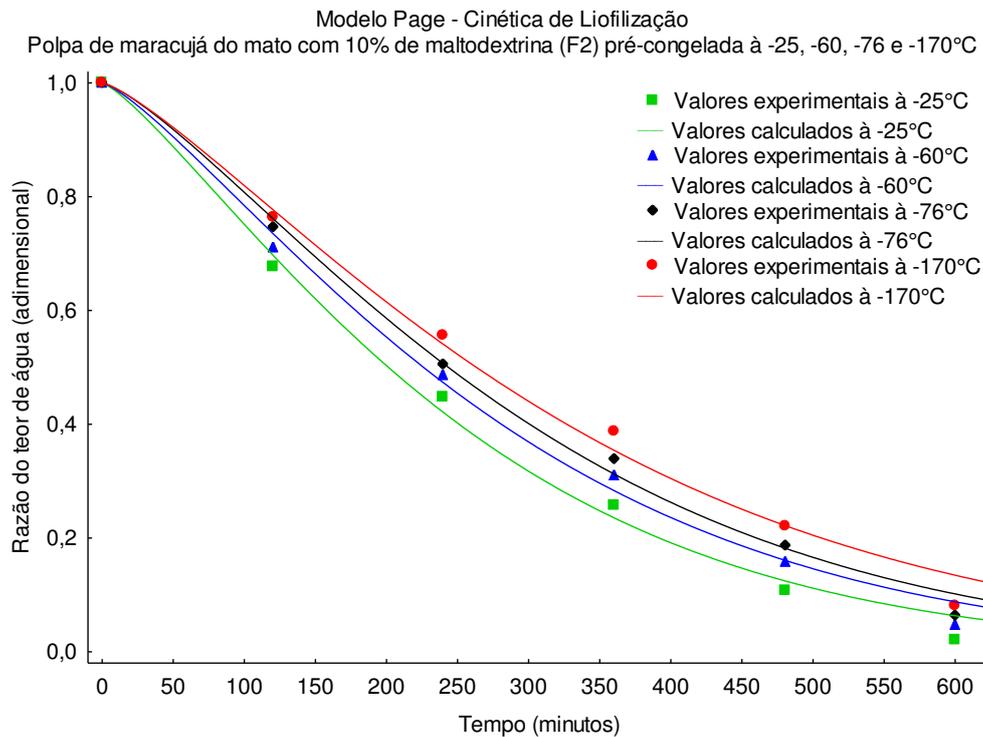


Figura 4.12 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

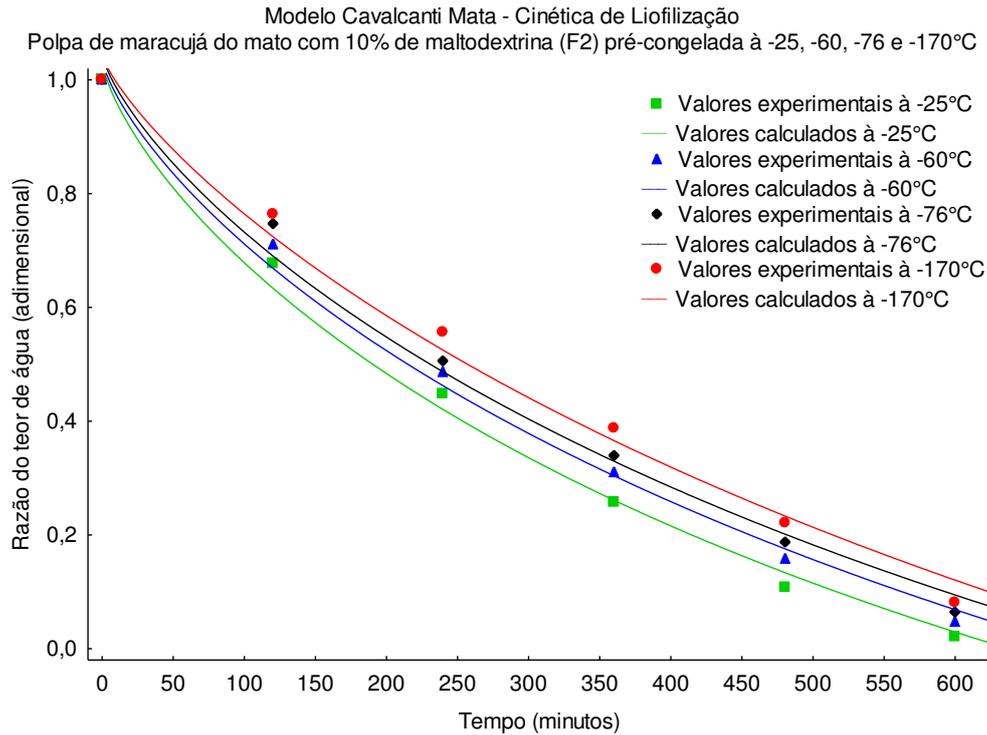


Figura 4.13 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

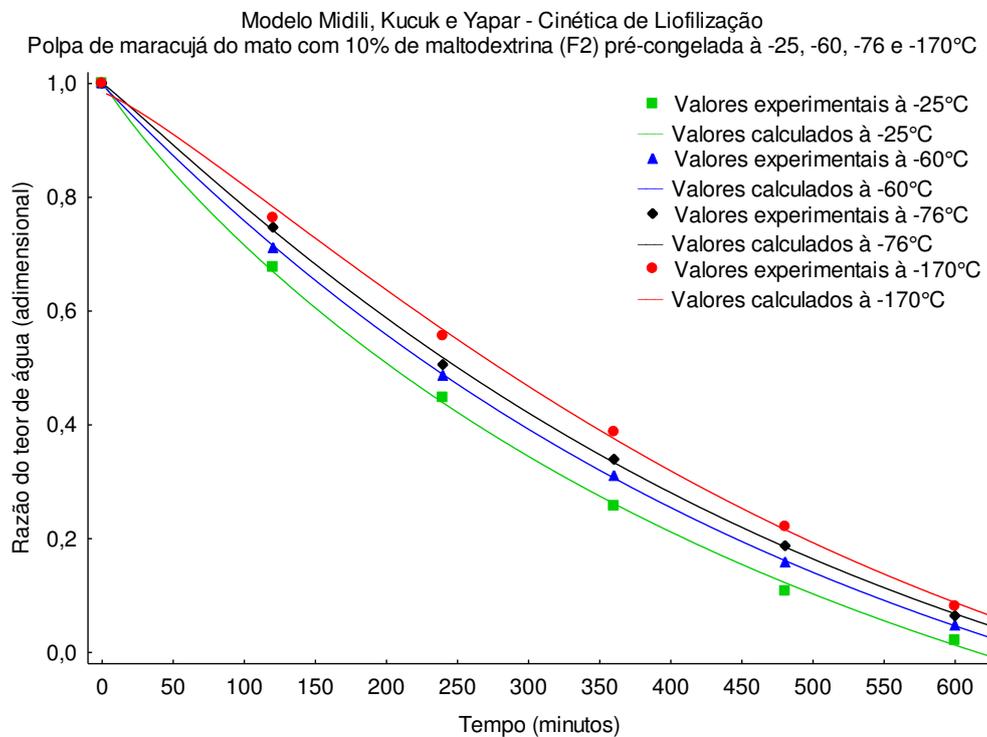


Figura 4.14 - Dados experimentais e calculados pelo modelo Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 10% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Nas Figuras 4.15 a 4.17 encontram-se as curvas de cinética de secagem da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C ajustadas pelos modelos Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente.

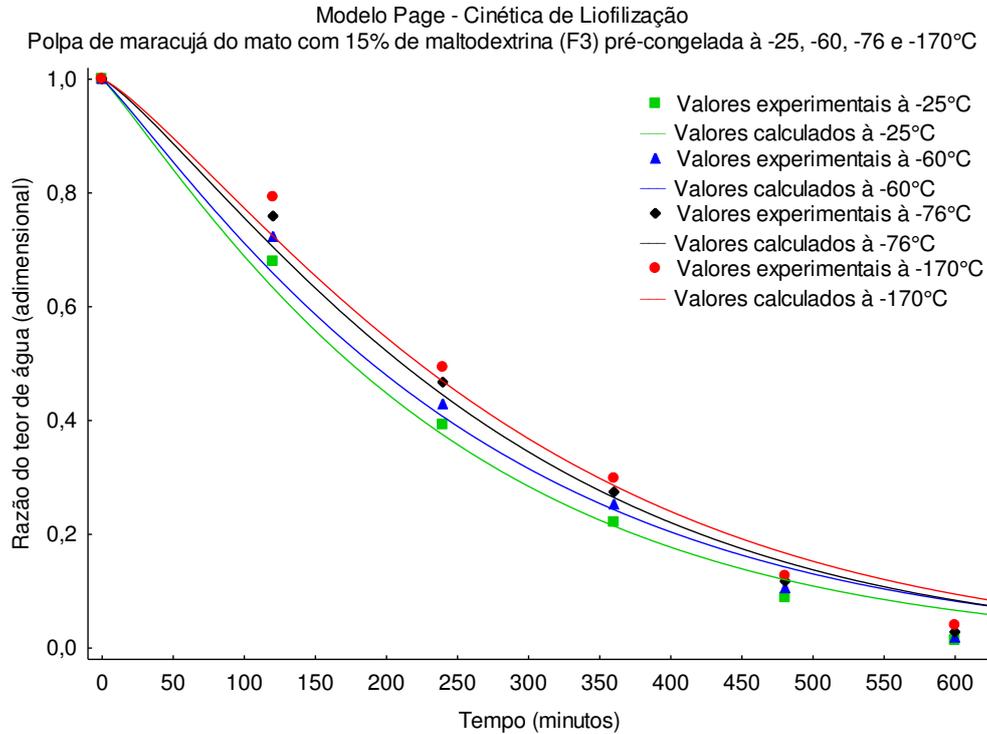


Figura 4.15 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

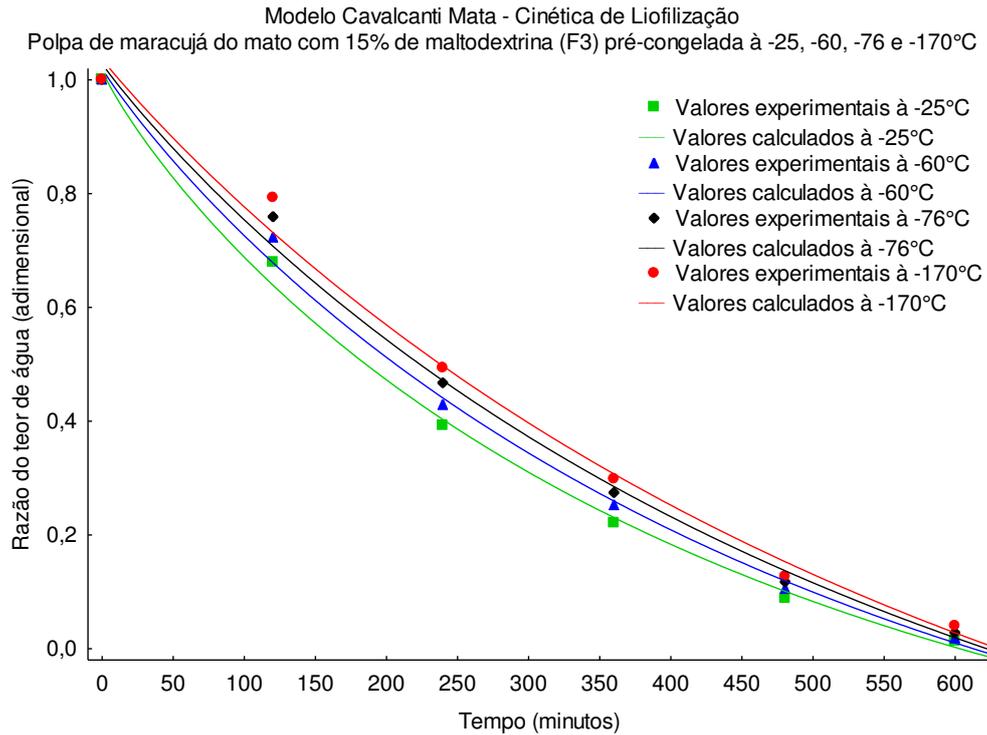


Figura 4.16 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

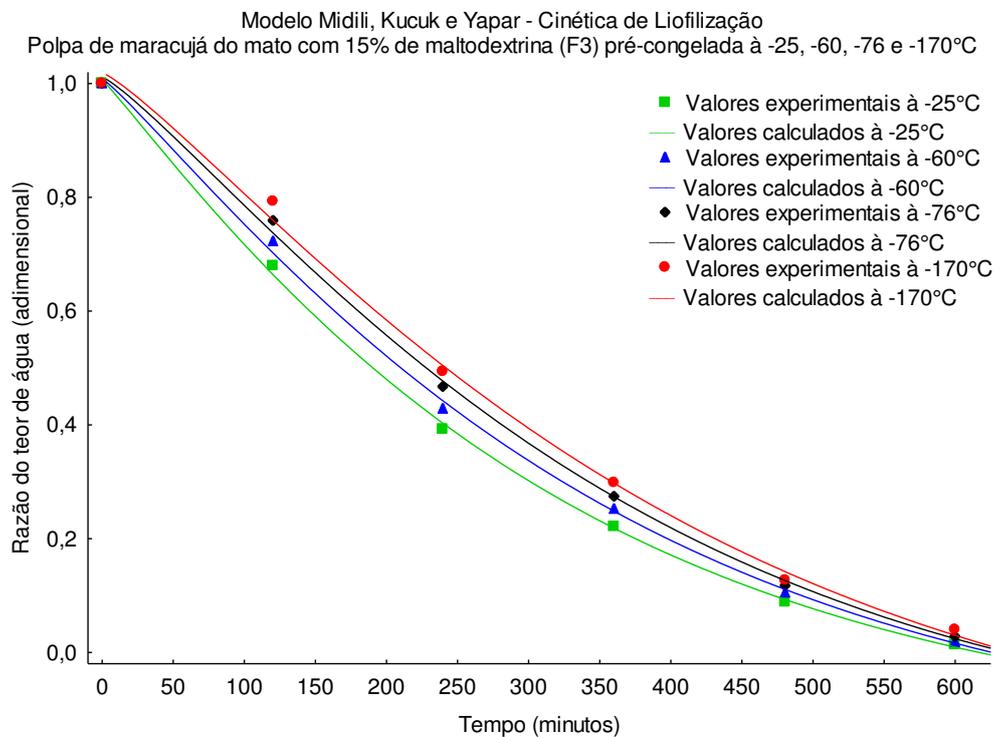


Figura 4.17 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 15% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Nas Figuras 4.18 a 4.20 encontram-se as curvas de cinética de secagem da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C ajustadas pelos modelos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente.

Nas Figuras 4.18 a 4.20 observa-se que a redução da razão do teor de água relacionada ao tempo de secagem é maior conforme a temperatura de congelamento da amostra é realizada em temperaturas mais baixas, semelhante aos comportamentos anteriores já apresentados neste trabalho. Evidencia-se também que a influência da temperatura de pré-congelamento e a remoção de água por sublimação é melhor observada nas curvas de liofilização conforme aumenta-se o teor de maltodextrina nas formulações, isto se deve ao aumento do teor de sólidos que ocorre com a adição da maltodextrina, que exerce influencia na redução no caráter amorfo-vitreoso das amostras.

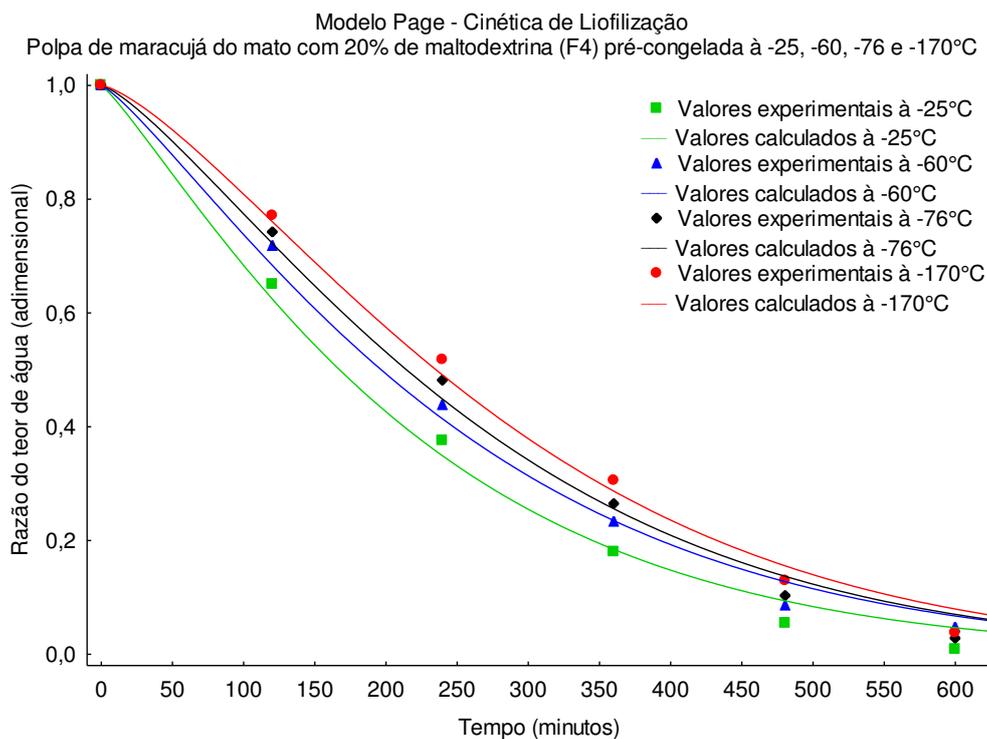


Figura 4.18 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

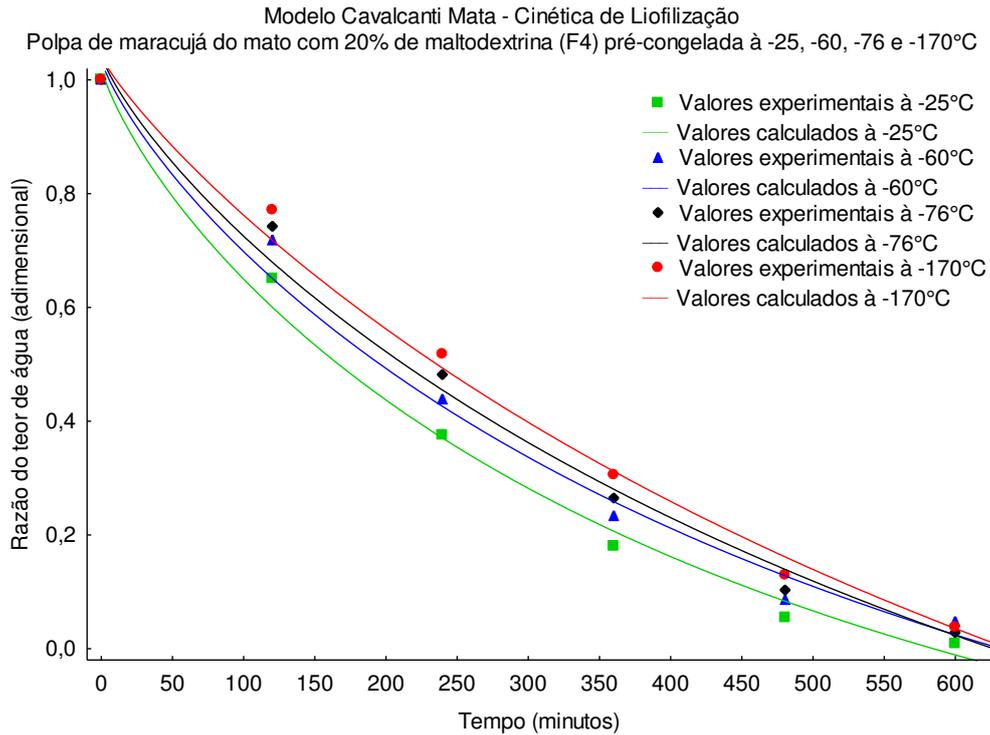


Figura 4.19 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

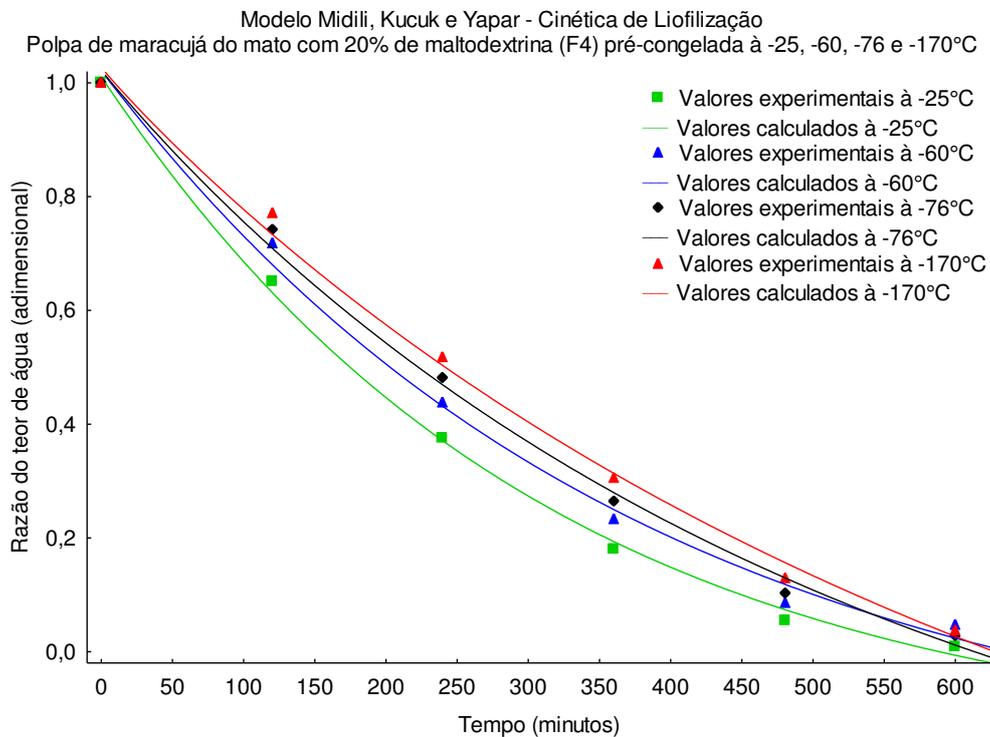


Figura 4.20 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 20% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

A característica de matriz amorfa vítrea nos alimentos pode ser formada em materiais com elevado teor de água quando submetidos a processos onde a temperatura decresce rapidamente até abaixo do ponto de fusão ou quando a água é rapidamente removida por evaporação ou ainda pela formação de gelo e que após a fusão de polímeros cristalinos (como os açúcares), pode ocorrer formação de um estado sólido-vítrea nos alimentos caso estes sejam ainda mais resfriados (SLADE & LEVINE (1991), GOFF (1992) e ROOS (1995)). Este fenômeno de transição vítrea-amorfa pode ter ocorrido nas amostras com ausência de maltodextrina (FC= 100% de maracujá do mato) e na formulação com menor percentual de maltodextrina (F1= Maracujá do mato com 5% de maltodextrina), tendo em vista que o teor de sólidos interfere diretamente na etapa de congelamento anterior à liofilização e este congelamento por sua vez interfere diretamente na taxa de secagem durante o processo de remoção de água por sublimação.

