



**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**



DISSERTAÇÃO

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

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DE BURITI

WOLIA COSTA GOMES

Campina Grande – Paraíba

Fevereiro – 2009

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DE BURITI

WOLIA COSTA GOMES

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADORES: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof.ª Dr.ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Campina Grande – Paraíba

Fevereiro – 2009



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

G633s

2010 Gomes, Wolia Costa.

Secagem por aspersão da polpa de buriti / Wolia Costa Gomes. –
Campina Grande, 2010.

122 f. : il. col.

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

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Alexandre José de Melo, Prof^a. Dr^a. Rossana
Maria Feitosa de Figueirêdo.

1. Secagem por Nebulização. 2. *Mauritia flexuosa*. 3.
Maltodextrina. 4. Dextrose Equivalente. 5. Planejamento
Experimental. I. Título.

CDU – 631.563.2(043)



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



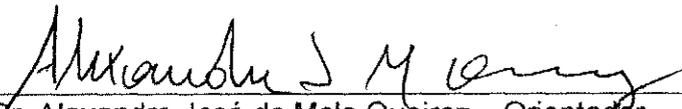
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

WOLIA COSTA GOMES

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DE BURITI

BANCA EXAMINADORA

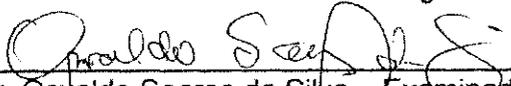
PARECER


Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – Orientador

APROVADA


Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo – Orientadora

Aprovada


Dr. Osvaldo Soares da Silva – Examinador

Aprovada


Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva – Examinador

Aprovada

FEVEREIRO - 2009

Agradecimentos

A Deus, por ter me dado forças, perseverança, paciência e coragem todos os dias de minha vida, ao longo deste trabalho; sem esta ajuda eu não seria quem sou e não teria chegado até aqui. Obrigada.

A minha família, pelo incentivo, carinho e paciência que me dedicaram durante a vida profissional. Em especial a minha Mãe, Maria de Fátima da Costa Gomes, pelo apoio incondicional, dando-me forças nas horas difíceis e que, em sua simplicidade, sempre valorizou a educação.

Aos meus queridos amigos, João Carlos, Regilane e Jozan, pessoas fundamentais na realização e concretização deste trabalho;

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Capes, que possibilitou financeiramente a concretização deste sonho;

Aos Professores Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Alexandre José de Melo Queiroz, pela orientação, competência, paciência, valiosa orientação e ensinamentos que me seguirão por toda vida.

Aos Professores Dr Flávio Luiz Honorato da Silva e Osvaldo Soares da Silva, pela participação neste trabalho como examinadores, contribuindo para o seu melhoramento.

Aos Professores do curso de pós-graduação em engenharia agrícola que, de forma direta ou indireta, colaboraram na concretização deste trabalho;

À secretária da COPEAg/UFCG, Rivanilda D. S. de Almeida, pela dedicação, atenção e carinho;

Aos funcionários do Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Julio César, Silas, Cristiano, Renato, Rildo, Luisinho, em especial a Luciene, pela amizade, carinho e colaboração;

Aos amigos do curso, pelo incentivo e colaboração, Iane, Cibele, Márcia, Karen, Zé Carlos, Hermeval, Adriano Santana, Patrícia, Débora, Tâmila, Karla e Ezenildo;

A Olivia, Thais, Cealia, e Joacy Júnior pessoas especiais na minha vida que sempre me incentivaram em busca de novos desafios e de nunca desistir;

A meus pais, Marco Antonio e Fátima, pelo amor e pelos exemplos de vida e perseverança;

À Corn Products Brasil, pela doação da Maltodextrina;

Ao Centro de Tecnologia do Couro e Calçado Albano Franco (CTCC) pelo uso do viscosímetro;

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

A todos, agradeço.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Objetivo geral.....	2
1.1.1 – Objetivos específicos.....	2
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 – Buriti.....	4
2.2 – Secagem.....	7
2.2.1 – Secagem por aspersão.....	8
2.3 – Planejamento experimental fatorial.....	9
2.4 – Aditivos.....	10
2.5 – Viscosidade aparente.....	12
2.6 – Atividade de água.....	14
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 – Matéria-prima.....	15
3.1.2 – Preparo das amostras.....	15
3.2 – Caracterização química e fisico-química.....	15
3.2.1 – Umidade/sólidos totais.....	15
3.2.2 – pH.....	16
3.2.3 – Acidez total titulável.....	16
3.2.4 – Resíduo mineral fixo (cinzas).....	16
3.2.5 - Sólidos solúveis totais (°Brix).....	16
3.3 – Caracterização física.....	16
3.3.1 – Cor.....	16
3.3.2 – Densidade.....	17
3.3.3 – Viscosidade aparente.....	17
3.4 – Planejamento fatorial para a secagem em secador por aspersão.....	17
3.5 – Secagem.....	18
3.6 - Isotermas de adsorção de água.....	19

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 – Caracterização da polpa de buriti.....	22
4.2 – Caracterização das emulsões.....	23
4.3 – Viscosidade aparente das emulsões.....	28
4.4 – Planejamento experimental fatorial da secagem da emulsão com polpa de buriti.....	34
4.4.1 – Umidade.....	34
4.4.2 – Cinzas.....	38
4.4.3 – Luminosidade (L*).....	41
4.4.4 – Intensidade de vermelho (+a*).....	44
4.4.5 – Intensidade de amarelo (+b*).....	48
4.4.6 – Acidez total titulavel.....	50
4.4.7 – Densidade.....	55
4.5 – Isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó.....	58
5 – CONCLUSÕES.....	70
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE A.....	85
APÊNDICE B.....	89
APÊNDICE C.....	91
APÊNDICE D.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Palmeira do Buriti (SODRÉ, 2005)	4
Figura 2.2 – Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>) (SODRE, 2005)	6
Figura 3.2 – Secador por aspersão (spray dryer) (GOMES, 2008).....	19
Figura 4.1 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a umidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)	37
Figura 4.2 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre as cinzas (%) das amostras em pó coletadas no ciclone do secador (Ci)	41
Figura 4.3 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a luminosidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)	44
Figura 4.4 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)	47
Figura 4.5 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a acidez total titulável (% ácido cítrico) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca)	54
Figura 4.6 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a acidez total titulável (% ácido cítrico) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)	54
Figura 4.7 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina sobre a densidade (g/cm ³) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca)	57
Figura 4.8 - Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg	62

Figura 4.9 - Isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg	65
Figura 4.10 - Isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10) coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição química e físico-química da polpa de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>).....	7
Tabela 2.2 – Equações matemáticas dos modelos de isotermas de sorção.....	13
Tabela 3.1 – Níveis de variáveis do planejamento fatorial 2^2	17
Tabela 3.2 – Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 2$ no ponto central para a formulação (polpa de buriti/água + maltodextrina nas concentrações 5, 10 e 15% com dextrose equivalente DE = 10).....	18
Tabela 4.1 – Valores médios e desvios padrões dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa de buriti.....	22
Tabela 4.2 – Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina e dextrose equivalente (DE) de 10, 14 e 20.....	24
Tabela 4.3 – Viscosidade aparente (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti em função da velocidade de rotação e concentração de maltodextrina (DE = 10).....	29
Tabela 4.4 – Viscosidade aparente (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti em função da velocidade de rotação e concentração de maltodextrina (DE = 14).....	31
Tabela 4.5 – Viscosidade aparente (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti em função da velocidade de rotação e concentração de maltodextrina (DE = 20).....	32
Tabela 4.6 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com 2 pontos centrais dos dados experimentais de umidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	35
Tabela 4.7 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da umidade das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão	36
Tabela 4.8 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da umidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	36

Tabela 4.9 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com 2 pontos centrais dos dados experimentais das cinzas das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	38
Tabela 4.10 - Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais das cinzas das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão	39
Tabela 4.11 - Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais das cinzas das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	40
Tabela 4.12 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com pontos centrais dos dados experimentais da luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	42
Tabela 4.13 - Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) do secador por aspersão	43
Tabela 4.14 - Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	43
Tabela 4.15 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com pontos centrais dos dados experimentais da intensidade de vermelho ($+a^*$) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	45
Tabela 4.16 - Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de vermelho ($+a^*$) das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão	46
Tabela 4.17 - Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de vermelho ($+a^*$) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	47
Tabela 4.18 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com pontos centrais dos dados experimentais da intensidade de amarelo ($+b^*$) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	48