Nas Figuras 4.21 a 4.23 apresentam-se as curvas de cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrinas pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, com ajuste dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente. Nestas se observa que a remoção de água foi mais lenta nas polpas de maracujá do mato com 25% de maltodextrinaé pré-congeladas com temeperaturas mais baixas de -76°C e -170°C. Verifica-se ainda que a maior perda de água se deu para as amostras pré-congeladas na temperatura de congelamento lento, a -25°C.

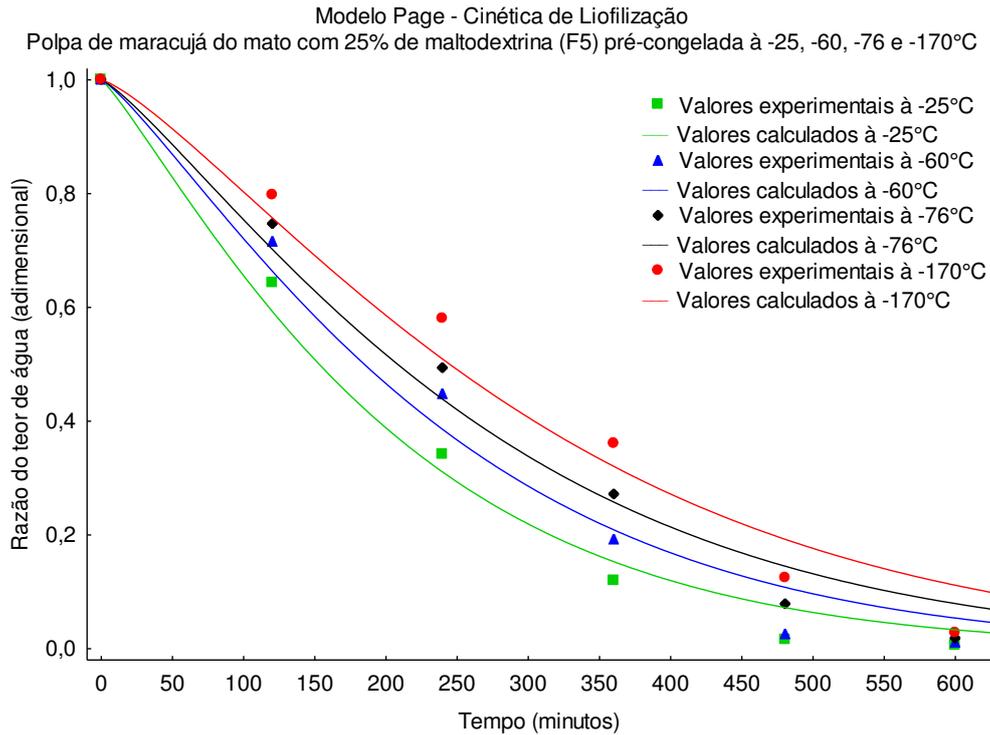


Figura 4.21 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

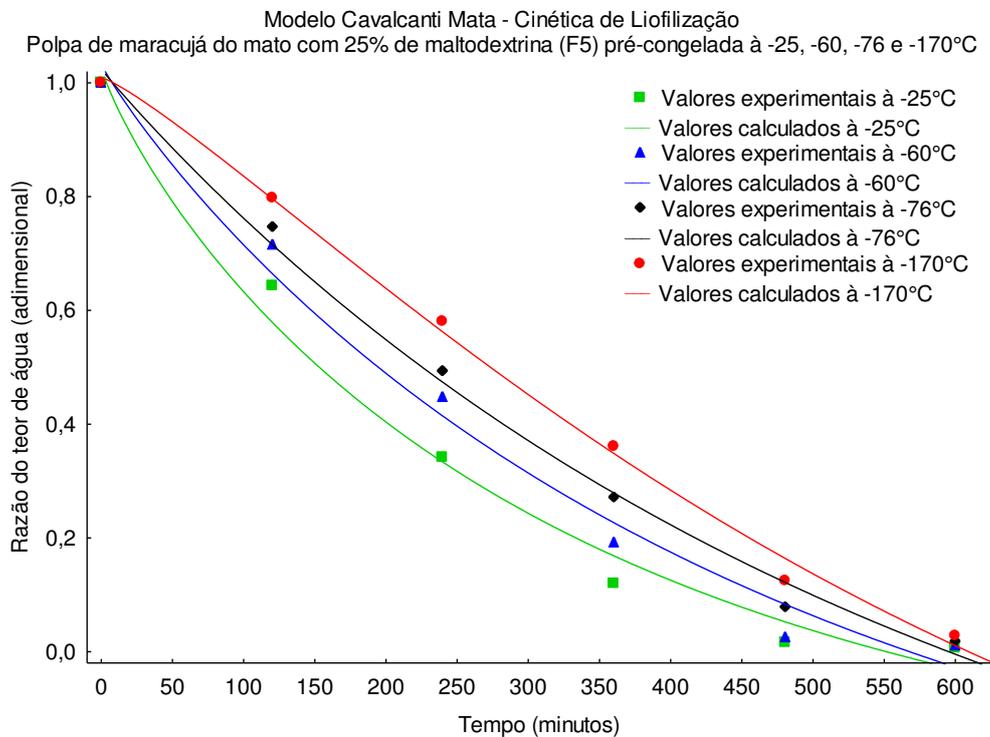


Figura 4.22 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

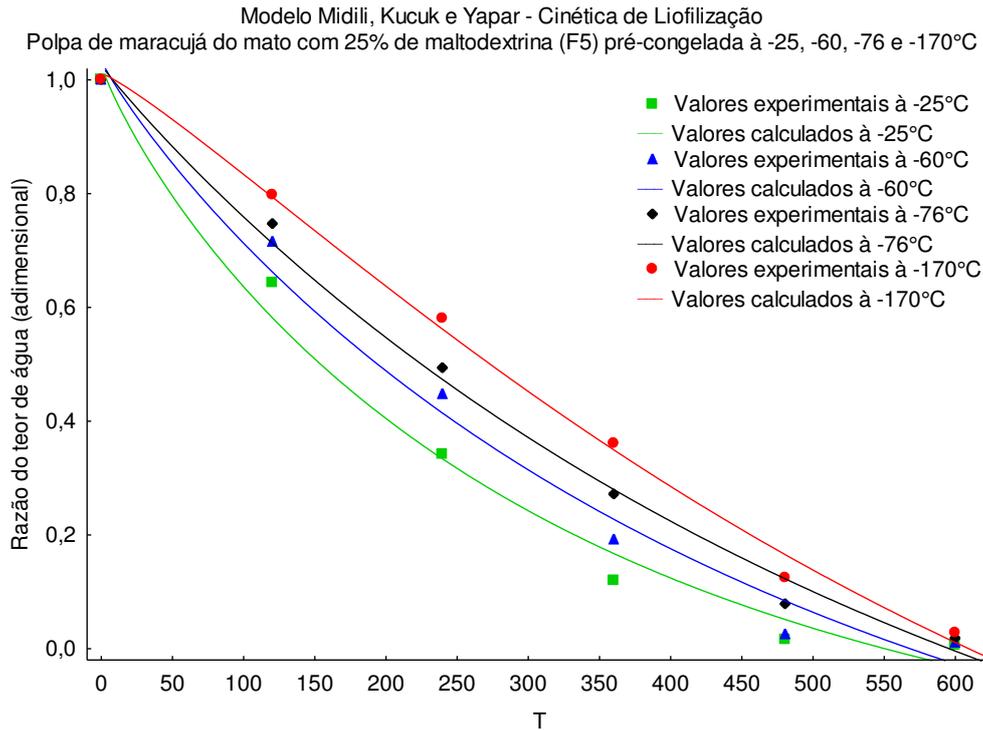


Figura 4.23- Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 25% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Nas Figuras 4.24 a 4.26 apresentam-se as curvas de cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, com ajuste dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, respectivamente. Nestas figuras observa-se uma maior redução do teor de água com a redução da temperatura de congelamento das amostras. O tempo de secagem verificado para as amostras foi de 14h, 18h, 18h e 24h nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C, respectivamente.

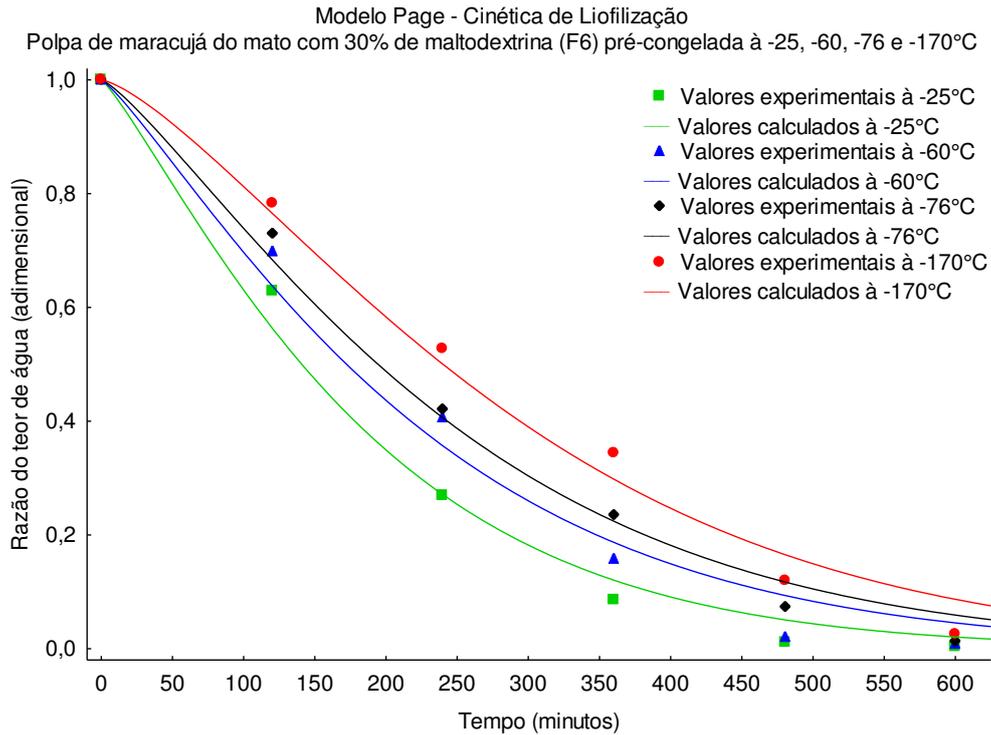


Figura 4.24 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

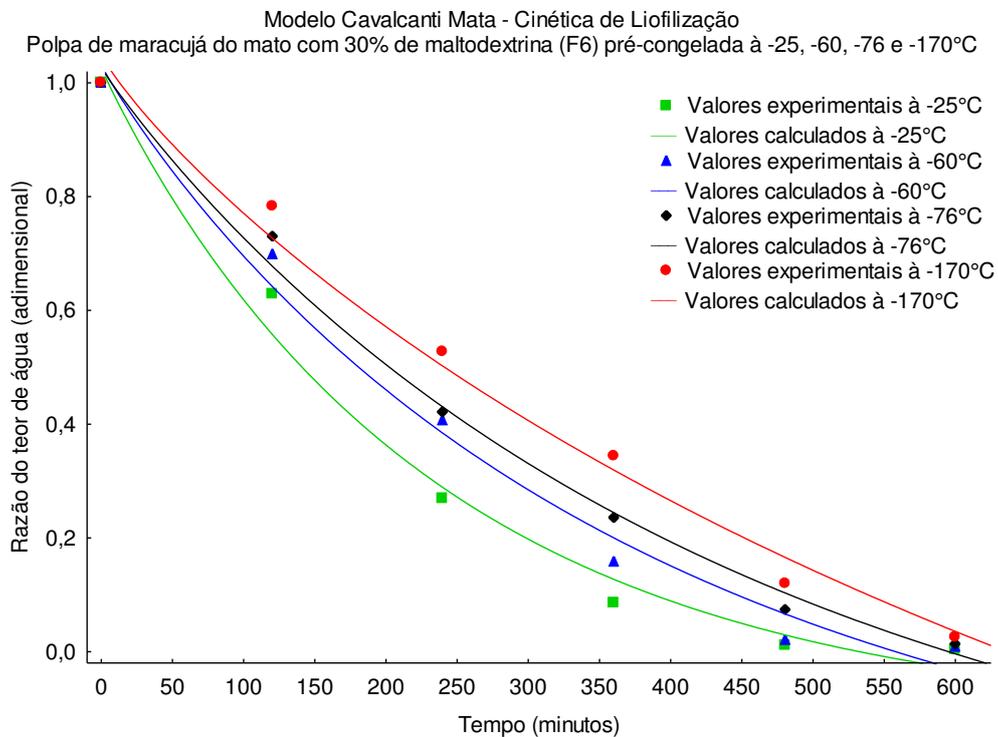


Figura 4.25 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Cavalcanti Mata para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

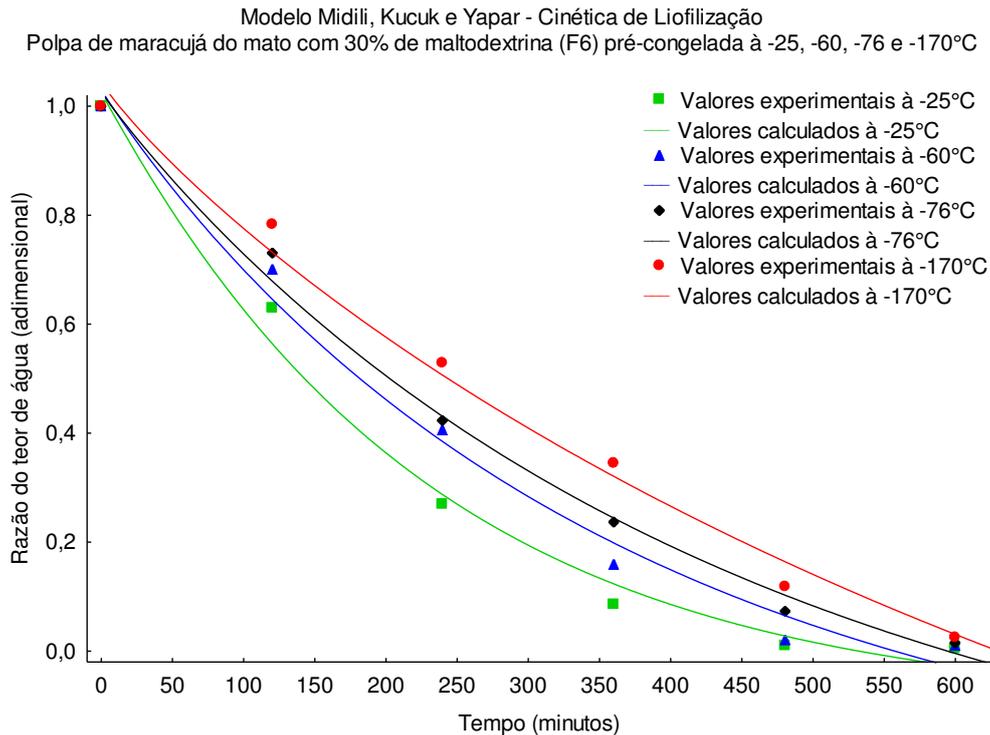


Figura 4.26 - Dados experimentais e calculados pelo modelo de Midili, Kucuk e Yapar para a liofilização da polpa de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Observando as Figuras 4.6 a 4.26 verifica-se que conforme aumenta-se o teor de maltodextrina nas formulações, mais evidente torna-se a influencia da velocidade de pré-congelamento durante à liofilização, percebendo-se que quanto mais alta a temperatura de pré-congelamento mais fácil torna-se a remoção de água da amostra. Tal resultado pode ser atribuído à quantidade de água livre nas amostras e a características amorfas das amostras, pois alguns polímeros encontrados em alimentos como os carboidratos (açúcares, pectina e amido) e proteínas são termoplásticos e existem, frequentemente, num estado amorfo metaestável que é muito sensível a mudanças na temperatura e no teor de água.

As Tabelas 4.1 a 4.7 apresentam os parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização das polpas de maracujá do mato *in natura* (FC) e das formulações de polpa de maracujá do mato adicionadas de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% de maltodextrina (F1, F2, F3, F4, F5 e F6) pré-congeladas nas temperaturas de -25°C, -60°C, -76°C e -170°C.

Na Tabela 4.1 estão os valores dos parâmetros estimados, coeficiente de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) obtidos através do ajuste dos modelos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk e Yapar para a cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato *in natura* (FC) pré-congeladas nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C . Vê-se nesta Tabela que para todos os modelos estudados, os coeficientes de determinação (R^2) ficaram acima de 98,64, P abaixo de 1,8416, SE e DQM abaixo de 0,0307 e 0,0325, respectivamente. Isto confirma que todos os modelos tiveram bom ajuste aos dados obtidos experimentalmente.

Tabela 4.1 Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato *in natura*.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
FC	-25	0,000482	1,390379	-	-	-	-	99,24	1,5213	0,0125	0,0006
	-60	0,000291	1,467033	-	-	-	-	99,15	1,8416	0,0156	0,0010
	-76	0,000227	1,495682	-	-	-	-	99,46	1,3725	0,0138	0,0008
	-170	0,000129	1,564554	-	-	-	-	99,42	1,2024	0,0149	0,0009
Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata											
Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	0,687632	0,003926	0,920149	0,687242	0,921044	-0,358699	99,29	1,4055	0,0253	0,0007	
-60	0,686887	0,002916	0,955373	0,729665	0,957291	-0,400920	99,32	0,8538	0,0224	0,0005	
-76	0,750403	0,002421	0,964990	0,755590	0,963709	-0,487554	99,59	0,7515	0,0202	0,0004	
-170	0,770675	0,001199	1,069554	0,767315	1,070318	-0,497424	98,97	1,0181	0,0307	0,0010	
Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar											
Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	1,335700	0,003516	0,947236	-0,321244	-	-	99,34	1,3456	0,0136	0,0224	
-60	1,417934	0,002940	0,954800	-0,402094	-	-	99,31	0,8577	0,0131	0,0229	
-76	1,510063	0,002444	0,962134	-0,491431	-	-	99,59	0,7557	0,0117	0,0176	
-170	1,703375	0,001693	0,989508	-0,654561	-	-	98,64	1,2130	0,0192	0,0325	

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato)

Analisando os valores dos parâmetros K e n apresentados na Tabela 4.1, observa-se que quanto menor a temperatura de pré-congelamento das amostras menor a redução nos valores de K e aumento nos valores de n. Isto pode ser justificado pelo fato de haver uma redução na quantidade de água removida das amostras pré-congeladas em temperaturas mais baixas. Essa redução da taxa de sublimação dá-se devido à formação dos cristais de gelo de menor tamanho.

Na Tabela 4.2 estão os parâmetros estimados, coeficiente de determinação (R^2), desvios médios quadráticos (DQM) e erro médio percentual (P), obtidos através do ajuste dos modelos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar para a cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato adicionada de 5% de maltodextrina, pré-congeladas nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C . Vê-se nesta Tabela que para todos os modelos estudados, os coeficientes de determinação (R^2) ficaram acima de 99,11 e o erro P abaixo de 2,023, com base nesses resultados pode-se dizer que todos os modelos tiveram bom ajuste aos dados obtidos experimentalmente em todas as temperaturas de congelamento (-25°C , -60°C , -76°C e -170°C). No entanto, observando os coeficientes de determinação (R^2), o DQM e erro médio P para cada modelo analisado, vê-se que para a cinética de liofilização da polpa de maracujá do mato com 5% de maltodextrina na temperatura de congelamento de -25°C , -60°C , -76°C e -170°C os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram os de Cavalcanti Mata e de Midili, Kucuk & Yapar, apresentando valores de R^2 acima de 99,54 e 99,29%, respectivamente e os menores valores de P para todas as temperaturas estudadas.

Tabela 4.2. Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), da cinética de liofilização de maracujá do mato com 5% de maltodextrina.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page											
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
F1	-25	0,000473	1,367223	-	-	-	-	98,97	2,0233	0,0177	0,0013	
	-60	0,000295	1,431925	-	-	-	-	99,11	1,6919	0,0158	0,0010	
	-76	0,000184	1,502808	-	-	-	-	99,35	1,3678	0,0130	0,0007	
	-170	0,000138	1,535482	-	-	-	-	99,29	0,8895	0,0128	0,0007	
	Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata											
	Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
	-25	0,732969	0,002277	0,976449	0,725911	0,974438	-0,459842	99,78	0,5621	0,0125	0,0002	
	-60	0,955092	0,002138	0,932020	0,831654	0,930317	-0,777326	99,81	0,4188	0,0102	0,0001	
	-76	0,971596	0,002124	0,916429	0,947334	0,914245	-0,896043	99,65	0,6275	0,0222	0,0005	
	-170	1,126982	0,001877	0,911757	0,961751	0,912140	-1,05888	99,54	0,7646	0,0240	0,0006	
	Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar											
	Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	1,393323	0,002003	1,008554	-0,396502	-	-	99,77	0,6091	0,0080	0,0126		
-60	1,437445	0,001292	1,064802	-0,439474	-	-	99,87	0,4506	0,0057	0,0096		
-76	1,513093	0,001145	1,068749	-0,507107	-	-	99,88	0,2677	0,0050	0,0092		
-170	1,622493	0,000798	1,101859	-0,619634	-	-	99,29	0,8895	0,0147	0,0219		

Onde: F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina).

Na Tabela 4.3 vê-se os parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 10% de maltodextrina, onde pode-se observar que todos os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais obtidos, pois apresentam coeficiente de determinação (R^2) acima de 99,14 e DQM abaixo de 0,2311. Analisando as Tabela 4.3 em virtude das diferentes temperaturas de congelamento observa-se o destaque no ajuste do modelo de Midili, Kucuk & Yapar para as amostras liofilizadas que foram congeladas a -25°C , -60°C , 76°C e -170°C , tendo em vista que apresentaram R^2 acima de 99,74, DQM variando de 0,5073 a 0,3348 e P variando de 0,0069 a 0,0858.

Os valores do parâmetro K decrescem com a redução da temperatura de congelamento em todos os modelos estudados, este fato está relacionado com a facilidade da migração de água das amostras para o ambiente. Enquanto o parâmetro n aumenta com a redução da temperatura de congelamento das amostras.

Tabela 4.3 Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 10% de maltodextrina.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F2	-25	0,000841	1,265631	-	-	-	-	99,47	1,3077	0,0105	0,0004
	-60	0,000649	1,286434	-	-	-	-	99,51	0,5071	0,0093	0,0004
	-76	0,000482	1,323193	-	-	-	-	99,63	0,3932	0,0049	0,0001
	-170	0,000416	1,328789	-	-	-	-	99,33	0,3819	0,0072	0,0002
Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata											
Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	1,338515	0,007501	0,728955	0,490579	0,729757	-0,795930	99,34	1,1174	0,0269	0,0007	
-60	1,164566	0,006089	0,746728	0,728242	0,743039	-0,856109	99,28	0,9860	0,0233	0,0005	
-76	1,160268	0,005616	0,755290	0,720591	0,755404	-0,835486	98,89	0,9362	0,0248	0,0006	
-170	1,049543	0,003996	0,791007	0,933950	0,789535	-0,939082	98,87	0,9612	0,0349	0,0012	
Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar											
Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	1,480228	0,003327	0,908577	-0,474005	-	-	99,93	0,3239	0,0047	0,0071	
-60	1,394479	0,001811	1,008406	-0,396442	-	-	99,99	0,1008	0,0012	0,0019	
-76	1,360340	0,001325	1,058782	-0,359461	-	-	99,97	0,2529	0,0022	0,0044	
-170	1,305384	0,000524	1,204367	-0,320682	-	-	99,84	0,4453	0,0067	0,0096	

Onde: F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina).

Na Tabela 4.4 encontram-se relacionados os parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos de Page, Cavalvanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar, além de seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), desvio quadrático médio (DQM) e erro médio percentual (P) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 15% de maltodextrina. Nesta tabela vê-se que todos os modelos ajustaram-se bem aos dados experimentais, pois os coeficientes de determinação estão acima de 99,10%, os valores de P abaixo de 1,977 e SE abaixo de 0,269. Porém o modelo de Midili, Kucuk & Yapar foi o que melhor se ajustou aos dados em todas as temperaturas de pré-congelamento, tendo em vista que apresentou valores de R^2 variando de 99,94 a 99,73, valores de P variando de 1,091 a 0,391 e valores de SE abaixo de 0,0144.

Tabela 4.4 Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 15% de maltodextrina.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F3	-25	0,002268	1,107767	-	-	-	-	99,10	1,0174	0,0128	0,0007
	-60	0,002024	1,112571	-	-	-	-	99,61	1,2537	0,0149	0,0009
	-76	0,001024	1,217947	-	-	-	-	98,92	1,0919	0,0144	0,0008
	-170	0,000865	1,236474	-	-	-	-	98,56	1,2652	0,0165	0,0011
	Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata										
	Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F3	-25	0,706597	0,004722	0,878172	0,689226	0,878588	-0,377590	99,66	1,1174	0,0269	0,0007
	-60	0,727009	0,003186	0,922734	0,719269	0,931847	-0,425339	99,61	1,9770	0,0089	0,0002
	-76	0,784087	0,002532	0,948384	0,738494	0,947253	-0,493657	99,42	1,3728	0,0103	0,0002
	-170	0,864036	0,002106	0,961908	0,737841	0,963227	-0,564934	99,14	1,2445	0,0124	0,0004
	Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar										
	Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F3	-25	1,156662	0,002019	1,076905	-0,150268	-	-	99,94	0,3927	0,0035	0,0065
	-60	1,181091	0,001366	1,125877	-0,172627	-	-	99,90	0,4819	0,0041	0,0084
	-76	1,183771	0,000864	1,194236	-0,172353	-	-	99,89	0,3914	0,0048	0,0089
	-170	1,229298	0,000754	1,200613	-0,210251	-	-	99,73	1,0919	0,0144	0,0008

Onde: F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina).

Na Tabela 4.5 têm-se os valores dos parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midilli, Kucuk & Yapar com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 20% de maltodextrina.

Observando os valores de coeficiente de determinação (R^2), os desvios quadráticos médios e os valores de erro médio percentual, é possível afirmar que todos os modelos aplicados se ajustaram bem aos dados experimentais pois os coeficientes e a determinação calculados foram acima de 98,72, os desvios quadráticos médios todos abaixo de 0,0199, o erro médio percentual abaixo de 6,957 e desvio-padrão da estimativa abaixo de 0,4038. Porém observando os parâmetros de cada modelo apresentados na Tabela 4.5 e relacionando os mesmos às temperaturas de pré-congelamento utilizadas, temos que o modelo Modelo Midilli, Kucuk & Yapar foi o que melhor se ajustou aos dados das amostras congeladas à -25°C , -60°C , -76°C e -170°C .

Os valores de K e n apresentaram o mesmo comportamento observado nas amostras de maracujá do mato *in natura* (FC), com 5% de maltodextrina (F1), com 10% de maltodextrina (F2) e com 15% de maltodextrina (F3) onde há um crescimento dos valores de n e uma redução dos valores de K conforme menor é a temperatura de pré-congelamento das amostras.

Tabela 4.5 Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 20% de maltodextrina.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F4	-25	0,001777	1,165129	-	-	-	-	99,42	3,7039	0,0111	0,0007
	-60	0,001109	1,218888	-	-	-	-	99,44	2,0250	0,0103	0,0005
	-76	0,000624	1,306357	-	-	-	-	99,35	2,7531	0,0117	0,0008
	-170	0,000363	1,383480	-	-	-	-	99,48	2,3158	0,0104	0,0005
Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata											
Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	0,810367	0,007589	0,793635	0,655958	0,795853	-0,442165	99,32	6,9578	0,0261	0,0006	
-60	0,819361	0,005858	0,806604	0,754623	0,809974	-0,537234	98,72	4,4484	0,0351	0,0010	
-76	0,844979	0,004629	0,810085	0,971107	0,810921	-0,771329	98,82	2,0843	0,0324	0,0011	
-170	0,898691	0,002912	0,872643	0,968092	0,872903	-0,825216	99,11	1,2495	0,0268	0,0009	
Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar											
Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	1,180550	0,003025	1,013205	-0,170240	-	-	99,83	0,8241	0,0086	0,0114	
-60	1,243003	0,002562	1,008431	-0,221669	-	-	99,44	1,0435	0,0134	0,0199	
-76	1,475934	0,002177	0,980781	-0,453404	-	-	99,57	0,8231	0,0114	0,0176	
-170	1,689106	0,001913	0,961662	-0,661360	-	-	99,52	0,4118	0,4083	0,0192	

Onde: F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina).

Na Tabela 4.6 têm-se os valores dos parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 25% de maltodextrina.

Observando os valores de coeficiente de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) e os valores de desvio quadráticos médios é possível afirmar que todos os modelos aplicados se ajustaram bem aos dados experimentais, pois os coeficientes de determinação calculados foram acima de 98,06, erro médio relativo (P) abaixo de 9,706, desvio-padrão da estimativa (SE) abaixo de 0,0416 e desvio quadrático médio (DQM) abaixo de 0,0338.

Tabela 4.6. Parâmetros e coeficientes dos modelos respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 25% de maltodextrina.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F5	-25	0,001969	1,165484	-	-	-	-	98,94	5,3578	0,0163	0,0010
	-60	0,001180	1,221592	-	-	-	-	98,06	5,1271	0,0212	0,0022
	-76	0,001001	1,225125	-	-	-	-	99,20	4,1001	0,0202	0,0026
	-170	0,000590	1,285144	-	-	-	-	97,26	3,9430	0,0253	0,0032
Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata											
Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	0,568785	0,007205	0,847188	0,746856	0,848753	-0,287012	98,71	6,6436	0,0374	0,0014	
-60	0,739324	0,003489	0,920083	0,743024	0,920484	-0,448854	98,62	6,9396	0,0416	0,0014	
-76	0,795618	0,001971	0,982094	0,781700	0,982522	-0,553204	99,41	9,7065	0,0233	0,0005	
-170	0,793386	0,000462	1,200696	0,785287	1,201009	-0,569062	99,66	5,4115	0,0166	0,0002	
Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar											
Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)	
-25	1,295596	0,006650	0,866410	-0,268091	-	-	98,79	3,1830	0,0214	0,0309	
-60	1,508915	0,003693	0,906181	-0,474346	-	-	99,56	1,9345	0,0214	0,0338	
-76	1,631638	0,002144	0,960321	-0,605713	-	-	99,35	0,7762	0,0140	0,0220	
-170	1,637910	0,000511	1,175789	-0,626396	-	-	99,63	0,6759	0,0124	0,0183	

Onde: F5 = Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina).

Na Tabela 4.7 têm-se os valores dos parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata e Midili, Kucuk & Yapar com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 30% de maltodextrina.

Observando os valores de coeficiente de determinação (R^2), os desvios quadráticos médios e os valores de erro médio percentual (P), é possível afirmar que todos os modelos aplicados se ajustaram bem aos dados experimentais pois os coeficientes e a determinação calculados foram acima de 98,28, os desvios quadráticos médios (DQM) abaixo de 0,0310 e os erros médios percentuais abaixo de 6,4402. Verificando na Tabela 4.7 os valores dos parâmetros de cada equação em função da temperatura de congelamento das amostras, é observado que o parâmetro K apresenta tendência decrescente conforme reduziu-se a temperatura de congelamento das amostras em todos os modelos ajustados.

Tabela 4.7. Parâmetros e coeficientes dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) da cinética de liofilização de maracujá do mato com 30% de maltodextrina.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F6	-25	0,001927	1,189438	-	-	-	-	99,11	5,4320	0,0261	0,0012
	-60	0,001443	1,199062	-	-	-	-	98,28	5,4576	0,0417	0,0023
	-76	0,000965	1,247994	-	-	-	-	99,14	3,5609	0,0272	0,0011
	-170	0,000368	1,375842	-	-	-	-	98,72	3,3990	0,0333	0,0015
	Parâmetros para o Modelo Cavalcanti Mata										
	Temperatura (°C)	a ₁	K	n ₁	a ₂	n ₂	B	R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F6	-25	0,545981	0,004965	0,972440	0,604901	0,972488	-0,124500	98,85	6,4402	0,0351	0,0016
	-60	0,669766	0,003751	0,941476	0,678566	0,942425	-0,316376	98,71	6,6325	0,0401	0,0017
	-76	0,706881	0,002946	0,957813	0,690374	0,955193	-0,370341	99,35	7,9014	0,0240	0,0008
	-170	0,886203	0,002836	0,860034	1,147640	0,858822	-0,982516	98,69	2,3006	0,0360	0,0016
	Parâmetros para o Modelo Midilli, Kucuk & Yapar										
	Temperatura (°C)	a	K	n	B			R ² (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
F6	-25	1,128342	0,004007	1,017902	-0,103698	-	-	99,03	3,5059	0,0164	0,0279
	-60	1,317562	0,003359	0,967331	-0,287230	-	-	98,81	2,4016	0,0232	0,0310
	-76	1,388207	0,002852	0,963624	-0,361933	-	-	99,37	0,8964	0,0131	0,0217
	-170	2,038864	0,002479	0,879813	-0,992456	-	-	98,90	1,2104	0,0200	0,0281

Onde: F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

Na Tabela 4.8 são apresentados os valores de coeficiente de sublimação (Ks), o parâmetro da equação linearizada de Arrhenius (Ao) e Energia de Ativação (Ea) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), desvio padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) para polpa de maracujá do mato in natura (FC) e suas formulações com 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% de maltodextrina (F1, F2, F3, F4, F5 e F6).

Os valores da difusividade efetiva e energia de ativação e demais informações obtidas pela modelagem matemática das curvas de secagem, são dados essenciais para o desenvolvimento, construção e aprimoramento de equipamentos de secagem (CELMA *et al.*, 2009).

Segundo AREVALO-PINEDO & MURR (2005), a duração do processo de secagem fornece informações sobre a velocidade de troca de calor entre o produto e o ar. Considerando ainda que a difusividade efetiva é uma importante propriedade de transporte, muito útil na análise dos processos de processamento dos produtos, como a secagem. De forma análoga à difusividade efetiva (Def) o coeficiente de sublimação (Ks) descreve a velocidade de saída de água do produto submetido ao processo de liofilização e envolve os efeitos de todos os fenômenos que podem interferir sobre a migração da água, sendo seu valor obtido por meio do ajuste de valores experimentais (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Na Tabela 4.8 observa-se que na formulação FC (100% maracujá do mato) os valores médios do coeficiente de sublimação (Ks) variaram de $1,92 \times 10^{-9} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ a $1,42 \times 10^{-9} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ e na formulação F6 (maracujá do mato + 30% maltodextrina) os valores variaram de $2,42 \times 10^{-9} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ a $1,37 \times 10^{-9} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ evidenciando uma redução no coeficiente de sublimação à medida que a temperatura de pré-congelamento foi mais baixa, ou seja, quanto mais baixa a temperatura de pré-congelamento mais difícil foi a remoção de água da polpa de maracujá do mato durante a liofilização. Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) variaram de 94,84 a 86,90%, sendo os maiores valores observados para as amostras pré-congeladas na temperatura de -25°C em todas as formulações.

Poucos trabalhos levam em consideração a cinética de secagem nos processos de liofilização de frutas, sendo mais encontrados trabalhos que estudam a difusividade efetiva a altas temperaturas em outros métodos de secagem. VIEIRA *et al* (2012) liofilizando abacaxi em fatias com diferentes espessuras (0,5, 1,0 e 1,5 mm) e diferentes temperaturas de congelamento lento (-14 , -24 e -34°C) observou que a difusividade efetiva, sendo neste trabalho denominada de coeficiente de sublimação (Ks) foi

fortemente influenciada pelas condições de congelamento da fatia, tendo em vista que estas temperaturas influenciam na taxa de congelamento do material. VIEIRA *et al* (2012) obteve valores de difusividade efetiva variando de $1,93$ a $4,08 \times 10^{-10} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ para a temperatura de -14°C , de $3,52$ a $5,90 \times 10^{-10} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ para a temperatura de -24°C e $1,17$ a $5,19 \times 10^{-10} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ para a temperatura de -34°C , concluindo que quanto ao efeito da temperatura de congelamento das amostras, os maiores valores de difusividade foram observados na temperatura de congelamento intermediária. Na Tabela 4.8 observa-se que os valores de coeficiente de sublimação (K_s) para as formulações de maracujá do mato foram superiores aos encontrados por VIEIRA *et al* (2012) tendo em vista valores com casa decimal da ordem de $10^{-9} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$, isto pode ser justificado pelo fato da diferença de condição física dos materiais submetidos à liofilização nos dois trabalhos, tendo em vista que VIEIRA *et al* (2012) liofilizaram fatias de abacaxi, tendo assim uma barreira mais difícil a ser transposta pela água quando comparada à condição de polpa formulada de maracujá do mato, que foi o caso do presente estudo.

Tabela 4.8. Valores de coeficiente de sublimação (K_s) e parâmetros da equação linearizada de Arrhenius e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P), do desvio-padrão da estimativa (SE) e do desvio quadrático médio (DQM) para polpa de maracujá do mato *in natura* e suas formulações adicionadas de maltodextrina.

Formulação	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Parâmetros			
		K_s ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)	R^2 (%)	P (%)	SE (%)
FC	-25	$1,92 \times 10^{-9}$	93,35	3,9041	0,0831
	-60	$1,81 \times 10^{-9}$	92,38	4,0605	0,0522
	-76	$1,67 \times 10^{-9}$	91,72	4,0900	0,0484
	-170	$1,42 \times 10^{-9}$	87,23	4,7120	0,0538
Parâmetros					
	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	K_s ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)	R^2 (%)	P (%)	SE (%)
F1	-25	$1,68 \times 10^{-9}$	93,29	3,4200	0,0897
	-60	$1,53 \times 10^{-9}$	91,94	3,6373	0,0529
	-76	$1,44 \times 10^{-9}$	90,80	3,9024	0,0481
	-170	$1,32 \times 10^{-9}$	89,81	3,9585	0,0497

(continuação)

Formulação	Temperatura (°C)	Parâmetros			
		K_s (m ² . s ⁻¹)	R ² (%)	P (%)	SE (%)
F2	-25	1,66 x 10 ⁻⁹	94,31	3,0393	0,0773
	-60	1,44 x 10 ⁻⁹	93,80	2,8297	0,0421
	-76	1,32 x 10 ⁻⁹	92,97	2,8347	0,0354
	-170	1,18 x 10 ⁻⁹	91,83	2,8971	0,0400
Parâmetros					
	Temperatura (°C)	K_s (m ² . s ⁻¹)	R ² (%)	P (%)	SE (%)
F3	-25	1,81 x 10 ⁻⁹	94,48	3,0841	0,0467
	-60	1,65 x 10 ⁻⁹	93,04	3,2016	0,0459
	-76	1,52 x 10 ⁻⁹	91,46	3,6742	0,0421
	-170	1,42 x 10 ⁻⁹	89,92	3,9595	0,0446
Parâmetros					
	Temperatura (°C)	K_s (m ² . s ⁻¹)	R ² (%)	P (%)	SE (%)
F4	-25	1,97 x 10 ⁻⁹	94,84	2,1971	0,0377
	-60	1,66 x 10 ⁻⁹	93,16	3,4463	0,0455
	-76	1,55 x 10 ⁻⁹	91,52	5,2741	0,0458
	-170	1,41 x 10 ⁻⁹	90,36	4,9364	0,0473
Parâmetros					
	Temperatura (°C)	K_s (m ² . s ⁻¹)	R ² (%)	P (%)	SE (%)
F5	-25	2,18 x 10 ⁻⁹	94,11	7,1650	0,0812
	-60	1,80 x 10 ⁻⁹	90,97	4,6507	0,0526
	-76	1,56 x 10 ⁻⁹	90,41	5,8263	0,0492
	-170	1,29 x 10 ⁻⁹	86,90	5,7164	0,0577
Parâmetros					
	Temperatura (°C)	K_s (m ² . s ⁻¹)	R ² (%)	P (%)	SE (%)
F6	-25	2,42 x 10 ⁻⁹	94,41	7,3838	0,0735
	-60	1,94 x 10 ⁻⁹	91,86	4,9970	0,0471
	-76	1,71 x 10 ⁻⁹	92,13	5,6277	0,0434
	-170	1,37 x 10 ⁻⁹	88,89	5,5215	0,0526

Onde: FC = Formulação Controle (100% Maracujá do Mato), F1 = Formulação 1 (Maracujá do Mato + 5% Maltodextrina); F2 = Formulação 2 (Maracujá do Mato + 10% Maltodextrina); F3 = Formulação 3 (Maracujá do Mato + 15 % Maltodextrina), F4 = Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); F5= Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e F6 = Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina)

4.4.2 – Caracterização química e físico-química dos pós de maracujá do mato

Na Tabela 4.9 encontram-se os valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina (F4, F5 e F6), nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.

Tabela 4.9 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.