Tabela 4.19 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão	50
Tabela 4.20 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	50
Tabela 4.21 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2 ² com pontos centrais dos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	51
Tabela 4.22 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão	52
Tabela 4.23 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	53
Tabela 4.24 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2 ² com pontos centrais dos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador	55
Tabela 4.25 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão	56
Tabela 4.26 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão	57
Tabela 4.27 – Valores médios da umidade de equilíbrio (X _{eq}) e da atividade de água (a _w) a 20 °C das emulsões em pó secas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador	59
Tabela 4.28 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das emulsões em pó secas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador	60

Tabela 4.29 – Valores médios da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água (a_w) a 30 °C das emulsões em pó secas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador	63
Tabela 4.30 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das emulsões em pó secas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador	64
Tabela 4.31 – Valores médios da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água a 40 °C das emulsões em pó secas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador	66
Tabela 4.32 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das emulsões em pó secas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador	67



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



Dissertação de Mestrado: **Secagem por aspersão da polpa de buriti**

Autora: **Wolia Costa Gomes**

Orientadores: **Prof. Alexandre José de Melo Queiroz**

Prof.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

RESUMO

Desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de desidratar polpas de buriti formuladas em secador por aspersão e avaliou-se as características químicas, físicas e fisico-químicas da polpa de buriti, da polpa formulada (emulsões) e das amostras em pó. As emulsões foram elaboradas através da mistura da polpa de buriti com água destilada (1:1) adicionando-se, a seguir, maltodextrina, com três diferentes dextroses equivalentes (DE = 10, 14 e 20) e com diferentes concentrações (5, 10 e 15%). Determinaram-se: a umidade, sólidos totais, sólidos solúveis totais (^oBrix), pH, acidez total titulável, cinzas, densidade e cor na polpa de buriti e nas emulsões. A viscosidade aparente foi determinada nas emulsões na temperatura de 30 °C. No processo de secagem dois tipos de amostra em pó foram coletados segundo o local do secador por aspersão: câmara de secagem e ciclone. Analisaram-se, nas amostras em pó através do planejamento experimental fatorial, os teores de umidade, acidez total titulável, cinzas, densidade e cor. Determinou-se as isotermas de adsorção de umidade, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C; apenas nas amostras em pó coletadas na câmara de secagem do secador por aspersão e se ajustaram os modelos de GAB, Peleg e Oswin às curvas experimentais. Todas as emulsões elaboradas apresentaram comportamento pseudoplástico e tendência de aumento de suas viscosidades aparentes com o acréscimo na concentração de maltodextrina. As emulsões testadas (DE =10 e concentrações de 5, 10 e 15% de maltodextrina) no secador mostraram-se viáveis para a produção de polpa de buriti em pó em secador por aspersão; as amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone do secador por aspersão apresentaram características diferentes. Dentre os parâmetros avaliados para as amostras em pó constatou-se que apenas para a densidade das amostras coletadas na câmara de secagem o modelo empírico de primeira ordem obtido foi estatisticamente significativo e preditivo. Em sua maioria, as isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó foram classificadas como sendo do tipo II e os melhores ajustes aos dados experimentais foram obtidos utilizando-se o modelo de Peleg.

Palavras-chave: *Mauritia flexuosa*, secagem por nebulização, maltodextrina, dextrose equivalente, planejamento experimental



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



M. Sc. Thesis: **Spray drying of *buriti* pulp**

Author: **Wolia Costa Gomes**

Supervisors: **Prof. Alexandre José de Melo Queiroz**

Prof. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

ABSTRACT

This work was developed with aimed of drying *buriti* pulps in spray dryer and evaluate chemical, physical and physico-chemical characteristics of *buriti* pulp whole, pulp formulated (emulsions) and powder samples. The emulsions were prepared by mixing the *buriti* pulp with distilled water (1:1) and adding maltodextrin with three different dextrose equivalent (DE = 10, 14 and 20) and with different concentrations (5, 10 and 15%). The moisture, total solids, soluble solids ($^{\circ}$ Brix), pH, titratable acidity, ash, density and color were determined in the *buriti* pulp whole and in the emulsions. The viscosity of emulsions were determined at 30°C. In the spray dryer two types of powder sample were collected according to the place: drying chamber and cyclone. The moisture content, the titratable acidity, ash, density and color of the powder samples were analyzed using the factorial experimental design. The moisture adsorption isotherms at temperatures of 20, 30 and 40 °C were determined only in powder samples collected in the drying chamber of the spray dryer and the GAB, Oswin and Peleg models were fitted the experimental curves. All the emulsions prepared showed a pseudoplastic behavior and there were a tendency to increase the apparent viscosity with increasing maltodextrin concentration. Emulsions tested (DE = 10 and concentrations of 5, 10 and 15% maltodextrin) in the dryer proved to be viable for the production of *buriti* pulp powder in spray dryer. The powder samples collected in the drying chamber and cyclone showed different characteristics. Among the parameters analyzed for the powder samples found that only the density of the samples collected in the drying chamber, the empirical model of first order obtained was statistically significant and predictive. Most of the moisture adsorption isotherms of powder samples were classified as type II, and the best fit to the experimental data were obtained using the Peleg model.

Key words: *Mauritia flexuosa*, spray drying, maltodextrin, equivalent dextrose, experimental planning

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca pela riqueza de sua biodiversidade, devido principalmente à vasta extensão territorial e posição geográfica. O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L. f.) é uma espécie vegetal que se encontra distribuída da região Amazônica até os Cerrados de vários Estados brasileiros, atingindo a região Leste, no litoral, e o Oeste, chegando até a Bolívia, Colômbia, Equador e Peru (DONADIO et al., 2004). Possui grande valor comercial, embora suas propriedades nutricionais e funcionais ainda sejam pouco conhecidas. O fruto, o buriti, possui a maior reserva natural de pró-vitamina A (betacaroteno); e trata-se de uma excelente fonte de ácido oléico, sendo a fração lipídica da polpa composta basicamente de tocoferol, carotenóides e óleo. O óleo, subproduto do fruto, ao ser extraído por extração supercrítica com dióxido de carbono (CO₂), contém altas concentrações de vitaminas, principalmente betacaroteno, com excelente valor nutricional (MANHÃES, 2007); porém, tanto o fruto como seus derivados são produtos comercializados em pequena escala, haja que a extração vegetal do buritizeiro se destina principalmente à produção de fibras utilizadas na confecção de barbantes, sacos de pano, redes de pesca e para dormir. De acordo com o IBGE (2008) a produção de fibras a partir do buritizeiro foi de 610 toneladas, não existindo levantamento oficial referente à produção dos frutos.

O buritizeiro é uma palmeira da família Palmae, de grande porte, com folhas dispostas em leque, ocorrendo tipicamente em pequenos bosques monoespecíficos, formando áreas denominadas buritizais (LOUREIRO, 2006). Da parte interna do estipe da palmeira é produzida farinha. Desta planta é extraído também um palmito do broto terminal. As folhas são utilizadas como cobertura de construções e como fibra para a confecção de vários utensílios, como sandálias, cortinas, chapéus etc. Por fim, do seu estipe e das inflorescências imaturas faz-se refresco que, após um processo fermentativo, resulta no vinho de buriti (ALMEIDA, 1998). Segundo ALBUQUERQUE et al. (2006) o buriti é uma fruta com formato elipsóide que, possui: casca escamosa e vermelha a qual, por sua vez, recobre uma massa oleaginosa de cor vermelha-amarelada, consistência amilácea e oleosa; seu peso médio é de 32,6 g, constituído de 50% de polpa, 7,8% de casca e 45,2% de semente, com teor de óleo na polpa seca de aproximadamente 45%.

Segundo SANO & ALMEIDA (1998) o alto valor nutricional da polpa de buriti, além das características físicas, principalmente quanto ao rendimento do fruto, subsidia o seu real aproveitamento tecnológico e nutricional. O buriti se destaca, ainda, entre as espécies nativas por apresentar 78,72 mg/100 g de vitamina C, valor este superior ao de

frutas tradicionalmente cultivadas e consumidas pela população brasileira, como a laranja (40,9 mg/100 g) e o limão (26,4 mg/100 g).