Parâmetros	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina(%)		
		Pó F4	Pó F5	Pó F6
Teor de água (% b.u.)	-25°C	9,6533 aA	7,6067aB	6,8500 aC
	-60°C	8,4300 bA	6,3100 bB	5,5267 bC
	-76°C	8,1633 bA	6,2300bB	5,2800 bC
pH	-25°C	2,4200 bC	3,2900 aB	3,3700 aA
	-60°C	3,2700 aB	3,3100 aA	3,3100 bA
	-76°C	3,2533 aB	3,2400 bB	3,2900 bA
Sólidos solúveis totais (°Brix)	-25°C	10,0000 aAB	10,1000 aA	9,9667 bB
	-60°C	10,0333 aA	10,0667 aA	10,1000 aA
	-76°C	10,0333 aA	10,0667 aA	10,0000 abA
Acidez total titulável (% ácido citríco)	-25°C	222,3767 aA	188,8800 cB	156,2967 cC
	-60°C	223,2067 aA	196,2167 bB	189,2567 aC
	-76°C	224,0967 aA	210,9400 aB	172,5400 bC
SST/ATT (ratio)	-25°C	22,2377 aA	18,7010 cB	15,6831 cC
	-60°C	22,2470 aA	19,4927 bB	18,7397 aC
	-76°C	22,3374 aA	20,9548 aB	17,2540 bC
Açúcares redutores (% glicose)	-25°C	13,8400 bA	13,3367 aB	13,4467 aB
	-60°C	14,5933 aA	11,5467 bB	11,0800 bC
	-76°C	12,7033 cB	13,3900 aA	10,6200 cC
Açúcares totais (% glicose)	-25°C	15,4067 cB	15,6167 aB	16,3267 aA
	-60°C	17,1867 aA	14,5867 bC	16,4433 aB
	-76°C	16,2600 bA	14,6367 bB	14,1500 bC
Açúcares não redutores (% sacarose)	-25°C	1.5667 cC	2.2800 bB	2.8800 cA
	-60°C	2.5933 bC	3.0400 aB	5.3633 aA
	-76°C	3.5567 aA	1.2467 cB	3.5300 bA

(continuação)

Parâmetros	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina(%)		
		Pó F4	Pó F5	Pó F6
Minerais	-25°C	1.0867 cB	1.4433 cA	0.9933 cC
	-60°C	2.2967 bA	1.8767 bB	1.1033 bC
	-76°C	2.4800 aA	2.2067 aB	1.9500 aC
Energia	-25°C	347.9333 cB	358.4033 bB	361.7000 bA
	-60°C	357.8067 aB	367.7400 aA	367.4267 aA
	-76°C	346.6533 cB	356.9767 bB	368.5000 aA
Proteínas (s)	-25°C	3.2133 bA	2.6833 bB	2.3467 cB
	-60°C	3.2833 aA	2.7167 bA	2.3533 cB
	-76°C	3.2233 bA	2.7267 bA	2.7000 cA
Carboidratos	-25°C	82.1200 bC	84.9900 bB	86.8333 bA
	-60°C	85.1333 aC	88.0333 aB	88.6033 aA
	-76°C	82.1800 bC	84.8000 bB	88.4800 aA

Onde: Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey para as linhas e Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey para as colunas. Pó F4 = Pó obtido da Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); Pó F5 = Pó obtido da Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e Pó F6 = Pó obtido da Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

O teor de água foi maior em F4 com 20% de maltodextrina, com diferença significativa entre as temperaturas de pré-congelamento anteriores à liofilização, com 9,65%, para -25°C. As formulações F5 e F6 repetiram o mesmo comportamento observado em F4 para o teor de água, estando com maiores valores em -25°C de 7,61 e 6,85, respectivamente para os tratamentos com 25% e 30% de maltodextrina.

Considerando-se isoladamente o teor de maltodextrina das amostras observou-se que os maiores teores de água se encontraram nos tratamentos com o menor teor de maltodextrina, com leve diminuição com o aumento do gradiente térmico, não havendo diferença significativa para as temperaturas de -60°C e -76 °C.

ANGEL *et al.* (2009), ao analisarem maracujá em pó obtido por *spray drying* com diferentes concentrações de lactose – maltodextrina, observaram teores de água entre 2,37% e 9,40%, cujos valores se encontram na faixa de aceitação dos parâmetros de qualidade para um produto em pó, sendo inferiores aos encontrados nesse trabalho.

O valor do teor de água após a desidração varia de acordo com a técnica, características do fruto e outros fatores. SILVA *et al.* (2009) encontraram teor de água de 4,53% em araticum liofilizado, enquanto MARTINS (2006) verificou valores superiores em torno de 10,40% em pó de marolo. FERREIRA e PENA (2010) encontraram valores médios de teor de água de 10,67% para casca de maracujá amarelo liofilizado,

valores superiores aos evidenciados neste trabalho. Resultados inferiores foram encontrados por GOMES *et al.* (2004) 4,074%, e inferiores ao determinado por LIMA *et al.* (1995) 15,79% de teor de água para o pó da acerola ambos obtidos em secador leito de joro.

O teor de água por ser abundante em vegetais é de extrema importância para seu armazenamento. Este constituinte varia entre 80% e 95% na composição dos frutos, o que dificulta as etapas de pós-colheita, comercialização e armazenamento prolongado. Portanto, são necessárias técnicas de redução da água em frutas para aumentar sua vida de prateleira, seja por concentração e/ou desidratação, técnicas que têm direta influência no rendimento dos produtos elaborados (CHITARRA e CHITARRA, 2005; JESUS *et al.*, 2004).

A variação do gradiente de temperatura e dos teores de maltodextrina das formulações dos pós de maracujá do mato liofilizados afetaram os valores de pH, com um leve aumento deste parâmetro quando se aumentava a concentração de maltodextrina. Os maiores valores foram encontrados nas concentrações de 30% de agente carreador, formulação F6.

O pH dos pós de maracujá do mato, independente da formulação encontram-se na faixa de segurança, do ponto de vista de tecnologia de alimentos. Os valores encontrados neste trabalho encontram-se próximos aos relatados por OLIVEIRA *et al.* (2009) em pó de murici liofilizado, de 3.63. Valores superiores foram descritos por OLIVEIRA *et al.* (2011) em sapoti liofilizado (5,58).

O conhecimento do pH dos alimentos possui interesse devido a sua influencia no sabor, desenvolvimento de microrganismos, tipo de material de limpeza e sanitização adequados, escolha de equipamento para sua industrialização, tipos de aditivos e outros fatores (CHAVES *et al.* 2004). Seguindo a classificação dos alimentos pelo pH, o pó de maracujá do mato apresenta-se como muito ácido.

Não houve diferença significativa entre os resultados de Sólidos Solúveis Totais (°Brix), exceto para F6 a -25 °C, com média de 9,97 °Brix. Normalmente observa-se variações no teor de sólidos solúveis (SS), podendo estar relacionada às características próprias dos frutos. Os principais fatores compreendem o local de produção, estágio de maturação dos frutos e a variedade analisada. As frutas com maior teor de SS reduzem proporcionalmente a quantidade de açúcar a ser adicionada na formulação para atingir a concentração de sólidos estabelecida para o produto final. Em função disto, as frutas com

os elevados teores de SS são desejáveis tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria (BEZERRA, 2013).

Para a Acidez Total Titulável (ATT), percebeu-se que o aumento do teor de maltodextrina diminui os valores de ATT, sendo menos influenciada pelo gradiente de temperatura de congelamento das amostras. Os valores encontrados foram altos para todas as amostras devido à concentração de ácido cítrico pela desidratação por sublimação.

MENESES *et al.* (2009) estudaram a estabilidade do pó de acerola verde obtido em estufa por circulação de ar e liofilização por um período de 180 dias e demonstraram uma redução da acidez titulável com o tempo de armazenamento, variando de 7,68% a 6,55% para o pó dos frutos obtidos por desidratação em estufa e 8,50% a 6,18% para o pó dos frutos obtidos por liofilização. Em estudo com sapoti em pó, OLIVEIRA, AFONSO e COSTA (2011) verificaram acidez titulável de 0,247 mg/100g de amostra. OLIVEIRA *et al.* (2007) observaram que, o aumento da concentração de maltodextrina favoreceu a menor retenção de cor e maior acidez em sucos desidratados de abacaxi e maracujá, comportamento inverso ao encontrado nesta pesquisa.

A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável fornece um indicativo do sabor da fruta, pois relaciona a quantidade de açúcares e ácidos presentes (PRADO, 2009). Os sólidos solúveis (SS) têm tendência de aumento com o avanço da maturação, enquanto a acidez titulável (AT) diminui com o amadurecimento, sendo assim, a relação SS/AT é diretamente proporcional aos SS e inversamente proporcional a AT (COCOZZA, 2003).

Observou-se que o ratio (SST/ATT) diminuiu com o aumento do teor de maltodextrina. Sugere-se que o valor inicial menor de SST nas formulações F5 e F6 influenciaram essa relação diretamente, mesmo ocorrendo uma diminuição na acidez nesses mesmos tratamentos. O Tratamento F4, com 30% de maltodextrina, não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) quando se relacionou a temperatura de congelamento, sendo os maiores valores registrados.

Pesquisa sobre a composição fenólica e atividade antioxidante de frutos tropicais revelou relação SST/ATT de 2,32 para polpa de maracujá amarelo liofilizado (PRADO 2009). Já MOURA (2010), no estudo da estabilidade do pó de acerola orgânica verde encontrou que a relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável não apresentou diferença significativa durante o período de armazenamento por 360 dias, observando valores médios de 219,67; valores muito superiores aos verificados neste estudo, para o maracujá do mato liofilizado.

Os açúcares redutores apresentaram maiores concentrações na formulação F4, submetidas a congelamento a -25°C e -60°C , decrescendo com o aumento de maltodextrina. Este comportamento só não foi claramente observado na temperatura de -76°C . Os açúcares totais também se encontraram maiores em F4, com exceção da temperatura de -25°C , enquanto que os açúcares não redutores foram registrados em F6, exatamente as amostras que continham maior quantidade de agente carreador, o que justifica este resultado.

Em estudo da caracterização de pó alimentício obtidos da casca de maracujá, UCHOA *et al.* (2008), constataram teor de açúcares redutores igual a 8,30% de glicose. Estudando a composição centesimal da casca do maracujá amarelo para três estádios de maturação, REOLON, BRAGA e SLAIBE (2009), determinaram teores de açúcares redutores variando de 16,47% a 19,66 % de matéria seca.

CAMARGO *et al.* (2008) no estudo da caracterização físico-química da polpa de maracujá-amarelo desidratada pelo método *foam-mat*, divulgaram teores de açúcares totais de 61,84%, resultados superiores aos obtidos neste trabalho.

Os valores mais expressivos de vitamina C foram encontrados na formulação F5. Percebeu-se que para todas as formulações, o aumento do gradiente térmico preservou melhor os teores de ácido ascórbico, inclusive sendo possível verificar estatisticamente esta diferença. CHOUDHURY *et al.* (2001) apontam que os teores de ácido ascórbico são dependentes do cultivar, época do ano, localização do pomar e do estádio de maturação e, que os maiores teores, são encontrados nos frutos “de vez” e na região próxima à casca dos frutos, pois o conteúdo segue um gradiente de fora para dentro do fruto.

Os minerais foram encontrados em maior quantidade em F4, com menor concentração de maltodextrina. Houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade entre F4, F5 e F6, devido ao aumento da concentração do agente carreador. Quando se considerou a mesma formulação, verificou-se que o aumento do gradiente térmico proporcionou maiores valores de minerais, com diferença significativa para as temperaturas de -25°C , -60°C e -76°C .

Valores próximos de minerais aos relatados neste estudo foram devidenciados reportados por UCHOA *et al.* (2008), 2,52%, para o pó da casca do maracujá e por PENA e MENDONÇA (2009) no estudo da secagem em camada delgada da fibra residual do maracujá, 2,0%. CAMARGO *et al.* (2008), constataram teores de 4,14% para pó de maracujá obtido pelo método *foam-mat*, valores superiores aos do estudo em questão.

Frutas tropicais normalmente não são consideradas fontes de lipídeos e proteínas. Os valores encontrados para estes parâmetros no maracujá do mato estão relacionados à retirada de água do produto pela liofilização o que proporcionou a concentração de nutrientes, não sendo considerado como um alimento rico em proteínas e/ou lipídeos.

É importante salientar que o valor energético do pó liofilizado de maracujá do mato se deu principalmente pelo seu conteúdo de carboidratos, tendo em vista que as outras fontes energéticas foram pouco expressivas, como o total de proteínas e lipídios. Observou-se que a maltodextrina favoreceu o aumento do valor energético do pó de maracujá do mato, devido aos maiores percentuais de carboidratos determinados na formulação F6.

4.4.3 - Caracterização física dos pós de maracujá do mato

Na Tabela 4.10 têm-se os valores médios dos parâmetros físicos dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina (F4, F5 e F6) nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.

Os valores da atividade de água apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) com a redução das temperaturas de congelamento e com o aumento da concentração de maltodextrina nas formulações. MARQUES (2008) estudou a variação da atividade de água (a_w) a 30°C da acerola durante a liofilização com congelamento em freezer convencional, nitrogênio líquido N_2 (l) e vapor de nitrogênio N_2 (v) e verificou que em todos os congelamentos a atividade de água diminui com o tempo de secagem, ou seja, quanto maior o tempo de liofilização menor a atividade de água do produto final e tem-se que o congelamento a temperaturas mais baixas estende o tempo de liofilização, logo, MARQUES (2008) verificou que a atividade de água do material congelado no freezer convencional era significativamente maior que os valores apresentados para o congelamento no N_2 (l) e N_2 (v), o que corrobora com os valores de atividade de água encontrados para os pós de maracujá do mato, tendo em vista que os pós congelados à -76°C obtiveram valores de atividade de água variando em 0,29 a 0,20 nas formulações F4 e F6 respectivamente; 0,29 a 0,22 nas mesmas formulações a -60°C e 0,41 a 0,25 também para as formulações F4 a F6 quando congeladas a -25°C. Estas diferenças nos valores de atividade de água ocorrem porque as diferentes técnicas de congelamento resultam em estruturas celulares diferentes e produtos com estruturas

porosas distintas. MARQUES (2008) justifica este comportamento na suposição de que os danos causados na estrutura celular pelo congelamento lento ocasionam a imobilização da molécula de água na estrutura dos polissacarídeos pécnicos, formando a água estrutural responsável pela elevada atividade de água durante a liofilização.

De acordo com BEZERRA (2009), uma atividade de água elevada, implica numa maior quantidade de água livre disponível para as reações químicas e conseqüentemente, vida útil mais curta, equanto a redução na atividade de água impede o desenvolvimento microbiano e inibe a maioria das reações químicas e enzimáticas que provocam alterações no alimento, onde valores de atividade de água entre 0,20 e 0,40 garantem a estabilidade do produto, ou seja, há uma diminuição das velocidades das reações de escurecimento, hidrolíticas, oxidação, oxidação líquida, auto-oxidação e atividade enzimática.

Observando na Tabela 4.10 os valores de atividade de água com relação ao teor de maltodextrina nas formulações verifica-se que houve diferença significativa entre todos os pós formulados com 20%, 25% e 30% de maltodextrina congelados a -25°C e -76°C , enquanto para os pós com congelamento a -60°C a diferença significativa só foi observada para a formulação com 30% de maltodextrina. PEDRO (2009) encontrou valores atividade de água de 0,18 a 0,20 para a polpa de maracujá amarelo em pó com diferentes concentrações de maltodextrina, e verificou não haver uma tendência de alteração da atividade de água com a variação da concentração de maltodextrina. QUEK, *et al.* (2007) estudando a obtenção de melancia em pó com diferentes concentrações de maltodextrina, encontraram valores de atividade de água de 0,20 a 0,29, afirmando que os dados mostraram que a atividade de água diminuiu com a maior concentração de maltodextrina. SLABIN *et al.* (2008) ao avaliarem tâmaras em pó com diferentes concentrações de maltodextrinas, obtiveram valores na faixa entre 0,30 a 0,33.

Verificando os valores para o parâmetro luminosidade (L^*), que define o grau de brilho das amostras, vê-se na Tabela 4.10 que o pó obtido a partir da formulação de maracujá do mato com 20% de maltodextrina, apresentou valores de 78,83; 82,76 e 80,65. O pó obtido da formulação com 25% de maltodextrina teve valores de luminosidade (L^*) em torno de 83,83 e 82,64 e o pó formulado com 30% de maltodextrina, valores de 82,67; 84,20 e 82,82, nas temperaturas de -25°C , -60°C e -76°C respectivamente. Neste parâmetro foi observada diferença significativa com o aumento da concentração de maltodextrina em todas as formulações para as temperaturas de congelamento de -25°C e -60°C , porém

na temperatura de congelamento de -76°C só houve diferença significativa para a amostra de maracujá do mato em pó com 20% de maltodextrina. MOURA (2015) estudando liofilização de polpa de pitaya com diferentes teores de maltodextrina obteve valores de Luminosidade (L^*) variando de 78,75 (pitaya branca + 15% de maltodextrina) a 84,50 (pitaya branca + 25% de maltodextrina), valores próximos aos encontrados para os pós de maracujá do mato obtidos por liofilização no presente trabalho, equanto LISBÔA *et al.* (2012) relataram, em estudo sobre o armazenamento do figo da índia em pó, valor médio de 64,11 para L^* no tempo inicial.

A intensidade de verde ($-a^*$) na temperatura de congelamento de -25°C apresentou para as formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina, valores de 0,94; 0,48 e 0,35, evidenciando um comportamento decrescente com relação à adição de maltodextrina. Enquanto para as temperaturas de congelamento a -60°C e -76°C os valores decresceram com o aumento do percentual de maltodextrina, sendo estes valores de 0,13; 0,27 e 0,57 a -60°C e 0,14; 0,59 e 0,79 a -76°C nas formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina respectivamente. No parâmetro intensidade de amarelo ($+b^*$) observam-se para as formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina respectivamente, valores de 23,77, 22,89 e 18,61 com congelamento a -25°C ; 21,43, 19,57 e 17,73 no congelamento a -60°C e 23,42, 22,15 e 19,64 no congelamento a -76°C . Evidenciando-se comportamento decrescente com o aumento do teor de maltodextrina em todas as temperaturas de congelamento. CAPARINO *et al.* (2012) na obtenção de manga em pó por liofilização, valores médios de 4,69 (intensidade de verde, $-a^*$) e 40,99 (intensidade de amarelo, $+b^*$), valores mais elevados que os do presente estudo para pó de maracujá do mato.

Segundo MARQUES (2008) o índice de saturação (croma) e o ângulo hue melhoram o entendimento das variações da cor, onde o índice de saturação (croma) indica a variação do grau de intensidade do croma (a^* e b^*). No presente trabalho o parâmetro croma (C^*), apresentou valores decrescentes com relação ao aumento do teor de maltodextrina em suas formulações nas três temperaturas de congelamento estudadas, sendo observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as mesmas.

Os valores Hue* indicam a diferença de tonalidade. Um valor de hue igual a 0° representa o vermelho puro e à medida que o ângulo hue aumenta para um valor igual a 180° , ele representa o verde puro. Para os valores de ângulo de tom (Hue*) vistos na Tabela 4.10, percebe-se para as formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina na temperatura de -25°C que estes aumentam com o aumento do percentual de maltodextrina

e nas temperaturas de -60°C e -76°C os mesmos decrescem com o aumento do aditivo no pó de maracujá do mato.

Tabela 4.10- Valores médios dos parâmetros físicos dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.

Parâmetros	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina (%)		
		Pó F4	Pó F5	Pó F6
Atividade de água	-25°C	0,4177 aA	0,3200 aB	0,2527 aC
	-60°C	0,2867 bA	0,2840 bA	0,2213 bB
	-76°C	0,2887 bA	0,2510 cB	0,1983 cC
Luminosidade (L*)	-25°C	78,8333 cC	83,5700 bA	82,6767 bB
	-60°C	82,7600 aC	83,8367 aB	84,2000 aA
	-76°C	80,6533 bB	82,6400 cA	82,8233 bA
Intensidade de verde (-a*)	-25°C	0,9400 aA	0,4867 aB	0,3500 cC
	-60°C	0,1333 bC	0,2867 bB	0,5700 bA
	-76°C	0,1400 bC	0,5933 aB	0,7900 aA
Intensidade de amarelo (+b*)	-25°C	23,7667 aA	22,8867 aB	18,6133 bC
	-60°C	21,4300 bA	19,5667 cB	17,7333 cC
	-76°C	23,4167 aA	22,1467 bB	19,6433 aC
Croma (C*)	-25°C	24,7067 aA	23,3733 aB	18,2633 bC
	-60°C	21,2967 cA	19,2800 cB	17,1633 cC
	-76°C	23,3767 bA	21,5533 bB	18,8533 aC
Ângulo de tom (Hue*)	-25°C	87,7344 bB	88,7813 bA	88,9228 aA
	-60°C	89,6439 aA	89,1604 aB	88,1591 bC
	-76°C	89,9019 aA	88,4644 bB	87,6962 cC
Solubilidade (g/s)	-25°C	0,4708 bB	0,4627 bB	0,6566 bA
	-60°C	0,5944 bA	0,6318 aB	0,6372 aB
	-76°C	0,5927 aA	0,6206 aA	0,9096 cA
Molhabilidade (g/s)	-25°C	0,1144 aA	0,0581 bB	0,0329 aC
	-60°C	0,0870 bA	0,0893 aA	0,0310 aB
	-76°C	0,0441 cA	0,0381 cAB	0,0297 aB
Densidade aparente (g/cm ³)	-25°C	0,6899 aA	0,6290 aB	0,5798 aC
	-60°C	0,5633 bA	0,5274 bB	0,4921 bC
	-76°C	0,5764 bA	0,5403 bB	0,5082 bC
Densidade compactada (g/cm ³)	-25°C	0,8999 aA	0,8098 bC	0,8486 aB
	-60°C	0,8242 cA	0,7991 bB	0,7611 cC
	-76°C	0,8477 bA	0,8312 aB	0,7859 bC
Higroscopicidade (g.100g ⁻¹)	-25°C	1,9110 aA	1,8983 aA	1,9303 aA
	-60°C	1,9180 aA	1,9377 aA	1,9490 aA
	-76°C	1,9107 aA	1,9210 aA	1,9303 aA

(continuação)

Parâmetros	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina (%)		
		Pó F4	Pó F5	Pó F6
Ângulo de repouso	-25°C	35,8333 aA	35,0000 aA	29,8333 bB
	-60°C	31,5000 bA	33,3333 aA	33,3333 aA
	-76°C	33,6667 abA	32,1667 aAB	30,0000 abB

Onde: Pó F4 = Pó obtido da Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); Pó F5 = Pó obtido da Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e Pó F6 = Pó obtido da Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

A solubilidade das amostras apresentou tendência a aumentar com o aumento da quantidade de maltodextrina com valores máximos de solubilidade para a formulação F6 na temperatura de congelamento a -76°C com 0,90g/s e solubilidade mínima de 0,47g/s para a formulação F4 congelada a -25°C. MOURA (2015) encontrou valor médio de solubilidade de pós de pitaya liofilizadas com teores de maltodextrina de 20% e 25%, em torno de 0,50g/s, relatando ainda que não houve diferença estatística significativa para a solubilidade entre as amostras.