Dentre as técnicas de conservação existentes, a secagem é um dos procedimentos mais importantes para a conservação de alimentos, a qual se fundamenta na redução da atividade de água. Considerando que na sua maioria os produtos vegetais se constituem de mais de 80% de água, o processo de secagem implica em uma redução considerável de custo em transporte e manipulação do produto, além de prolongar sua vida útil, proteger contra degradação enzimática e oxidativa, reduzir o peso, economizar energia por não necessitar de refrigeração e disponibilizar o produto durante qualquer época do ano (GABAS, 1998).

De acordo com VALDUGA et al. (2003), na secagem dos alimentos que se encontram na forma de soluções, suspensões, emulsões, polpas e pastas se prestam os secadores por aspersão, também chamados secadores por atomização, nebulização ou spray-dryer. O princípio da utilização de tais equipamentos consiste na transformação do produto em estado fluido em uma partícula seca na forma de pó. O material obtido deve apresentar o máximo de características iniciais do produto e protegê-lo das condições adversas do meio externo; para este fim aditivos em proporções variáveis foram incorporados ao produto a ser secado, a fim de adequá-lo ao processo.

Tendo em vista a disponibilidade do fruto, o conhecimento do valor nutricional do buriti e das suas características físicas, sobretudo quanto ao rendimento da polpa, que favorece o aproveitamento comercial, este trabalho foi direcionado ao estudo da secagem da polpa do buriti em secador por aspersão.

1.1 - Objetivo geral

Desidratar em secador por aspersão, emulsões compostas de polpa de buriti e água destilada (1:1), formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar quanto aos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos, a polpa de buriti e as emulsões, compostas de proporções fixas de 50% de polpa de buriti e 50% de água destilada, adicionadas de diferentes concentrações de maltodextrina (5, 10 e 15%) com diferentes dextroses equivalentes (DE = 10, DE = 14 e DE = 20).

- Determinar as viscosidades aparentes das diferentes emulsões elaboradas com polpa de buriti, água destilada e maltodextrina.
- Secar, em secador por aspersão com diferentes temperaturas do ar de secagem (130, 150 e 170 °C), as emulsões preparadas com polpa de buriti e água destilada (1:1) e maltodextrina (DE =10), com diferentes concentrações (5, 10 e 15%).
- Avaliar as características físicas e físico-químicas das amostras em pó produzidas no secador por aspersão, coletadas na câmara de secagem e no ciclone.
- Determinar as isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, das amostras em pó coletadas na câmara de secagem do secador por aspersão.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Buriti

A *Mauritia flexuosa* L. f., vulgarmente chamada palmeira do miriti, é da família Palmae ou Palmaceae (Arecaceae) e subfamília Lepidocaryceae, característica da flora tropical, representada por mais de 240 espécies e 3500 gêneros, cuja maioria tem significativa importância econômica pela grande variedade de produtos que oferece. Trata-se de uma planta monocotiledônea, lenhosa, formando um grupo natural de plantas com morfologia muito característica que permite, mesmo aos mais leigos, sua identificação, sem maiores dificuldades.

Segundo ALMEIDA & SILVA, 1994 o buriti possui os seguintes sinônimos botânicos: *Mauritia vinifera* Mart, *Mauritia setigera* Griseb, *Mauritia spaerrocapa* Burret, *Mauritia minor* Burret. E os nomes populares: aqual, guaje, aguage, buriti, coqueiro, coqueiro-buriti, miriti e boriti, entre outros.

De acordo com LORENZI (2000) o buritizeiro é uma palmeira robusta, com uncaule que pode atingir até 35 m de altura (Figura 2.1); sua coroa é composta de 10 a 25 folhas grandes e palmadas, medindo de 5 a 6 m de comprimento, flores em longos cachos de até 3m de comprimento, de coloração amarelada; é uma planta dióica ou polígama-dióica, ou seja, existem indivíduos com flores masculinas e indivíduos com flores femininas e hermafroditas.



Figura 2.1 - Palmeira do Buriti (SODRÉ, 2005)

O buritizeiro é uma planta nativa de quase todas as regiões do Brasil, exceto da região Sul, com folhas palmadas, sustentadas por longos pecíolos, de bainhas robustas, com recortes profundos, com raque recurvado, proporcionando-lhe aspecto repuxado e elegante (SODRÉ, 2005).

A palmeira buriti é uma das espécies vegetais existentes na Amazônia com grande potencial econômico, principalmente no aproveitamento das folhas para cobertura de residências, e na alimentação, a partir da extração da polpa do fruto para produção de doces, sucos, sorvetes e bebidas fermentadas (BARBOSA, 2009).

Devido a todas essas riquezas, é considerada pelos nativos “árvore da vida”, pois dela tudo se aproveita. Por ser uma planta típica de alagados, o buritizeiro traz a possibilidade de aumento da renda familiar para colonos pois com o seu cultivo se aproveitam áreas antes inúteis à agricultura (ALMEIDA & SILVA, 1994). Buriti é um nome derivado do tupi-guarani e significa “o que contém água”; daí, um de seus nomes populares ser palmeira-dos-brejos (LORENZI et al., 1996).

Ocorre exclusivamente em áreas alagadas ou brejosas, como em margens de rios, igapós, lagos e igarapés, onde é geralmente encontrado em grandes concentrações na forma de populações homogêneas, formando os chamados “buritizais”. Geralmente, parte do tronco fica imersa na água por longos períodos, sem que isto lhe cause dano. A água exerce importante papel na disseminação de suas sementes. É até possível encontrá-lo em solo seco; contudo, em alguma época este local foi muito úmido ou encharcado. Para cultivá-lo em terreno seco deve receber muita água na fase juvenil (RIBEIRO & SILVA 1996).

Conforme CAVALCANTI et al. (1991) o buriti é amarelo-alaranjado, com sabor agridoce, consistência amilácea e gordurosa, os frutos *in natura* podem ser facilmente encontrados nas feiras das cidades dos Estados do Piauí, Maranhão e Pará ou na forma de refrescos e sucos.

De acordo com TAVARES et al. (2003) os moradores desses locais têm a preocupação natural em proteger a palmeira, cientes do alto valor nutritivo de seus frutos oleaginosos, os quais também servem como ração para animais, principalmente para aves e suínos. A polpa fibrosa e oleosa (mesocarpo) pode ser consumida *in natura* e se constitui na maior reserva natural de pró-vitamina A (carotenóides), muito superior ao observado nos óleos de dendê (*Elaeis guineensis*) e de pequi (*Caryocar brasiliense*). Os referidos frutos apresentam ainda expressivos níveis de vitamina C e cálcio. Seus cachos e a própria árvore servem também como ornamento. Pesquisadores da Universidade Federal do Pará descobriram que o óleo bruto de buriti pode ser empregado como protetor solar,

absorvendo as irradiações eletromagnéticas de comprimento de onda entre 519 nm (cor verde) e 350 nm (ultravioleta), as mais prejudiciais à pele humana (SANO & ALMEIDA, 1998).

Os frutos são do tipo drupa, globoloso e alongado (Figura 2.2), com até 5 cm de comprimento, com superfície revestida por escamas rombóides de cor castanho-avermelhado e brilhantes; mesocarpo (parte comestível) representado por uma massa espessa de cor alaranjada e endocarpo esponjoso, que envolve a semente muito dura, produzindo efeito decorativo.

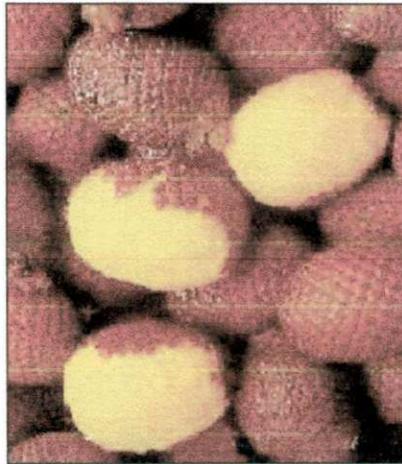


Figura 2.2 - Buriti (*Mauritia flexuosa*) (SODRÉ, 2005)

O fruto do buriti frutifica em maior escala de dezembro a junho, na maioria das regiões. O buritizeiro exige grande quantidade de água e sua presença é uma boa indicação de um solo úmido com algum curso de água por perto. Geralmente, o buritizeiro se utiliza das águas correntes para levarem e espalhar as sementes de sua palmeira (MANHÃES, 2007).