A molhabilidade apresentou redução estatisticamente significativa com o aumento do teor de maltodextrina na temperatura de congelamento a -25°C. Sendo a maior molhabilidade verificada no pó obtido a partir da Formulação F4 a -25°C, no valor de 0,11g/s e a menor molhabilidade foi verificada para o pó obtido da formulação F6 nas temperaturas de congelamento a -25°C, -60°C e -76°C, com valor médio de 0,03g/s nas três temperaturas. Estes resultados apontam para uma tendência à redução da molhabilidade com o aumento do teor de maltodextrina nos pós independente da temperatura de congelamento. Tendência semelhante foi observada por MOURA (2015) estudando pitaya vermelha liofilizada com diferentes teores de maltodextrina, onde este obteve para a molhabilidade valores de 0,26g/s em pitaya vermelha com 30% de maltodextrina e 0,40g/s para pitaya vermelha com 20% de maltodextrina, corroborando com a hipótese do aumento da maltodextrina influenciar reduzindo a molhabilidade dos pós. BEZERRA (2014) relatou uma variação de 14 a 39 segundos na molhabilidade de pós liofilizados de *Annona crassiflora*.

A densidade aparente apresentou diferença estatística significativa entre as amostras com relação ao aumento do teor de maltodextrina, onde com o aumento do aditivo verificou-se redução nos valores de densidade aparente para todas as temperaturas e congelamento com valores de 0,68 a 0,57g/cm³ na temperatura de -25°C; 0,56 a 0,49g/cm³ na temperatura de -60°C e 0,57 a 0,50g/cm³ na temperatura de -76°C. MOURA

(2015) não verificou diferença significativa para a densidade aparente de pitaya branca liofilizada com 15% e 20% de maltodextrina em suas formulações. No entanto, observou valores de 0,48 e 0,55g/cm³ para os pós de pitaya branca com 20% de maltodextrina e 0,55g/cm³ para os pós de pitaya branca com 25% de maltodextrina, valores próximos aos obtidos para os pós de maracujá do mato. TONON *et al.* (2013) relataram valores médios de 0,37g/cm³ (maltodextrina DE 20) e 0,39g/cm³ (maltodextrina DE 10), ao aplicar secagem por atomização para obtenção de açaí em pó.

Os valores de densidade compactada para as amostras de pó de maracujá do mato não apresentaram comportamento definido quanto à temperatura ou teor de maltodextrina, no entanto, o maior valor de densidade compactada foi de 0,90g/cm³ para o pó com 25% de maltodextrina com congelamento a -25°C e o menor valor foi de 0,76g/cm³ para o pó com 30% de maltodextrina na temperatura de -60°C. ZEA *et al.* (2013) estudaram pitaya em pó liofilizada, elaborada com 10% de maltodextrina, obtendo valores de densidade compactada de 0,57g/cm³. MOURA (2015) também estudando pitaya liofilizada relatou valores de 0,64g/cm³ para o pó de pitaya com 15% de maltodextrina e 0,80g/cm³ para o pó de pitaya com 25% de maltodextrina, observando uma tendência de aumento conforme a elevação da concentração de maltodextrina nas formulações. Observa-se, como esperado, que os valores da densidade compactada foram superiores aos da densidade aparente em razão da menor quantidade de espaços vazios.

A higroscopicidade dos pós avaliados variou entre 1,89g e 1,94g de água adsorvida/100g do pó, não havendo diferença estatística significativa entre as amostras.

Analisando os valores do ângulo de repouso estático dos pós de maracujá do mato verifica-se que não houve diferença estatística significativa entre eles, onde os valores obtidos foram de 35,83°; 35,00° e 29,83° para os pós das formulações F4, F5 e F6 na temperatura de congelamento de -25°C, onde podemos classificar segundo USP (2006) em fluxo bom o pó das formulações F4 e F5 e fluxo excelente o pó da formulação F6; para a temperatura de -60°C os valores angulares foram de 31,50°; 33,33° e 33,33° para F4, F5 e F6 respectivamente, onde classificam-se em fluxo bom para todas as formulações e na temperatura de -76°C os ângulos foram 33,66°; 32,16° e 30°, também classificados em fluxo bom. OLIVEIRA (2008) estudando polpa de caju atomizada obteve valores de ângulo de repouso entre 23,96° e 36,59°. Seguindo a classificação proposta por USP (2006), todos apresentaram fluidez de excelente a boa.

4.4.4 - Microscopia óptica dos pós do maracujá do mato

As fotomicrografias do pó de maracujá do mato liofilizado nas temperaturas de -25°C , -60°C , -76°C estão apresentadas nas figuras 4.27, 4.28 e 4.29, respectivamente para as formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina.

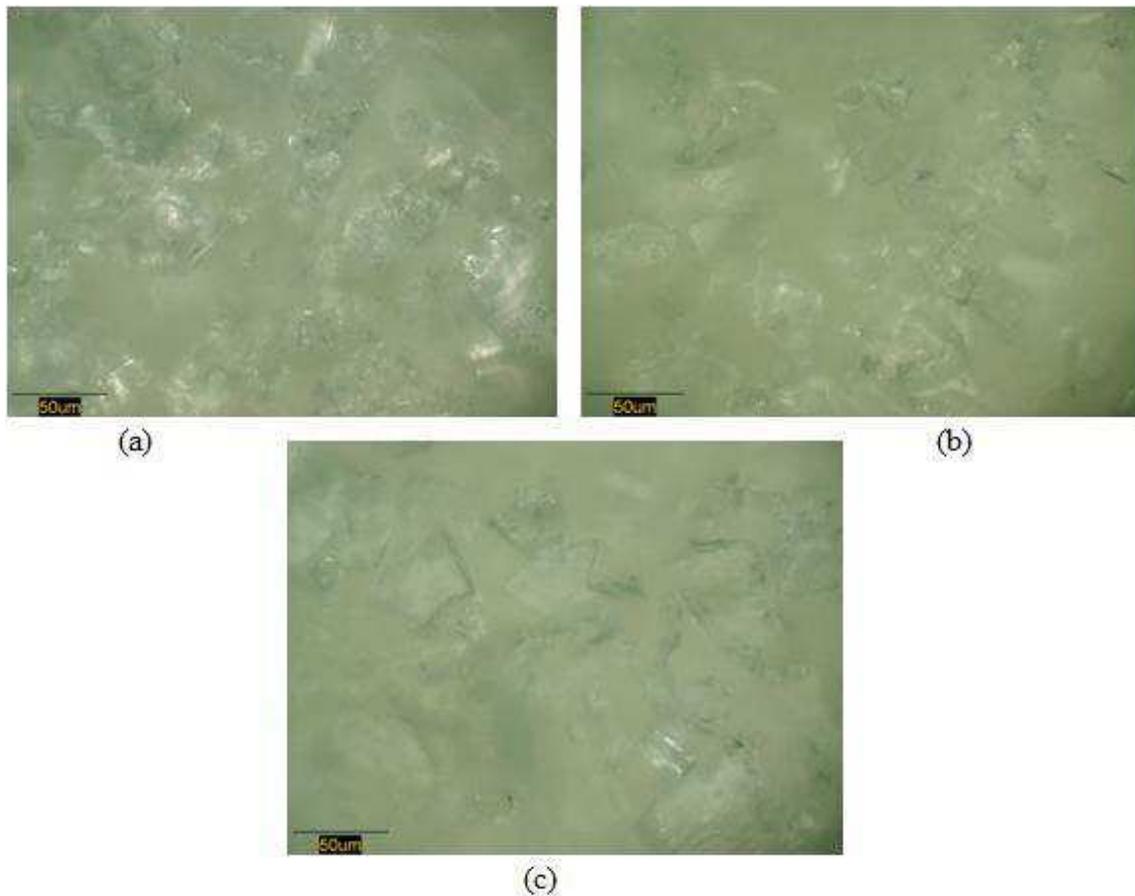


Figura 4.27. Fotomicrografias do pó de maracujá do mato na concentração de 20% de maltodextrina, nas temperaturas de (a) -25°C , (b) -60°C e (c) -80°C , aumentada em 1050X.

Na figura 4.27 é possível verificar que o pó submetido a maceração após secagem apresentou estruturas irregulares.

A presença de açúcares na polpa de maracujá do mato juntamente com a associação à maltodextrina é um fator de predisposição à obtenção de um pó com microestrutura amorfa, assim como a aplicação do processo de liofilização, pois segundo TATTINI JUNIOR (2004), o mecanismo da liofilização, composto por congelamento seguido de secagem, induz à obtenção de produtos no estado amorfo devido ultrapassagem da T_g (temperatura de transição vítrea) durante o congelamento que fará

com que a solução amorfa concentrada fique menos viscosa podendo ocorrer um colapso do produto no momento em que o gelo é sublimado. Este colapso é devido à fluidez de líquido viscoso para dentro de camadas de interface, seguido do aparecimento de uma camada provocada pela expansão da matriz durante a ebulição, que atua como uma barreira, caracterizando assim a estrutura amorfa.

Estruturas amorfas podem ser visualizadas em sistemas constituídos de frutose e em sistemas com ausência de açúcares. Tais estruturas são caracterizadas por um estado desordenado em que não há repetição de formas geométricas e presença de faces planas bem estabelecidas, sendo comuns em produtos liofilizados (ALVES, 2008).

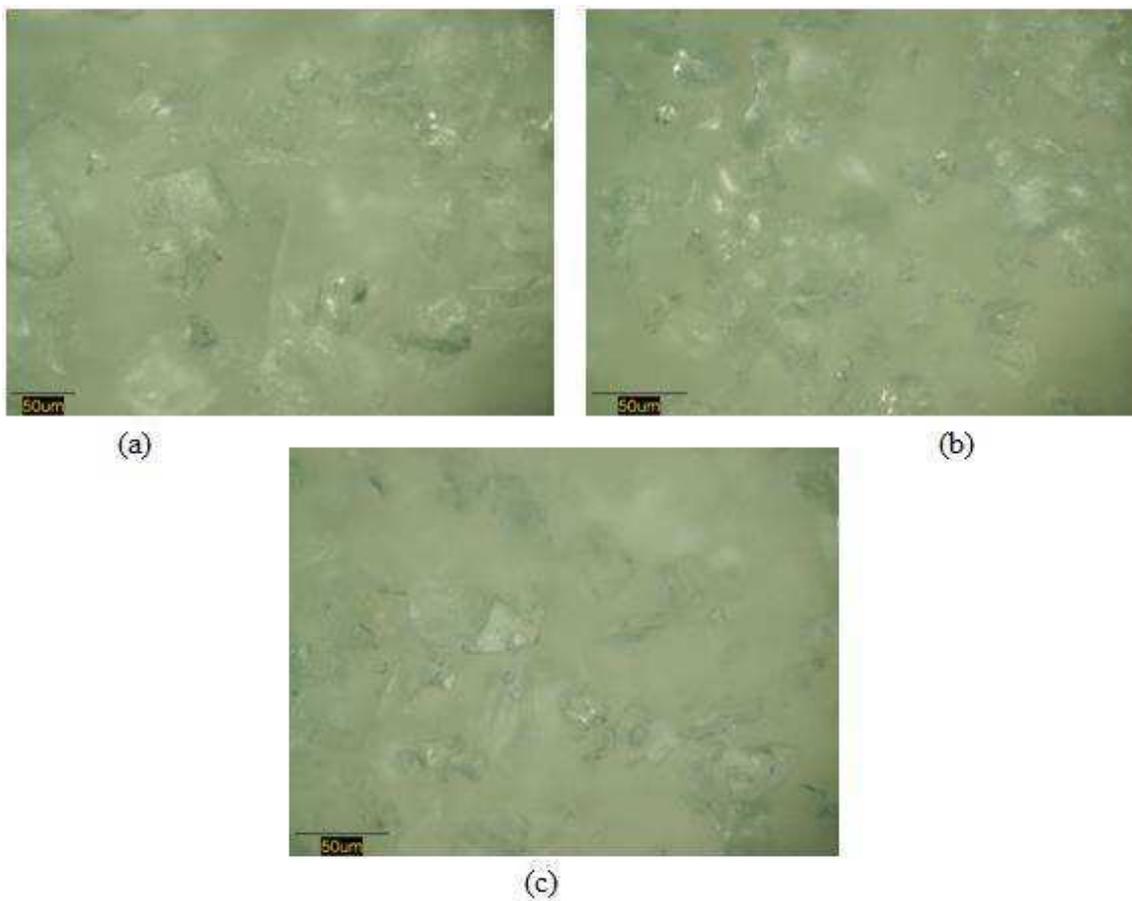


Figura 4.28. Fotomicrografias do pó de maracujá-do-mato na concentração de 25% de maltodextrina, nas temperaturas de (a) -25°C , (b) -60°C e (c) -80°C , aumentada em 1050X.

O pó obtido na concentração de 25% de maltodextrina (Figura 4.28) apresentou uma estrutura mais porosa e conseqüente diminuição no tamanho dos cristais da estrutura, relacionando-se diretamente com a redução da temperatura de congelamento das

amostras. Essa característica é devido à formação do gelo durante o congelamento, o qual ajuda a prevenir o colapso e o encolhimento da estrutura (RATTI, 2001).

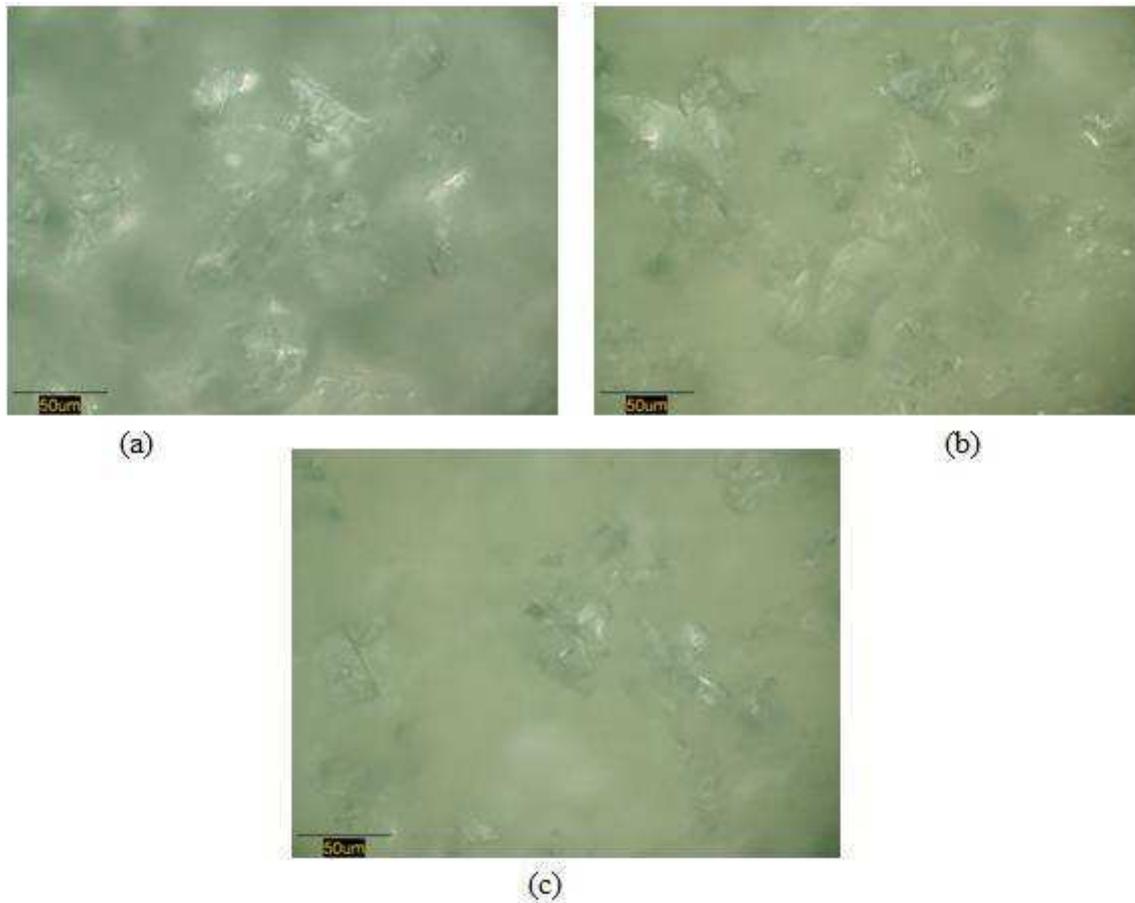


Figura 4.29. Fotomicrografias do pó de maracujá-do-mato na concentração de 30% de maltodextrina, nas temperaturas de (a) -25°C , (b) -60°C e (c) -80°C , aumentada em 1050X.

O pó contendo maior concentração de maltodextrina (Figura 4.29) apresentou-se mais uniforme que os demais, demonstrando a relação com estabilidade do produto (CAPARINO *et al.*, 2012).

A adição de açúcares costuma ser feita em sistemas a serem liofilizados com o intuito de promover a nucleação heterogênea da solução, produzindo uma cristalização efetiva durante a etapa de congelamento. No entanto, é preciso que os açúcares empregados tenham solubilidade mínima na solução, a fim de que supersaturem o sistema com facilidade durante o congelamento (CARLOS; RESENDE; CAL-VIDAL, 2005).

4.4.5 - Análise Microbiológica dos pós de maracujá do mato

Na Tabela 4.11 encontram-se os resultados das análises microbiológicas dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.

Segundo a Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001), as frutas liofilizadas em pó devem obedecer ao seguinte padrão: Bactérias do grupo coliforme máximo, 2×10^2 /g; Bactérias do grupo coliforme de origem fecal: ausência em 1g de pó e Salmonelas: ausência em 25g de pó. Citando ainda que deverão ser efetuadas determinações de outros microrganismos e/ou de substâncias tóxicas de origem microbiana, sempre que se tornar necessária a obtenção de dados adicionais sobre o estado higiênico-sanitário dessa classe de alimento, ou quando ocorrerem tóxi-infecções alimentares. Observando o padrão estabelecido na legislação vigente e os resultados apresentados na Tabela 4.11 pode-se dizer os pós de maracujá do mato obtidos por liofilização estão dentro de padrões microbiológicos seguros ao consumo. Tendo em vista que não houve presença de *Salmonella sp.*/25g em nenhuma das amostras, coliformes a 45°C foram menor que 3,0NMP/g e os valores de bolores e leveduras foram de 90, 80, 50 e menores que 10UFC/g, evidenciando que não apresentavam risco ao consumo.

Tabela 4.11. Resultados das análises microbiológicas dos pós de maracujá do mato obtidos a partir das formulações com 20%, 25% e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25°C, -60°C e -76°C.

Análises Microbiológicas	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina (%)		
		Pó F4	Pó F5	Pó F6
Salmonella sp/25g	-25°C	Ausência	Ausência	Ausência
	-60°C	Ausência	Ausência	Ausência
	-76°C	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes a 45°C	-25°C	< 3,0	< 3,0	< 3,0
	-60°C	< 3,0	< 3,0	< 3,0
	-76°C	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Bolores e leveduras (UFC/g)	-25°C	90	< 10	< 10
	-60°C	< 10	< 10	< 10
	-76°C	80	< 10	50

Onde: Pó F4 = Pó obtido da Formulação 4 (Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina); Pó F5 = Pó obtido da Formulação 5 (Maracujá do Mato + 25% Maltodextrina) e Pó F6 = Pó obtido da Formulação 6 (Maracujá do Mato + 30% Maltodextrina).

4.5 CONCLUSÃO

Todos os modelos matemáticos utilizados para descrever a relação entre a razão do teor de água e o tempo da cinética de liofilização foram bem ajustados aos dados experimentais, com R^2 acima de 98% e P abaixo de 10, SE e DQMs abaixo de 1. No entanto, o modelo de Midili, Kucuk & Yapar foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem em todas as formulações, pois apresentaram maiores valores de R^2 .

Os valores de coeficiente de sublimação (Ks) da ordem de $10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ decresceram gradativamente com temperaturas de congelamento mais baixas antes do processo de liofilização, os parâmetros apresentaram valores de R^2 acima de 86,90%, valores de P abaixo de 8 e SE abaixo de 1.

A taxa de sublimação no processo de liofilização reduziu com o aumento da temperatura de congelamento para todas as amostras devido às diferentes porosidades do material (vítrea-amorfo) em consequência dos cristais de gelo formados na etapa de congelamento. Fazendo com que quanto menor a temperatura de congelamento maior fosse o tempo de liofilização das amostras.

O teor de água, a acidez total titulável e o ratio diminuíram com o aumento do teor de maltodextrina, enquanto os valores de pH, açúcares não redutores e carboidratos aumentaram com os maiores percentuais de aditivo presente nos pós.

A atividade de água, molhabilidade e densidade aparente dos pós de maracujá do mato reduzem com o aumento do percentual de maltodextrina em suas formulações, enquanto a solubilidade dos pós de maracujá do mato aumenta com o aumento do percentual de maltodextrina. Todos os pós de maracujá do mato analisados foram classificados com fluxo de bom a excelente, conforme análise de ângulo de repouso. Por fim, concluiu-se que o aumento da concentração de maltodextrina contribui para a formação de cristais de gelo de menor tamanho e conseqüentemente um produto liofilizado em pó mais uniforme.

Quanto ao padrão microbiológico, os pós de maracujá do mato liofilizados encontram-se em conformidade com a legislação vigente para *Salmonella sp.*; coliformes a 45°C e bolores e leveduras.

4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIMOLI, C. G.; NOGUEIRA, G. M.; NASCIMENTO, L. S.; BACETI, A.; LEIRNER, A. A.; MAIZATO, M. J. S.; HIGA, O. Z.; POLAKIEWICZ, B.; PITOMBO, R. N. M.; BEPRU, M. M. Lyophilized bovine pericardium treated with a phenethylamine diepoxide as an alternative to preventing calcification of cardiovascular bioprosthesis: preliminary calcification results. **Artificial Organs**, v. 31, n4, p 278-283, 2009.

ALVES, C.C.O.; RESENDE, J.V.; PRADO, M.E.T.; CRUVINEL, R.S.R. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 830-839, out.-dez. 2008.

ANGEL, R. M. C.; MUÑOZ, L. C. E.; AVILES-AVILES, C.; GARCÍA, R. G.; SANTILLÁ, N. M. M.; LAGUNES, A. G.; ARCHILA, M. A. *Spray-drying* of passion fruit juice using lactose maltodextrina blends as the support material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 4, p. 1011-1018, 2009.

AOAC – **Official Methods of Analysis**; Chapter Cereal Foods, v. 32 p. 5 . 2000.

AYROSA, A. M. I. B. Liofilização: ciência ou arte. **Revista Engenharia FAAP**. São Paulo, n.44, p.40-45, 2004.

AREVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**, Oxford, v. 4, n.2, p. 1450-1458, 2011.

BAPTESTINI, F. M. Parâmetros físico-químicos na obtenção do pó de graviola pelo método de secagem em leito de espuma. 2015. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n.4, p. 507-503, 1998.

BEZERRA T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BEZERRA, T. S. **Caracterização física, química e morfológica de polpa de marolo liofilizada**. 2014. 140 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014

BORGOGNONI, C. F. **Otimização da liofilização do pericárdio bovino com auxílio de ferramentas matemáticas**. 2009. 99 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Química - Farmaceutica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**, Brasília, DF, p. 1-49. 2001.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 dezembro 2003: regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 26 dez. 2003. Seção 1, p.33-34.

BROOKER, D. B.; BAKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI Book, 1992. 450p.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus betacyanin* pigments. **Journal of Food Science**, v.65, n.6, p.1248-1252, 2000.

CAMARGO, P.; MORAES, C.; CANTERI, M.H.G.; FRANCISCO, A.C.; MAIA, L. Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “Foam-Mat”. **VI Semana de Tecnologia em Alimentos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, v. 2, n. 14, p. 5, 2008.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R. e FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. **Journal of Food Engineering**, 11, 135-148, July 2012.

CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 163-173, abr./jun. 2005.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M., DUARTE, M. E. M. ALSEMO, G. C. S., RODRIGUES, E. R., GUEDES, M. A., CAVALCANTI, A. S. R. R. M., OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, v.7, n.2, p.165-172, 2005.

CELMA, A. R.; LÓPEZ-RODRIGUÉZ, F.; BLÁZQUEZ, C. Experimental modelling of infrared drying of industrial grape by-products. **Food and Bioproducts Processing**, v.87, p.247-253, 2009.

CHAKRABORTY, R.; SAHA, A. K.; BHATTACHARYA, P. Modeling and simulation of parametric sensitivity in primary freeze-drying of foodstuffs. **Separation and Purification Technology**, v. 49, n. 3, p. 258-263, 2006.

CHAVES, A. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. Obtenção de pinha em pó pelo processo de liofilização. **Revista Pesquisa (UFCG)**, Campina grande, v. 2, p. 25-44, 2008.

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**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005, 785p.

CHOUDHURY, M. M. Foco no agronegócio de manga. **Revista Com Você**, v. 15, n. 143, p. 07, 2001.

COCOZZA, F. D. M. **Maturação e Conservação de Manga Tommy Atkins submetida à aplicação Pós-Colheita de 1metil-ciclopropeno**. 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D.M. Obtenção e modelagem das isotermas de dessecamento e do calor isostérico de dessecamento para grãos de trigo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.07, n.1, p.39-48, 2005.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea Arábica L.*) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

CRANK, J. **Mathematics of diffusion**. 2ed., Clarendon Press Oxford, 1975, 414 p.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powders engineering, between knowhow and science: constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, v. 208, n. 2, p. 244-251, 2011.

DIETRICH, A. E. **Produção de açaí liofilizado**. 2011. 126 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005, 652 p.

FERREIRA, J. C. **Processo para o desenvolvimento da umbuzada em pó liofilizada, composta de umbu, extrato de soja e rapadura**. 2011. 295f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processo) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, E. M.; DANTAS, H. J. SILVA, A. S. Cinética de secagem do extrato de soja em pó modificado com polpa de cajá (*Spondia lútea* l.) pelo processo de liofilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, **Anais...** v. 37, 2008, Foz do Iguaçu, PR.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora universitária - UFPB, 2004. 229 p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological Analytical Manual**.8.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder Technology**, v. 206, n. 1-2, p. 72-78. 2011.

FURTADO, G. de F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G. SANTOS, P. dos. Secagem de polpa de seriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n.1, p. 9-14, 2010.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2009

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo-SP: Nobel. p. 511. 2008.

GEORGE, J. P. DATTA, A. K. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices, **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 89-93, 2002.

GOFF, H. D. Low-temperature stability and the glassy state in frozen foods, **Food Research International**, v. 25, p.317-325, 1992.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 24, p. 384-389, 2004.

GOULA, A. M.; ADAMAPOULOS, 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.

HOTTOT, A.; ANDRIEU, J.; VESSOT, S.; SHALAEV, E.; GATLIN, L. A.; RICKETTS, S. Experimental study and modeling of freeze-drying in syringe configuration. Part I: Freezing step. **Drying Technology**, v. 27, p. 40-48, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4.ed. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. São Paulo. v.1, 2008. 1020p.

JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.315-323, 2004.

KING, C. J. Freeze-Drying of Foods. **Crc Press**. 1971.

KINGSLEY, R. P.; GOYAL, R. K.; MANIKANTAN, M. R.; ILYAS, S. M. Effects of pretreatments and drying air temperature on drying behaviour of peach slice. **International Journal of Food Science & Technology**, v.42, n.1, p. 65-69, 2007.

KUMAR, S. B.; RAVI, R.; SARASWATHI, G. Optimization of Fruit Punch Using Mixture Design. **Journal of Food Science**, v.75, n.1, 2010.

KUROZAWA, L. E.; EL AOUAR, A. R.; MURR, F. E. Obtenção de Isotermas de dessecção de Cogumelo *in natura* e Desidratado osmoticamente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.25, n.4, p. 828-834,2005.

LEIRNER, A. A.; TATTINI JUNIOR, V.; PITOMBO, R. N. M. Prospects in lyophilization of bovine pericardium. **Artificial Organs**, v. 33, n. 3, p221-229, 2009.

LIMA, M. L.; SANTOS, C. I.; COSTA, F. A.; LIMA, M. F. M.; SANTOS, E. M. B. D.; CARVALHO, L. P. Desidratação de polpas de frutas tropicais em leite de jorro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. COBEQ – IC, **Anais...** São Carlos, 1995, p. 121-123.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 216-221, 2012.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) -, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARTINS, B. A. **Avaliação físico-química de frutos do cerrado in-natura e processados para a elaboração de multimisturas**. 2006. 85 p. (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.

MENEZES, A. R. V., SILVA JÚNIOR, A., CRUZ, H. L. L., ARAUJO, D. R., SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malphigia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

METTA, F. I. K.; AYROSA, A. M. I. B.; PALETTA, F. C. O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle da umidade. **XII Safety, Health and Environment World Congress**. July 22 - 25, 2012, São Paulo. p. 162 – 165.

MORAES, L. R. V.; AZEVÊDO, L. C. de.; SANTOS, V. M. L.; LEITÃO, T. J. V. Estudo comparativo da desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n.2, p.254-264, 2012.

MOURA, R. L. **Liofilização de polpa de pitaya**. 2015. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2015.

MOURA, S. M. **Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

NASCIMENTO, M. A. G. **Aproveitamento Agroindustrial de Cactácias do Semiárido Brasileiro**. (2014), Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, 2014.

NIRANJAN, K.; PARDO, J. M.; MOTTRAM, D. S. The relation between volatile retention and movement of ice front during freeze-drying of coffee. **Proceedings ICEF 2000**, México.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 181-189, 2006.

OLIVEIRA, A.R.G.; BORGES, S V.; FARIA, R.K.; GREGÓRIO, E.E.S.R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*Passiflora edullis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) desidratados. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n.3, p.251-256, 2007.

OLIVEIRA, G. S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE, 2012.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 181-189, 2006.

OLIVEIRA, R. R.; AGOSTINI, J. S. Qualidade físico-química de diferentes marcas de cafés em pó, produzidos e comercializados em Dourados/MS. **Interbio**, v. 3, n. 2, p. 35-41. 2009.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

ORREGO ALZATE, C. E. **Congelación y Liofilización de Alimentos**. Manizales, Caldas, Colômbia. p. 49 – 65, 2008.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. 1949. 54f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola), Mechanical Engineering Department. Lafayette, USA.

PARDO, M.; NIRANJAN, K. Modelación de la relación entre la cinética de congelación y la cinética de sublimación en extractos de café. **Ingeniería y Competitividad**, v. 8, n.2, p. 25 – 33, 2006.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.93-127, 2014.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; DE OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, 2007. Disponível em:<<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>> Acesso em: 16 jan. 2016.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem da pêra bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.3, p.288-292, 2001.

PEDRO, M. A. M. **Influencia de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá em pó**. 2009. 204 f. Tese (doutorado em biociências) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

PENA, R.S, MENDONÇA, N. B., Secagem em camada delgada da fibra residual do Maracujá. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba v. 27, n. 2, p. 257-270, 2009.

PÉREZ CASTILLO, N. L. (2010). **Estudio teórico y experimental de la liofilización de locos (concholepas concholepas)** (tesis de pregrado). Universidad de Santiago de Chile. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería química. Santiago, Chile.

PHANINDRA KUMAR, H. S.; RADHAKRISHNA, K.; NAGARAJU, P. K.; VIJAYA RAO, D. Effect of combination drying on the physico-chemical characteristics of carrot and pumpkin. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 25, p. 447- 460, 2001.

PINTO, C. L. de O. Produção de Alimentos na Agroindústria Familiar. Viçosa, 2004. Disponível em: http://www.epamig.br/informativos/producao_de_alimentos.htm. Acesso em: 17 jan. 2016.

PITOMBO, R. N. M.; LIMA, G. A. M. R. Nuclear magnetic resonance and water activity in measuring the water mobility in Pintado (*Pseudoplastystoma corruscans*) fish. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p. 59-66, 2003.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 106 f., Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders, **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 386-392, 2007.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V.; RATTI, C. Foam Mat Drying of alphonso Mango Pulp. **Drying Technology**, v.35, n.2, p. 357-365, 2007

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.311-319, 2001.

REOLON, C. A.; BRAVA, G. C.; SALIBE, A. B. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo em diferentes estádios de maturação. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 305-312, 2009.

RIBEIRO, P. F. F. de A. e C. **Processo de liofilização de produtos alimentares perecíveis**. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

ROOS, Y. Characterization of food polymers using state diagrams, **Journal of Food Engineering**, v. 24, p. 339-360, 1995.

SAGAR, V. R.; SURESH KUMAR, P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 47, n. 1, p. 15-26, 2010.

SAGARA, Y.; ICHIBA, J. Measurement of transport properties for the dried layer of coffee solution undergoing freeze drying. **Drying Technology**. v. 12, n.5, p. 1081-1103, 1994.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, p. 37-43, 2015.

SCHUBERT, H. Food particle technology. Part I: properties of particles and particles food systems. **Journal of food engineering**, v. 6, n. 1, p. 1-30, 1993.

SHARMA, G. P.; PRASAD, S. Effective moisture diffusivity of garlic cloves undergoing microwave convective drying. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 609-617, 2004.

SHERWOOD, T. D. The drying of solids I. **Industrial and Engineering Chemistry**, v.21, n.1,p.12-16, jan. 1939.

SILVA, A. M. L.; GOMES, A. C. G.; MARTINS, B. A. Alterações físico-químicas e estudo enzimático da polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **Estudos**, v. 36, p. 775-783, 2009.

SILVA, P. P. M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. 2013, 255 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo, Piracicaba: SP, 2013.

SLABIN, S. S.; SHRESTHA, A. K.; BHANDARI, B. R. A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. **Jounal Food Engeenier**. New York, v. 87, p. 416– 421, 2008

SLADE, L.; LEVINE, H. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 30, p. 115-360, 1991.

SOUZA, D. S.; PIMENTEL, J. D. R.; MARQUES, L. G. NARAIN, N. Estudo da cinética de reidratação do pó da polpa do abacate liofilizado. **Scientia Plena**.v.7, n.6, 2011.

STRUMILLO, C.; KRUDA, T. Drying: principles, applications and design. **Gordon and Beach Science Publishers**: New York, 1986, 448p.

TATTINI JÚNIOR, V. **Efeito da liofilização sobre a estrutura e mudança de fase da albuina bovina modificada por reação com metoxi-polietilenoglicol** (2004). 67 f. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Bioquímico-farmacêutica). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TERRONI, H. C.; DE JESUS, J. M.; ARTUZO, L. T.; VENTURA L. V.; SANTOS, R. F. Liofilização. **Revista Científica UNILAGO**, p.271-284. 2008.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Revista Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70-76, 2013.

TORGRUL, I. T.; PEHLIVAN, D. Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. **Journal of Food Engineering**, v.65, p. 413-425, 2004.

UCHÔA, A.M.A.; COSTA, J.M.C.; MAIA, G.A.; SILVA, E.M.C.; CARVALHO, A.F.F.U.; MEIRA, T.R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.15, n.2, p.58-65, 2008.

VEGA, A.; FITO, P.; ANDRÈS, A.; LEMUS, R. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). **Journal of Food Engineering**, v.79, n.4, p.1460-1466, 2007.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 15, n.1, p. 50-58, 2012.

VIEIRA, H.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, n. 1, v.7, p.11-20, 2007.

ZEA, L. P.; YUSOF, Y. A.; AZIZ, M. G.; LING, C. N.; AMIN, N. A. M. Compressibility and dissolution characteristics of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders. **Powder Technology**, v. 247,p. 112-119, 2013.

ZOTARELLI M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem.** 2014. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2014.

CAPÍTULO 5

**ANÁLISE SENSORIAL DE *NÉCTARES* DOS PÓS DE MARACUJÁ DO MATO
OBTIDOS POR LIOFILIZAÇÃO**

5.1 - INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma infinidade de frutas apreciadas em todo o mundo, além de frutas exóticas pouco conhecidas, representando um grande potencial para o desenvolvimento de novos produtos (FREITAS & MARTTIETTO, 2013).

Agregar valor à fruticultura por meio da produção de bebidas a base de frutas é uma alternativa interessante uma vez que ocorreu uma valorização dos derivados líquidos de frutas no exterior nos últimos anos (ANUÁRIO, 2015). Além disso, a diversidade de frutas tropicais passíveis de exploração no Brasil abre uma oportunidade no que diz respeito à produção e exportação de sucos e similares, propiciando a oportunidade ao produtor de comercializar seu produto o ano todo (LEONE *et al.*, 2011).

O consumo de sucos de frutas industrializados tem aumentado motivado principalmente pela vida acelerada da população urbana, praticidade fornecida por néctares prontos para beber, facilidade de reconstituição de sucos concentrados ou em pó e pela demanda por produtos que sejam seguros (MOREIRA *et al.*, 2012). A agroindústria especializada em polpa e sucos de frutas tem despertado o interesse para o estudo de diferentes formas de preservação de alimentos devido à crescente demanda de consumidores por produtos naturais e que possuam longo período de vida útil, aliado à crescente procura por frutas tropicais no mercado interno e externo, podendo-se enquadrar nesse contexto a polpa do fruto de maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata. Mast*).

Nas últimas décadas, muitos estudos foram realizados em relação à desidratação de frutas e polpas (PEREIRA *et al.*, 2009; MOSQUERA *et al.*, 2010; OSÓRIO *et al.*, 2011; CRUZ, 2013) voltados principalmente no sentido de aumentar a retenção das propriedades nutritivas e sensoriais do produto mediante alterações dos processos já existentes ou a aplicação de novas técnicas. Dentre elas, destaca-se a liofilização. Então, tendo em vista que estes processos mantêm a qualidade dos produtos, aumenta a vida de prateleira e oferece possibilidades comerciais, associados à inexistência de informações sobre o processamento do fruto de maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata. Mast*), e que se acredita em uma alternativa viável para a produção de polpa em pó. Em virtude disso, este trabalho objetivou avaliar sensorialmente néctares de maracujá do mato elaborado a partir da reconstituição dos pós obtidos por liofilização através dos métodos sensoriais afetivos de aceitação e intenção de compra.

5.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.2.1 - Frutas tropicais

Atualmente, a fruticultura no Brasil ocupa uma área de dois milhões e meio de hectares comerciais, gerando um PIB de US\$ 11,2 bilhões e ofertando aproximadamente 5 milhões de empregos diretos. Permite a fixação do homem no campo de maneira socialmente sensata e vida digna de uma família dentro de pequenas propriedades (até 15 ha), desde que se trabalhe, prioritariamente, com vistas à manutenção da qualidade. Em média, pode gerar oportunidades de ocupação de 2 a 5 trabalhadores na cadeia produtiva, para cada hectare cultivado. Assim, o segmento frutícola está entre os principais geradores de renda, de empregos e de desenvolvimento rural (NEVES, 2016).

A colheita anual brasileira de frutas tropicais é de aproximadamente 38 milhões de toneladas, o que coloca o país em terceiro lugar entre os maiores produtores mundiais. Os principais mercados compradores do produto brasileiro são a Europa, que absorve 70% das exportações, e o Mercosul, que importa 11% (PLANETA ORGANICO, 2004).

Segundo BANCO DO NORDESTE (2016) a fruticultura nordestina já representa 31% do valor de toda a agricultura regional. Na safra de 2010 seu Valor Bruto de Produção (VBP) atingiu R\$ 44,3 bilhões, segundo dados do Departamento de Economia Rural (DERAL), da Secretaria Estadual da Agricultura.

O clima do Brasil permite a produção de todos os tipos de frutas tropicais e algumas delas proporcionam mais de uma safra por ano. Mas, para que essa perspectiva se realize é necessário superar uma série de dificuldades, entre elas a falta de uma política de defesa fitossanitária em âmbito nacional, a carência de infraestrutura organizada para as frutas e o sistema tributário da produção, no que diz respeito a ICMS para movimentação entre estados brasileiros (SCHEIBLER & FILHO, 2006).

Algumas frutas vêm sendo descobertas ano a ano, como uma alternativa aos cultivos tradicionais que estão sofrendo, não apenas a perda de competitividade e rentabilidade, como também em algumas regiões as opções produtivas nas zonas rurais estão se extinguindo e se restringindo. No entanto, existe uma variedade de produtos agrícolas cujo conhecimento é limitado e seus níveis de produção e consumo são comparativamente modestos podendo ser chamados de comercialmente não tradicionais, os quais podem ser definidos como o conjunto de produtos agrícolas nativos ou exóticos, de uma determinada região manifestada pela rica biodiversidade e que são pouco

conhecidos nos mercados pelos consumidores. Nos países desenvolvidos, são conhecidos simplesmente como exóticos, tropicais ou especialidades. A maior parte dos produtos não tradicionais conhecidos são resultados de esforços, inovação e criatividade na diversificação de produtos mais rentáveis, como por exemplo: frutas, flores, hortaliças, fibras, corantes naturais, plantas medicinais e aromáticas, dentre outros, agregando valor às matérias-primas locais (ULLOA & SUÁREZ, 2004).

Segundo DONADIO, MÔRO & SERVIDONE (2002) a América Tropical é considerada como centro de origem de muitas frutíferas, algumas das quais foram domesticadas há longo tempo pelos povos nativos. A sua riqueza se dá também pela situação geográfica, a heterogeneidade e a mistura de duas floras, a da América do Norte e a da Amazônia, as quais vão até as áreas baixas da América Central.

Existe uma vasta gama de frutas – nativas e exóticas – que se convencionou chamar de “potenciais”. Elas ocupam mais ou menos o mesmo espaço, outrora reservado às espécies já reconhecidas e produzidas comercialmente a nível nacional, como: acerola, mamão e maracujá. Dentre as nativas com potencial, podem ser citadas: jaboticaba, bacuri, cupuaçu, mangaba, abiu, pitanga, cajá, araçá, feijoa, camu-camu, umbu, açai, baru, maracujá do mato e araticum e entre as exóticas aqui naturalizadas estão: lichia, mangostão, carambola, sapoti, fruta do conde, atemóia, graviola e as amoras (LORENZI *et al.*, 2006).

As frutas têm grande importância na nutrição humana devido ao grande conteúdo de vitaminas e sais minerais. Porém são importantes micro habitats para uma grande variedade de micro-organismos, devido sua natureza apresentar alta concentração de açúcares simples, baixo pH, alta atividade de água e intensa visitação por insetos (FAZIO, 2006).

Para SCALON *et al.* (2004) a qualidade dos frutos é atribuída ao seu tamanho, forma e cor da casca, cujos fatores associados à composição físico-química da polpa, oferecem aos frutos e aos produtos deles obtidos a qualidade organoléptica e a nutricional, responsáveis pela aceitação definitiva desses no mercado.

5.2.2 – Produtos derivados de frutas

A comercialização de produtos derivados de frutas tem crescido em todo o mundo, sendo que a demanda apresenta tendência de crescimento devido a suas características organolépticas e vantagens à saúde. A alta perecibilidade dos frutos é responsável por

perdas significativas, o que tem impulsionado o desenvolvimento de processos tecnológicos (PARIZ, 2011).

O aumento do consumo mundial de frutas (*in natura* e processadas) pode ser apontado como uma tendência recente que afeta diretamente a indústria de processamento de frutas. Alguns fatores podem ser considerados como importantes indutores do consumo de frutas processadas, como a busca por alimentos mais saudáveis, nutritivos, que podem inclusive substituir a fruta fresca e não provocar ganho de peso; a manutenção de um estilo de vida mais moderno, que exige a redução no tempo de preparo e de consumo dos alimentos; e o aumento da diferenciação e da disponibilidade de produtos em termos de suas características nutritivas, sabores, formatos, tamanhos e embalagens, que estimula e facilita o consumo de frutas processadas (CUNHA *et al.*, 2008).

A demanda dos consumidores por alimentos saudáveis resultou em maior diversificação da oferta de produtos, cujos efeitos benéficos são propagados por meio de alegações de propriedades funcionais (LIMA, 2011).

A maioria das frutas tropicais, entretanto, é altamente perecível, o que implica em perdas pós-colheita maior que 30%. O processamento das frutas para obtenção de néctares, sucos e polpas constitui uma forma de reduzi-las e agregar maior valor econômico (SOUSA *et al.*, 2010). Por serem perecíveis, grande parte dessas frutas sofrem rápida deterioração, tendo sua comercialização dificultada, especialmente a longas distâncias (SANTOS *et al.*, 2008). Aliado a isto, a produção de alimentos é sazonal, principalmente a de origem vegetal, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de métodos essenciais que prolonguem o período de armazenamento destes alimentos (FERNANDES *et al.*, 2010).