De acordo com DONADIO et al. (2004), para obterem a polpa, os indígenas colhem os frutos maduros, e os imergem em água durante 10 a 15 minutos, a 60-70 °C, ou ao sol por algumas horas, para separar a polpa da semente, obtendo então a pasta.

Apresentam-se, na Tabela 2.1, os valores da composição química e físico-química da polpa do buriti.

Tabela 2.1 - Composição química e físico-química da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Parâmetro	Valor
pH	4,58
Sólidos solúveis totais (°Brix)	2,10
Índice de refração	0,66
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,58
Umidade (%)	72,93
Proteínas (%)	2,70
Lipídeos (%)	11,24
Cinzas (%)	0,98
Carotenóides (%)	2,10

Fonte: MUJICA et al. (2005).

2.2 - Secagem

Segundo GAVA (1988) a secagem é um dos processos mais antigos utilizados pelo homem na conservação de alimentos. As vantagens da secagem são várias, dentre as quais se tem uma conservação melhor do produto e redução do seu peso, o que favorece condições desfavoráveis para o crescimento microbiano. O processo de secagem também proporciona redução de custos com embalagens, transporte e armazenamento, processo que consiste na remoção parcial do teor de água de um material a partir da troca de calor entre o meio aquecedor e o produto a ser secado.

Segundo AZEREDO et al. (2004a), o termo desidratação é usado quando relacionado à remoção quase completa de água em condições controladas. Entre os critérios para a qualidade de alimentos desidratados cita-se a capacidade de reidratação, gerando produtos semelhantes aos alimentos que os originam e mínimas alterações nas propriedades sensoriais do produto.

Os meios de desidratação mais empregados são o ar quente, vapor superaquecido, a vácuo, em gás inerte ou pela aplicação direta de calor. A escolha do tipo de mecanismo utilizado na secagem depende da natureza do produto a ser desidratado, da forma que se deseja dar ao produto, do fator econômico e das condições de operação (GAVA, 1988).

Existem várias técnicas de desidratação que transformam soluções, suspensões ou emulsões em produtos secos na forma de pó, dentre os quais se destacam a liofilização, a

secagem por aspersão, a secagem em camada de espuma e a secagem em leito de jorro, entre outros.

2.2.1 - Secagem por aspersão

A secagem por aspersão também é conhecida como secagem por atomização, secagem por nebulização, e em inglês *spray drying*.

O processo de secagem por aspersão é usado há décadas em diversos processos industriais visando à obtenção de materiais desidratados na forma de pó fino. O processo é de baixo custo, quando comparado com a liofilização, e apresenta várias vantagens, como alta produtividade e rapidez da secagem e aplicabilidade para produtos termicamente sensíveis, dentre outras.

A secagem por aspersão é definida como a transformação de um material fluido (solução, dispersão ou pasta) para a forma de partículas secadas (pó) por aspersão de um fluido em um meio de secagem aquecido (normalmente o ar). Este processo é uma operação contínua que envolve a atomização do fluido e sua mistura com o ar aquecido, evaporação do solvente e separação do produto seco (BUFFO et al., 2002).

As principais variáveis do processo de secagem por aspersão são de ordem operacional, como a temperatura do ar de entrada e saída, padrão do fluxo de ar, distribuição de temperatura e umidade, tempo de residência, e de ordem estrutural, como geometria da câmara e do tipo do atomizador (CARDOSO, 2000). Quanto às características relativas ao fluido atomizado, dá-se atenção especial à viscosidade, solubilidade, estabilidade da solução/suspensão/emulsão formada etc. O pó produzido, que pode estar na forma de partículas isoladas, grânulos ou aglomerados é então descarregado continuamente da câmara de secagem, onde o tempo de permanência do produto no secador é de 5 a 100 s, fato de vital importância para os alimentos termossensíveis. As partículas em pó podem ter diâmetros que variam de unidades micrométricas até unidades milimétricas e apresentam formas diversas, dependendo dos materiais e métodos usados para sua obtenção. No geral, o tamanho das partículas produzidas varia de 10 a 500 nm (AZEREDO et al., 2004b).