A polpa de fruta tem grande importância como matéria-prima, podendo ser produzida nas épocas de safra, armazenadas e processadas nos períodos mais propícios ou segundo a demanda do mercado consumidor, como doces em massa, geléias, gelados comestíveis, néctares entre outros (BUENO *et al.*, 2002).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) define polpa de fruta, através do Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta, “como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processos tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (BRASIL, 2000).

Em geral, a polpa é um produto utilizado como matéria-prima por outras indústrias, na fabricação de iogurtes, sorvetes, sucos, doces, etc. Pode também ser

processado durante a safra, visando a sua utilização posterior para obtenção de doces em massa, geléias e néctares (PARIZ, 2011).

De acordo com BARBOSA (2010), a mistura de mais de uma fruta para produção de sucos e néctares é uma tendência observada no mercado. Várias vantagens são citadas por BATES *et al.* (2001):

- Compensar o alto custo de algumas frutas misturando com outras mais baratas;
- Balancear sabores fortes, acidez elevada, adstringência ou amargor;
- Corrigir baixo nível de sólidos solúveis;
- Equilibrar sucos com sabores fracos, mas com outras características desejáveis;
- Melhoria de cor;
- Complementação de nutrientes fornecidos por frutas diferentes;
- Melhoria de consistência;
- Balancear relação °Brix/Acidez, que influencia na percepção sensorial do açúcar e da acidez.

5.2.3 - Suco de frutas

As frutas “*in natura*” e seus sucos constituem as principais fontes de vitaminas, principalmente C e E, e carotenóides da nossa dieta. Estes constituintes exercem um efeito protetor à saúde por combater os radicais livres (CARDOSO *et al.*, 2011).

Além das propriedades nutricionais e funcionais inerentes aos sucos de frutas, outros compostos bioativos com comprovadas propriedades funcionais, vêm sendo adicionados às bebidas de frutas na Europa, como por exemplo, ômega-3, luteína, carnitina, vitaminas, cálcio, magnésio e inulina (SIRÒ *et al.*, 2008). Destes destacam-se os frutanos, inulina e frutoligossacarídeos (FOS), carboidratos não digeríveis, extraídos da raiz da chicória (*Chicoriumintybus*), por estimularem seletivamente o crescimento e atividade de bactérias intestinais promotoras de saúde, especialmente bifidobactérias (WANG, 2009).

Para LIMA (2011) quanto menor a quantidade de polpa de fruta presente na bebida, menor o seu valor nutricional. Os sucos, do ponto de vista nutricional, são mais ricos que os néctares, que possuem quantidades menores da fruta em sua composição. Em último lugar, encontram-se os refrescos e os refrigerantes com sucos de frutas.

5.2.4 - Legislação

De acordo com a legislação brasileira em vigor a bebida mista de frutas é definida como “bebida obtida pela diluição em água potável da mistura de suco de fruta ou de extrato vegetal, ou pela combinação de ambos. O néctar é definido como a bebida não fermentada, obtida pela dissolução, em água potável, da parte comestível da fruta e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos. O néctar, cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em regulamento técnico específico, deve conter um mínimo de 30% da respectiva polpa, ressalvados os casos de fruta com acidez ou conteúdo de polpa muito elevada ou sabor muito forte e, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20%. O néctar misto de fruta é definido como “bebida obtida pela diluição em água potável da mistura de partes comestíveis de vegetais, de seus extratos ou combinação de ambos, e adicionado de açúcares, destinada ao consumo direto” (BRASIL, 2003; BRASIL, 2009).

Segundo LIMA (2011), a obtenção de bebidas mistas de frutas requer um processo simples que abrange: formulação, homogeneização e tratamento térmico.

A legislação brasileira vigente que fixa limites para bolores e leveduras em polpa de frutas é a Instrução Normativa nº 1, de 07 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), porém, a Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que apresenta o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, não menciona a contagem de bolores e leveduras em polpa de frutas. No entanto, a contagem de aeróbios mesófilos em polpas de frutas é desconsiderada pela legislação brasileira PARIZ (2011).

5.2.5 - Suco integral, néctar, suco concentrado, suco reconstituído

A indústria de sucos de frutas tropicais vem investindo nessas misturas de frutas, agregando valor aos produtos por meio da adição de compostos bioativos, visando à elaboração de bebidas de frutas com propriedades funcionais. Diante do exposto, compreende-se que a combinação de frutas tropicais para elaboração de néctares mistos adicionados de inulina deverá potencializar os efeitos benéficos destes produtos à saúde e melhorar a sua aceitabilidade (LIMA, 2011).

Com o mercado altamente competitivo, as indústrias de bebidas apostam na diversificação de sua linha de produtos. Além do suco (concentrado, integral e

reconstituído), o néctar é outra opção de bebida a base de fruta. Por possuir menor teor de suco (ingrediente de maior custo), o preço final dos néctares é menor que os preços praticados de sucos integrais pasteurizados e sucos reconstituídos. Neste aspecto, os néctares vêm ganhando espaço entre os consumidores (QUEIROZ & MENEZES, 2005).

Suco é bebida não fermentada e não diluída, obtida da parte comestível do fruto, através de processo tecnológico adequado. A este poderá ser adicionado açúcar na quantidade máxima de dez por cento (gramas de açúcar por cem gramas de suco). A designação “integral” será privativa do suco sem adição de açúcar e na sua concentração natural; o suco concentrado é o suco parcialmente desidratado. Este, quando reconstituído, deverá conservar os teores de sólidos solúveis originais do suco integral, ou o teor de sólidos solúveis mínimo estabelecido nos respectivos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para cada tipo de suco já o néctar é a bebida não fermentada, obtida da diluição em água potável da parte comestível do vegetal ou de seu extrato, adicionado de açúcares, destinada ao consumo direto (BRASIL, 2009).

5.2.6 - Análise sensorial

Tanto as instituições de pesquisas como as indústrias de alimentos, principalmente, têm buscado identificar e atender os anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado importante ferramenta neste processo, envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto a sua qualidade sensorial, em várias etapas de seu processo de fabricação. É uma ciência que objetiva, principalmente, estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição (MINIM, 2006).

Segundo SCHNEIDER (2006) a análise sensorial é uma ferramenta moderna utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação dos produtos já estabelecidos no mercado, estudo de vida de prateleira (*shelflife*), determinação das diferenças e similaridades apresentadas entre produtos concorrentes, identificação das preferências dos consumidores por determinado produto e, finalmente, para a otimização e melhoria da qualidade.

A análise sensorial segundo MINIM (2006) é utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações características de alimentos e outros materiais, da forma como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

O primeiro julgamento feito pelo consumidor nos alimentos é a aparência visual; entretanto o sabor, o aroma e a textura, também influenciam seu julgamento sendo que esses parâmetros podem ser prejudicados pelo processo de secagem (ALLAEDDINI & DJOMEH, 2004).

Diferentes métodos de avaliação são utilizados a fim de se determinar o perfil sensorial, a aceitação, a preferências e a intenção de compra acerca de determinados produtos. Segundo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), os métodos sensoriais podem ser divididos em analíticos (discriminativos e descritivos) e afetivos. Entre os métodos sensoriais analíticos utilizados em alimentos se destaca a análise descritiva quantitativa que proporciona uma descrição completa de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (STONE *et al.*, 1998).

Os testes sensoriais discriminativos ou de diferença, são considerados métodos objetivos utilizados em análise sensorial de alimentos, bebidas e água, com os efeitos das opiniões dos indivíduos minimizados. Medem atributos específicos pela discriminação simples indicando, por comparações se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras. Os testes discriminativos ou de diferença mais empregados em análise sensorial são o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla ou diferença do controle (AMARAL, 2014).

AMARAL (2014) identifica os métodos descritivos que descrevem os componentes ou parâmetros sensoriais e medem a intensidade em que são percebidos. Geralmente, a equipe sensorial define previamente os termos relativos às propriedades mais relevantes do produto e sua sequência de avaliação. Na análise descritiva o provador também avalia, através de uma escala, o grau de intensidade com que cada atributo está presente. Os julgadores devem ser treinados a usar a escala de forma consistente em relação à equipe e às amostras, durante todo o período de avaliação. As técnicas descritivas mais utilizadas são o perfil de sabor, perfil de textura, a análise descritiva quantitativa (ADQ) e o de tempo intensidade. As técnicas descritivas de espectro e de perfil livre também têm sido utilizadas.

As vantagens da análise descritiva quantitativa (ADQ) sobre os outros métodos de avaliação, consistem na confiança e no julgamento de uma equipe composta por 10-

12 julgadores treinados, no desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor, o que implica em maior concordância de julgamentos entre provadores. Os resultados são estatisticamente analisados (BEHRENS & SILVA, 2000).

Outros testes de expressiva relevância e muito úteis no campo da análise sensorial são os testes afetivos que, geralmente, vêm em sequência aos testes descritivos. Os testes afetivos compreendem os testes que medem o grau de gostar ou desgostar de determinado produto ou, ainda, a preferência que o consumidor assume sobre um produto com relação a outro. Esses testes podem fornecer informações complementares às respostas obtidas pela análise descritiva quantitativa (STONE *et al.* 1998).

5.3 - MATERIAL E METODOS

O teste foi conduzido no laboratório de análise sensorial do Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba Campus de Bananeiras - PB

Realizou-se o teste de aceitação sensorial avaliando-se os atributos aparência, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra. O painel sensorial foi composto de 81 provadores não treinados do sexo masculino e feminino, com faixa etária média de 25 anos, recrutados entre alunos dos cursos de mestrado em Tecnologia Agroalimentar, graduação em: Agroindústria, Ciências Agrárias, Administração, Pedagogia e Agroecologia; bem como dos cursos técnicos em Agropecuária, Agroindústria e Aquicultura. Estes foram devidamente orientados sobre o procedimento das avaliações e com o Termo de Consentimentos Livre e Esclarecido preenchido e assinado.

Para a preparação dos néctares utilizou-se pó de maracujá do mato com maltodextrina (20%, 25% e 30%) congelado anteriormente à liofilização nas temperaturas de -25°C, -60°C e -76 °C. Foram realizados testes de diluição sendo escolhida a proporção de 1: 0,04 (água: pó) com adição de 10% de sacarose, homogeneizada em liquidificador doméstico e refrigerada a 12°C até o momento da realização dos testes sensoriais.

As amostras dos néctares de maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata. Mast*) foram codificadas com algarismos de três dígitos escolhidos aleatoriamente, e apresentadas aos provadores em blocos de três (totalizando 9 amostras), juntamente com água, biscoito água e sal e o formulário de avaliação. Os provadores foram informados a fazer uma pausa entre uma análise e outra, servindo-se dessas amostras no sentido de minimizar os efeitos do sabor residual deixado na boca pela amostra anteriormente, segundo MININ (2006).

Considerando-se os provadores, avaliou-se inicialmente a aceitação de cada amostra, para cada atributo, utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, com escores variando de 9 (gostei muitíssimo) até 1 (desgostei muitíssimo) conforme descrito na ficha de avaliação sensorial (Figura 5.1). Utilizou-se a escala hedônica de 9 pontos por ser a mais amplamente utilizada para estudo de preferência com adultos (DUTCOSKY, 2007).

No teste de intenção de consumo os provadores utilizaram uma escala estruturada de 5 pontos, com escores variando de 5 (Certamente não compraria) até 1 (Certamente compraria) conforme descrito na ficha de avaliação sensorial (Figura 5.1).

Nome: _____ Data: _____
 Sexo: () F () M Idade: _____

1- desgostei muitíssimo
 2- desgostei muito
 3- desgostei moderadamente
 4- desgostei ligeiramente
 5- nem gostei/nem desgostei
 6- gostei ligeiramente
 7- gostei moderadamente
 8- gostei muito
 9- gostei muitíssimo

Por favor avalie as amostras codificadas de néctar de maracujá do mato da esquerda para a direita e utilize a escala acima para indicar o quanto você gostou ou desgostou, em relação a cada característica especificada:

AMOSTRAS	Aparência	Aroma	Textura	Impressão global
_____	()	()	()	()
_____	()	()	()	()
_____	()	()	()	()

Com base em sua opinião, classifique as amostras provadas conforme sua intenção de compra utilizando a escala a abaixo:

- (1) Certamente compraria
- (2) Provavelmente compraria
- (3) Tenho dúvida se compraria ou não
- (4) Provavelmente não compraria
- (5) Certamente não compraria

AMOSTRAS	
_____	()
_____	()
_____	()

Comentários: _____

Figura 5.1 - Formulário utilizado na análise sensorial para o teste de aceitação e intenção de compra dos néctares de maracujá do mato.

Os dados da análise sensorial, obtidos por meio de ficha de avaliação, foram tratados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, a nível de 5% de significância utilizando o programa Assistat 7.5 beta. Para realizar a comparação entre as médias empregou-se a ANOVA e para calcular o grau de concordância entre os provadores com relação às notas atribuídas, utilizou-se o programa computacional Consensor.

5.4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 – Avaliação da intenção de compra

Nas Figuras 5.2 a 5.4 estão apresentados os percentuais de intenção de compra dos néctares de maracujá do mato elaborados pela reconstituição do pó de maracujá do mato adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento a -25°C, -60°C e -76°C.

Observa-se, na Figura 5.2 que entre os cinco níveis da escala hedônica os percentuais observados para o néctar elaborado com o pó de maracujá do mato adicionado de 20%, 25% e 30% de maltodextrina apresentaram valores de 18,52%; 17,28% e 18,52 % respectivamente para o índice “Certamente compraria”. Sendo que os maiores valores percentuais foram de 37,04% e 24,69% para as formulações de Maracujá do Mato + 25% e 30% de Maltodextrina pré-congelada anteriormente a liofilização a -25°C, respectivamente, para o índice “Provavelmente compraria” e para a formulação de Maracujá do Mato + 20% Maltodextrina pré-congelada anteriormente a liofilização a -25 °C o maior percentual foi de 34,04% para “Tenho dúvida se compraria ou não”.

Pesquisa sobre néctar misto de mangaba e cagaita revelou que também não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Os conceitos variaram entre “provavelmente compraria” e “certamente compraria”, de acordo com a escala de intenção de compra de cinco pontos (ASSUMPÇÃO *et al.* 2013).

LIMA (2011) ao avaliar a intenção de compra de néctares mistos de frutas tropicais adicionados de inulina encontrou médias que oscilaram entre 4,0 e 2,2 para os dois tratamentos, correspondem aos termos “possivelmente compraria” e “possivelmente não compraria”, resultados menos favoráveis que os verificados nesta pesquisa.

Pesquisa sobre néctar misto de maracujá e araticum, buscando o desenvolvimento de produtos com sabor exótico, conseguiu resultados em relação à intenção de compra com médias de 4,5; situando-se entre as categorias “provavelmente compraria” e “certamente compraria” (MORZELLE, *et al.* 2011).

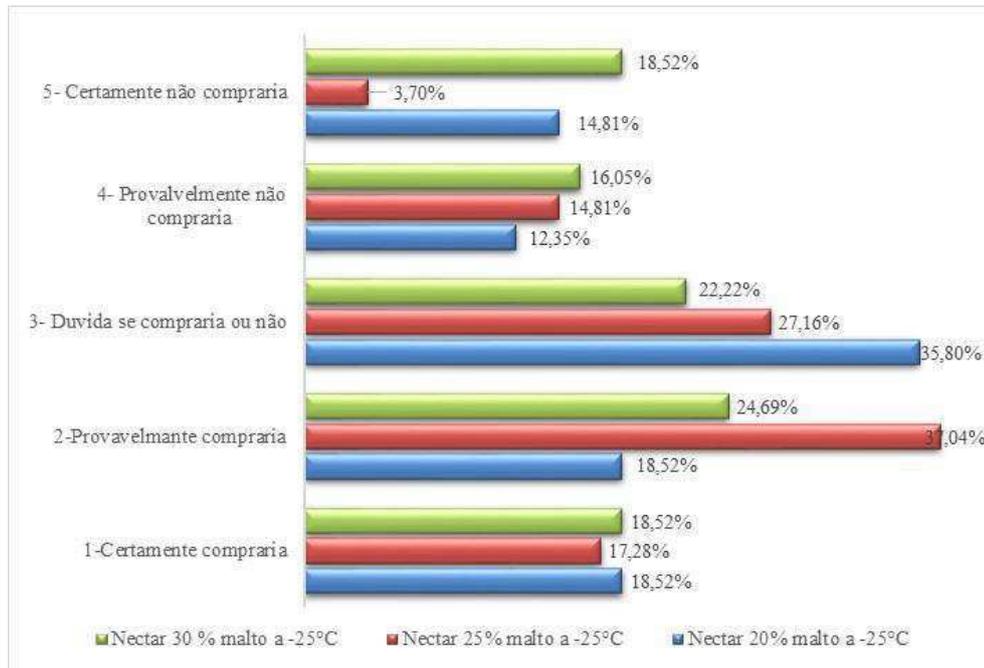


Figura 5.2 Percentual de intenção de compra dos *néctares* de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -25°C

Na Figura 5.3, observa-se que o maior percentual encontrado foi de 32,10% para o *néctar* elaborado com o pó de maracujá do mato +20% de maltodextrina congelado pré-liofilização à -60°C no índice “Provavelmente compraria”, enquanto para o *néctar* elaborado com o pó de maracujá do mato adicionado de 20% e 30% de maltodextrina congelado pré-liofilização à -60°C o maior percentual foi de 30,86% para os índices “Provavelmente compraria” e “Dúvida se compraria ou não”, respectivamente. Observa-se também que os níveis percentuais de rejeição foram baixos tendo em vista valores abaixo de 8,64% para o índice “Certamente não compraria”.

Nesta mesma Figura 5.3 vê-se ainda que para o índice “Certamente compraria” os percentuais foram de 18,52%; 17,28% e 18,52% entre as amostras analisadas com 20%, 25% e 30% de maltodextrina respectivamente.

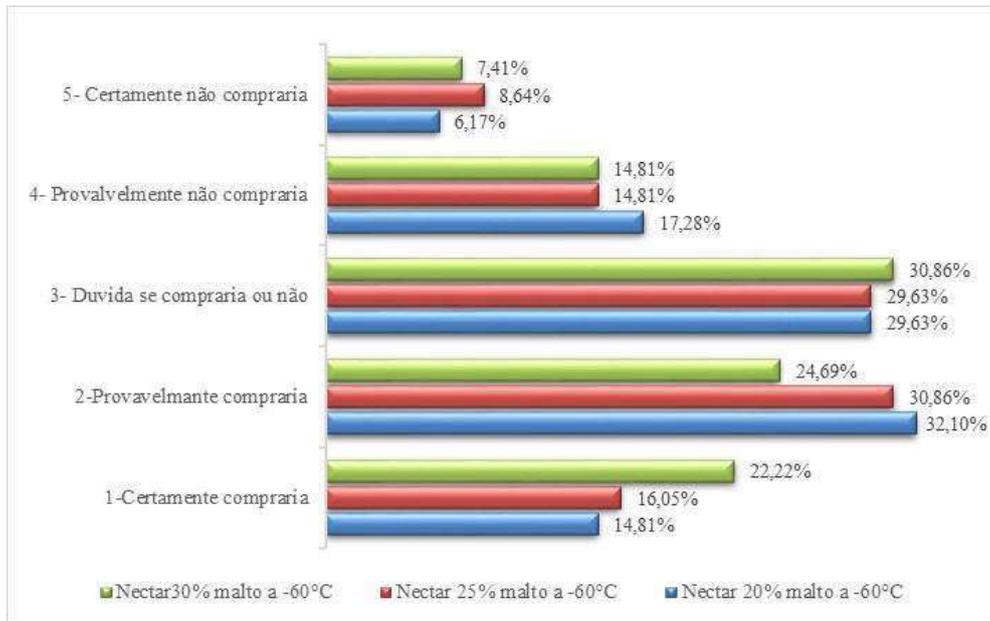


Figura 5.3 Percentual de intenção de compra dos *néctares* de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -60°C

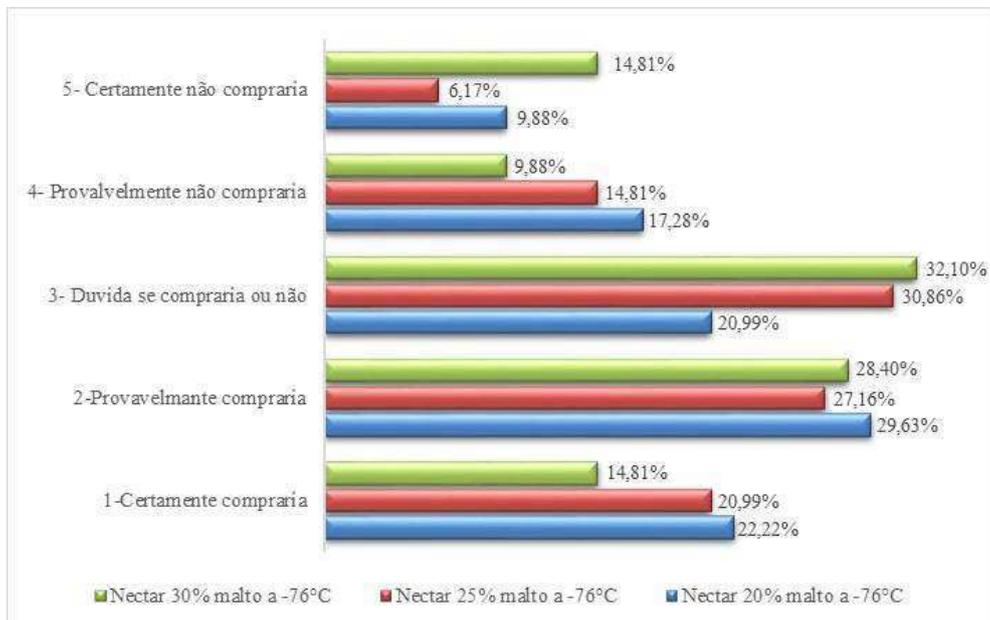


Figura 5.4 Percentual de intenção de compra dos *néctares* de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -76°C

A Figura 5.4 apresenta os valores percentuais de intenção de compra dos *néctares* de maracujá do mato elaborados com pó de maracujá do mato adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina obtidos por liofilização com pré-congelamento à -76°C, onde vê-se que a amostra com 20% de maltodextrina obteve 22,22% para o índice “Certamente

compraria” enquanto as amostras com 25% e 30% de maltodextrina tiveram percentual de 20,99% e 14,81% respectivamente neste mesmo índice da escala hedônica. O maior valor percentual foi de 30,86% e 32,10% para as formulações com 25% e 30% de maltodextrina no índice “Dúvida se compraria ou não”.

Analisando conjuntamente os resultados para intenção de compra referente aos *néctares* analisados pode-se dizer que as amostras com maior índice de aceitação foram os *néctares* obtidos com pó de maracujá do mato adicionados de 20% e 25% de maltodextrina com pré-congelamento a -76°C, pois estes apresentaram percentual de 22,22% e 20,99% respectivamente para o índice “Certamente compraria”. Enquanto o *néctar* com maior índice de rejeição foi o *néctar* obtido com pó de maracujá do mato adicionado de 30% de maltodextrina pré-congelamento a -25°C apresentando percentual de 18,52% para o índice “Certamente não compraria”. DAMIANI *et al* (2011) estudando a aceitação sensorial de *néctar* misto de cajá-manga com hortelã obteve percentual de aceitação de 91% entre os provadores. SILVA *et al* (2008) avaliando a intenção de compra para *néctar* de caju adoçado com mel não se observou diferença significativa em função do tempo, onde a resposta média foi 3,9; situando-se entre as categorias “talvez comprasse/talvez não comprasse” e “provavelmente compraria”, indicando que o produto, se estivesse disponível no mercado, teria aceitação pelos consumidores em potencial.

5.4.2 – Avaliação da aceitação sensorial dos *néctars* reconstituídos de pó de maracujá do mato.

Na Tabela 5.1 encontram-se as médias da interação entre os fatores temperatura de congelamento e teor de maltodextrina para as propriedades sensoriais: Sabor, Aparência, Textura e Impressão Global, *néctares* de maracujá do mato. Observa-se nesta tabela que não houve diferença significativa entre nenhuma das interações analisadas. Valor semelhante foi encontrado por LOPES (2005) quando estudou a estabilidade e formulação de *néctar* misto de pitanga e acerola, onde até 60 dias de armazenamento não houve diferença significativa entre os atributos sensoriais de Aparência, com médias variando de 6,52 a 6,28; Aroma, com médias de 6,50 a 6,99 e Sabor com médias variando de 6,28 a 7,33.

Tabela 5.1 - Médias dos fatores condição de processamento, temperatura de congelamento e teor de maltodextrina para as propriedades sensoriais: Sabor, Aparência, Textura e Impressão Global, *néctares* de maracujá do mato.

Fatores	Médias			
	Sabor	Aparência	Textura	Impressão Global
Temperatura(°C)				
-25	6,17696 a	6,16049 a	5,70782 a	6,26337 a
-60	6,22634 a	6,06996 a	5,92593 a	6,15638 a
-76	6,21399 a	5,93827 a	5,75720 a	6,14403 a
DMS	0,44348	0,41958	0,42910	0,39953
Teor de Matodextrina(%)				
20	6,06584 a	6,16872 a	5,75720 a	6,13992 a
25	6,42387 a	6,08642 a	5,82716 a	6,38683 a
30	6,12757 a	5,91358 a	5,80658 a	6,03704 a
DMS	0,44348	0,41958	0,42910	0,39953

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dentre os atributos avaliados os que apresentaram maiores notas foram Sabor e Impressão Global, não diferindo significativamente entre si ($p < 0,05$); seguidos da aparência com as segundas maiores notas médias. A textura foi o atributo com avaliação menos positiva, encontrando-se entre “Não gostei, nem desgostei” e “Gostei ligeiramente”. SOUZA FILHO *et al* (2002) obteve boa aceitação de néctar elaborado a partir de frutos exóticos quando desenvolveram e avaliaram néctar de mangaba.

LANG *et al* (2013) obtiveram aceitabilidade acima de 70% para suco integral e néctar de laranja durante o armazenamento, não havendo diferenças significativas durante os quatros meses de armazenamento em relação aos parâmetros de odor, sabor, qualidade global em todas as amostras analisadas de suco integral e néctar de laranja.

SILVA *et al.* (2007) encontraram para a análise sensorial de suco e polpa de cajá obtidos pela reidratação do cajá em pó diferença significativa a nível de 5% de probabilidade nos atributos aroma e aparência, no entanto no parâmetro cor, a diferença foi significativa apenas em nível de 1% de probabilidade entre as amostras de polpa de cajá.

Na Tabela 5.2 encontram-se as concordâncias entre as médias das notas atribuídas pelos julgadores para análise sensorial dos néctares de maracujá do mato, podendo-se observar, para o parâmetro aparência que o maior coeficiente de concordância (CC) foi de 31,86% para a amostra com 25% de maltodextrina pré congelada a -76°C para a nota média de 6,25. Em contrapartida observa-se que o néctar de maracujá do mato contendo 30% de maltodextrina pré-congelado a -76 °C apresentou o menor coeficiente de concordância, 19,79% e a menor nota média 5,54 para o parâmetro aparência, média situada entre os conceitos de “Nem gostei/Nem desgostei” e “Gostei ligeiramente”. Já o néctar com 20% de maltodextrina congelado na mesma temperatura obteve as maiores notas neste atributo, encontrando-se entre “Gostei Ligeiramente” e Gostei Moderadamente”.

O atributo textura foi o que apresentou as menores notas médias variando de 5,63 a 5,88 situada entre as respostas “Nem gostei/Nem desgostei” e “Gostei ligeiramente”, e coeficientes de concordância variando de 18,69% a 24,05% entre as nove amostras analisadas.

O sabor é um atributo complexo, definido como experiência mista, mas unitária de sensações olfativas, gustativas e táteis percebidas durante a degustação. Este atributo é influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e/ou sinestésicos, e essa inter-relação de características é o que diferencia um alimento do outro. O sabor é o atributo decisivo no consumo de um alimento após a aparência, caso esta ainda tenha provocado dúvida ao julgador (TEIXEIRA *et al.*, 1987; HUY, 1992; ABNT, 1993; ANZALDÚA-MORALES, 1994). Observando a Tabela 5.2 vê-se que para o atributo sabor, a amostra com maior coeficiente de concordância entre os provadores foi o néctar de maracujá do mato com 25% de maltodextrina com pré-congelamento a -25°C, com CC de 29,57% para a nota média de 6,47.

NEVES e LIMA (2010) verificaram na avaliação sensorial de néctar de acerola adicionado de extrato de própolis que os resultados do atributo sabor encontraram-se entre “gostei ligeiramente” do néctar com concentração de 1% de própolis e “desgostei muito” do néctar com 10% de própolis. Resultados de valores de sabor foram encontrados por FREITAS *et al.* (2006) ao avaliarem a estabilidade de suco tropical de acerola adoçado, envasado por processo *hot fill*, obtendo-se média 4,2; ou seja, os provadores “desgostaram ligeiramente” e, quando o suco foi processado assepticamente os provadores “gostaram ligeiramente”, com média de 5,8.

Tabela 5.2 – Média das notas atribuídas pelos provadores e coeficiente de concordância para as propriedades sensoriais (Aparência, textura, sabor e impressão global) dos *néctars* reconstituídos de pó maracujá do mato liofilizado com temperaturas de pré congelamento à -25, -60 e -76°C adicionados de 20%, 25% e 30% de maltodextrina.

Temperatura (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	ATRIBUTOS SENSORIAIS							
		Aparência		Textura		Sabor		Impressão Global	
		MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)
-25°	20	6,20 ± 1,91	28,08	5,70 ± 2,05	19,54	5,75 ± 2,15	23,57	6,09 ± 1,96	34,05
	25	6,06 ± 2,02	27,59	5,72 ± 1,92	27,51	6,47 ± 1,91	29,57	6,42 ± 1,52	34,70
	30	6,22 ± 1,82	30,82	5,70 ± 2,07	18,69	6,31 ± 1,95	23,36	6,28 ± 1,78	29,77
-60°	20	6,28 ± 1,98	28,63	5,94 ± 1,98	21,28	5,63 ± 2,09	21,38	6,16 ± 1,95	28,87
	25	5,95 ± 1,96	24,50	5,89 ± 2,12	20,79	6,31 ± 1,97	26,19	6,28 ± 1,83	30,65
	30	5,98 ± 2,04	26,64	5,95 ± 1,98	25,32	6,15 ± 2,05	26,52	6,02 ± 1,96	26,84
-76°	20	6,02 ± 2,07	23,64	5,63 ± 2,09	21,38	6,22 ± 2,20	22,45	6,17 ± 2,02	27,22
	25	6,25 ± 1,83	31,86	5,88 ± 1,89	23,57	6,49 ± 2,07	25,32	6,46 ± 1,75	37,04
	30	5,54 ± 2,07	19,79	5,77 ± 2,00	24,05	5,93 ± 2,10	21,68	5,80 ± 2,03	22,75
DMS		1,547		1,472		1,365		1,356	

DMS diferença mínima significativa
CC % coeficiente de concordância em %

O gosto e olfato que traduzem o sabor dos alimentos têm enorme impacto sobre a preferência ou não preferência, aprovação, aceitação ou rejeição de um determinado alimento (DELWICHE, 2004).

No que se refere ao consenso entre os provadores o atributo de Impressão Global imprimiu o mesmo comportamento do atributo Sabor, com coeficiente de concordância de 34,70 para o néctar reconstituído de maracujá do mato com 25% de maltodextrina com pre-congelamento a -25°C.

Segundo ZANATTA *et al.* (2014) a impressão global reflete a junção de todos os atributos para cada amostra. Esses autores ao avaliarem a aceitação sensorial de néctar de camu-camu com polpa pasteurizada pós-embalagem e armazenada em diferentes temperaturas encontraram que a polpa congelada a -18°C foi classificada pelo termo hedônico “gostei muito” e não sofreu interferência do período de armazenamento, sendo considerada bem aceita pelos julgadores.

SOUZA *et al.* (2012) ao elaborarem néctar de kiwi e ao avaliar a aceitação sensorial do produto observaram que os atributos sabor (6,63) e aparência (6,39) foram qualificados pelos provadores como “gostei ligeiramente” concluindo, assim, que o sabor em alimentos e bebidas tem sido definido como a impressão percebida através das sensações químicas de um produto na boca.

Através dos dados obtidos foi possível observar que a amostra com 25% de maltodextrina, congelada anteriormente à liofilização a -76°C obteve as maiores notas, considerando-se a mais aceita. Todos os tratamentos com o mesmo teor de agente carreador não apresentaram diferença significativa entre si.

Pode-se justificar as baixas notas à amostra contendo 30% de maltodextrina pré-congelada a -76°C por ter sido a última amostra apresentada aos julgadores, podendo haver cansaço, saturação e/ou erro devido ao número de amostras com provadores não treinados. Outro ponto que deve ser considerado foi a falta de conhecimento do sabor do maracujá do mato, o que pode ter favorecido a uma tendência de erro e/ou não aceitação do néctar reconstituído, já que alguns comentários das fichas de avaliação sensorial relataram que o produto não apresentava características semelhante ao maracujá amarelo. O maracujá do mato é um fruto nativo do semiárido brasileiro e com sabor exótico, fruto pouco consumido e vendido em algumas feiras livres da região não se assemelhando ao maracujá amarelo mais conhecido popularmente (KIILL *et al.* 2010).

Em relação à aceitação, para todas as formulações de néctar de maracujá do mato (*Passiflora Cicinnata. Mast*), situando-se entre as categorias “gostei ligeiramente” e

“gostei moderadamente”, de acordo com a escala hedônica de nove (9) pontos, utilizada neste trabalho. Portanto, até a etapa realizada é possível verificar boa aceitação sensorial pelo consumidor para todas as formulações. PONTES *et al.* (2010) verificaram que o néctar de uva teve aceitação em torno de 7,3; não apresentando diferença significativa das amostras de suco integral. MORZELLE *et al.* (2009) ao produzirem néctar misto de ata e maracujá obtiveram um produto atraente em função de suas características sensoriais, apresentando potencial tecnológico principalmente quando relacionado ao aspecto da agregação de valor ao produto do cerrado.

5.5- CONCLUSÃO

A maior intenção de compra foi para os néctares elaborados com o pó de maracujá do mato com 30% de maltodextrina com pré-congelamento a -60°C e para o néctar elaborado com o pó de maracujá do mato com 20% de maltodextrina com pré-congelamento a -76°C , ambos com percentual de 22,22% para “Certamente compraria”, enquanto a menor intenção de compra foi para os néctares elaborados com o pó de maracujá do mato com 30% de maltodextrina pré-congelado a -25°C com percentual de 18,52% para “Certamente não compraria”.

O néctar obtido do pó liofilizado com 25% de maltodextrina pré-congelado a -76°C anteriormente à liofilização apresentou as maiores notas de aceitação, sendo a média de 6,46 para a impressão global, com 37,04% de concordância entre os provadores para este parâmetro sensorial.

A intenção de compra do néctar de maracujá no mato reconstituído de pó liofilizado obteve as maiores notas para os conceitos de “Provavelmente compraria” e “Tenho dúvida se compraria ou não”.

5.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAEDDINI, B.; DJOMEH, Z. E. Formulation and quality improvement of dried kiwifruit slices using an osmotic pre-treatment. In: PROCEEDINGS OF THE 14THINTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM, 14., 2004. **Anais...** São Paulo: UNICAMP, 2004. CD-ROM.

AMARAL, D. S. **Obtenção da polpa em pó de biribá (*rollinia mucosa*) pelo processo de secagem em camada de espuma e por liofilização: estudo dos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos.** 2014. 199f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2014.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2015. Editora Gazeta, 140 p. 2015.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica.** Zaragoza: Acribia SA, 1994. 198 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas:** terminologia. 1993. 8 p.

ASSUMPÇÃO, C. F.; BACHIEGA, P.; SANTANA, A. T. M. C.; MORZELLE, M. C.; VILAS BOAS, B. M.; SOUZA, É. C. Néctar misto de mangaba (*Hancoria speciosa gomes*) e cagaita (*Eugenia dysenterica*): perfil sensorial e características físico-químicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.3, p.219-224, 2013.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de misturas de frutas obtido por spray drying.** 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

BATES, R. P.; MORRIS, J. R.; CRANDALL, P. G. **Principles and practices of small - and medium - scale fruit juice processing.** FAO Agricultural Services Bulletin, 146. Food Science and Human Nutrition Department. University of Florida, 2001.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 60-67, 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto Nº 6871, de 4 de junho de 2009. **Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e afiscalização de bebidas**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Diário Oficial da União, Nº 6, Brasília, 10 de janeiro de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. **Regulamento Técnico para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical e de outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília - DF, Ed. nº 174 de 9 de setembro de 2003.

CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P. B.; STRINGHETA, P.C.; RIBEIRO, S.M.R. PINHEIROSANT'ANA, H. M. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v. 126, p. 411-416, 2011.

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava L.*) em pó pelo método de secagem em camada de espuma viçosa**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.

CUNHA, A. M.; ARAÚJO, R. D.; MELLO, C. H.; BOEIRA J. L. F. Relatório de acompanhamento setorial frutas processadas. 2008. v. I, UNICAMP, Agência brasileira de desenvolvimento industrial. 32 f. Disponível em: https://www3.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/frutas-processadas_vol-I_julho2008.pdf. Acesso em 16 de janeiro de 2016.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A.; AMORIM, C. C. M.; SILVA, S. T. P.; BASTOS, I. M.; ASQUIERI, E. R.; VERA, R. Néctar misto de cajá-manga com hortelã: caracterização química, microbiológica e sensorial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.301-309, set./dez. 2011.

DELWICHE, J. The impact of perceptual interactions on perceived flavor. **Food Quality and Preference**, v. 15, p. 137-146, 2004.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002. 288p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2007. 239 p.

FAZIO, M. L. S. **Qualidade microbiológica e ocorrência de leveduras em polpas congeladas de frutas**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.

FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. R.; RENO, M. J. Relação entre o Comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 30, n. 1, p. 188-204, 2010.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, M. C. P.; SOUSA, P. H. M. Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) adoçado envasado pelos processos hot-fi ll e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 544-549, 2006.

FREITAS, D. G. C.; MARTTIETTO, R. A. Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n.1, p. 148- 154, 2013.

LANG, D. J. K.; BRAGA, J. B.; SILVA, P. T.; ROSA, V. P.; TREVISAN, R. 2013. Avaliação sensorial de suco e néctar de laranja pasteurizado durante o armazenamento.

In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 10, 2013. Campinas, SP, **Anais...** Campinas-SP:2013. CD-Rom

LEONE, R. S.; RAMOS, A. M.; ROCHA, F. I. G. Assessment of bioactive components in blend by fruits and vegetable during 100 days of storage. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, n.1, p. 480-489, 2011.

LIMA, A. S. **Néctares mistos de frutas tropicais adicionados de inulina: ação prebiótica, estabilidade e aceitabilidade**. 2011. 115 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE. 2011.

LOPES, A. S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 2005. 175f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2005.

LORENZI, H. L.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas Brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

MINIM, Valéria Paula Rodrigues. **Análise sensorial: estudo com consumidores** - Viçosa: Ed. UFV, 2006. 225p.

MOREIRA, C. F. F.; LOPES, M. L. M.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Impacto da estocagem sobre atividade antioxidante e teor de ácido ascórbico em sucos e refrescos de tangerina. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 25, n. 6, p. 743-752, 2012.

MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUMPÇÃO, C. F.; FLORES, J. C. J.; OLIVEIRA, K. A. M. Agregação de valor a frutos de ata através do desenvolvimento de néctar misto de maracujá (*passiflora edulissims*) e ata (*annonasquamosa l.*). **Alimentação e Nutrição**. v. 20, n. 3, p. 389-393. 2009.

MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUMPÇÃO, C. F.; VILAS BOAS. B. M. Desenvolvimento e avaliação sensorial de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis Sims*) e araticum (*Annona crassiflora*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.2, p.131-135, 2011.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Mechanical changes in freeze-dried strawberry powder as affected by water activity, glass transition and carbohydrate polymers addition. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n.4, p.234-242, 2010.

NEVES, L. C. **Desenvolvimento do agronegócio frutícola nos estados da Amazônia legal-potencialidades roraimenses**. Projeto de desenvolvimento: fruticultura. Disponível em: <www.cgee.org.br/atividades/redirect.php> Acesso em: 12 jan. 2016.

NEVES, M. V. M.; LIMA, V. L. A. G. Evaluation sensory and characterization physical chemistry of nectar acerola added of extract commercial propolis. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 399-405, jul./set. 2010.

OSÓRIO, C.; CARRIAZO, J. G.; BARBOSA, H. Thermal and structural study of guava (*Psidium guajava L.*) powders obtained by two dehydration methods. **Química Nova**, Essex, v. 34, n.4, p. 636-640, 2011.

PARIZ, K. L. Avaliação da qualidade microbiológica de polpas de frutas. 2011. 47 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Bento Gonçalves- RS. 2011.

PEREIRA, L. M.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; HUBINGER, M. D. Microscopic features, mechanical and termal properties of osmotically dehydrated guavas. **Food Science and Technology**, v.42, n.1, p. 378-384, 2009.

PONTES, P. R. B.; SANTIAGO, S. S.; SZABO, T. N.; TOLEDO, L. P.; GOLLÜCKEA. P. B. Atributos sensoriais e aceitação de sucos de uva comerciais, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 313-318, 2010.

QUEIROZ, E. C.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 11, p. 221-254.

SANTOS, C. A. A.; COELHO, A. F. S.; CARREIRO, S. C. Avaliação Microbiológica de polpa de frutas congeladas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 2008.

SCALON, S. P. Q.; DELL'OLLIO, P.; FORNASIERI, J. L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de *Eugenia uvalha* Cambess – mirtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1965-1968, 2004.

SCHEIBLER, M. V.; FILHO, F. F. L. Frutas Tropicais: Levantamento das Exportações Brasileiras. **Revista de Negócios Internacionais**, Piracicaba, 4(6):19-23, 2006 p19-23.

SCHNEIDER, F. **Análise Sensorial para bebidas lácteas fermentadas**. SENAI – RS, 2006.

SILVA, Y. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; GUEDES, M. A.; Análise sensorial da polpa e do suco de cajá obtidos pela reidratação de cajá em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.1, p.1-6, 2007.

SILVA, A. R.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, M. C. P.; FONSECA, A. V. V.; SOUSA, P. H. M.; CARVALHO, J. M. Néctar de caju adoçado com mel de abelha: desenvolvimento e estabilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.348-354, 2008.

SOUSA, P. H. M., RAMOS, A. M.; MAIA, G. A.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S.; FONSECA, A. V. V. Adição de extratos de *Ginkgobilobae Panaxginsengem* néctares mistos de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 463-470, 2010.

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; BORGES, M. F. Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da Região Norte e Nordeste do Brasil: estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.5, p.139-143, 2002.

SOUZA, E. C.; DIAS, S. C.; CARDOSO R. L.; SOUZA, D. T. Elaboração, avaliação físico-química e sensorial da bebida néctar de kiwi. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 8, n.14; p. 1900 – 1906. 2012.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVERS, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v. 52, n. 2, p. 48-52, 1998.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180 p.

ULLOA, J. Z.; SUÁREZ, H. R. De México al mundo: importancia y perspectivas de los productos no tradicionales. **Revista Claridades Agropecuarias**, Mexico, n.132. 2004.

WANG, Y. Prebiotics: Present and future in food science and technology. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 8-12, 2009.

ZANATTA, S.; SILVA, P. P. COSTA, M. H.; SPOTO, M. H. F. S.; GROppo-ORTIZ, V. D. Qualidade sensorial de néctar de camu-camu produzido com polpa pasteurizada pós-embalagem armazenada em diferentes temperaturas. **Boletim do Centro de Pesquisa em Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 239-248, jul./dez. 2014.