A rápida evaporação da água no processo de atomização permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto. A secagem por aspersão é aplicada a qualquer produto passível de ser bombeado, como emulsões, pastas, soluções e suspensões (ROSA et al., 2006). É

muito utilizado não só na indústria de alimentos (leite, café, ovos, extratos de plantas, chás, sucos, etc.), mas também na indústria farmacêutica, de cerâmica, de detergentes e outros (GAVA, 1988).

De acordo com ANSELMO et al. (2006), através de uma solução, emulsão, suspensão ou pasta, existe uma gama muito ampla de produtos que requerem a utilização do sistema de secagem por aspersão e mantém as propriedades físico-químicas dos produtos; em alguns casos, chega a melhorar essas propriedades. Este secador oferece um excelente contato entre as partículas e o gás. O estudo da secagem de materiais nesses secadores visa à otimização de processos industriais e à obtenção de produtos com características morfológicas (área superficial, diâmetro médio de partícula, densidade específica) de acordo com as exigências do mercado; entretanto, para a produção de frutas em pó torna-se necessário o uso de formulações que contenham material de parede (aditivo) que evitem a caramelização dos açúcares que existem nas polpas das frutas. Durante o processo de secagem por aspersão o material de parede pode envolver as partículas sólidas formando uma microcápsula.

A secagem por aspersão tem sido utilizada na desidratação de café, sucos de laranja, grapefruit, uva, carambola, banana, abacaxi, coco, batatas, alimentos para crianças, leites, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate, acerola, tamarindo e outros produtos (UBOLBI, 1971; SOARES et al., 2001; VERNON-CARTER et al., 2001; SANKAT & CASTAIGNE, 2004) porém, segundo BHANDARI et al. (1992) poucas técnicas de secagem são adequadas para a produção de pós de sucos de frutas sem adição de aditivos.

2.3 - Aditivos

Aditivos são produtos ou conjunto de produtos adicionados ao alimento, visando melhorar sua qualidade sensorial e nutricional ou que estejam presentes neste alimento, através da contaminação *in natura*, ou no seu processamento e armazenamento. Existem duas classes de aditivos: intencionais e acidentais. Os intencionais são em grande número, da ordem de 2.000-2.500 e os acidentais são em número menor, mas muito variável, pois dependem quase que totalmente de circunstâncias incontrolláveis ou desconhecidas. Os aditivos intencionais são necessários aos produtos processados, dos quais o consumidor espera cor, sabor e textura, porém o aditivo deve ser comprovadamente não-tóxico aos níveis consumidos e, especialmente, não deve ter efeito tóxico cumulativo (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Na secagem de polpa de frutas, óleos essenciais e outros produtos alimentícios, alguns aditivos são utilizados para auxiliar a secagem por aspersão, tais como: sacarose, xarope de milho, maltodextrina, lactose, gomas, amidos, carboximetilcelulose e seu sal sódico (HOLDSWORTH, 1971).

Um dos materiais mais utilizados como encapsulante na secagem por aspersão é a maltodextrina, em razão do seu baixo custo e por apresentar baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas (ANSELMO et al., 2006).

Maltodextrinas são misturas de malto-oligossacarídeos com dextrose equivalente (DE) inferior a 20. Quando a DE é igual ou maior que 20, é chamado sólido de xarope de milho. A maltodextrina é produzida a partir da hidrólise parcial, ácida ou enzimática do amido de milho; em geral, é encontrada como pó branco, não-doce, ou soluções concentradas, apresentando a fórmula geral $(C_6H_{12}O_5)_n H_2O$. São largamente utilizadas nas indústrias alimentícias e farmacêuticas (SILVA, 1999).

TONELI et al. (2005) ao realizarem um estudo sobre a reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos, observaram que para valores de DE muito maiores que 20, o produto é constituído por oligômeros curtos que são livremente solúveis em água, ao passo que, abaixo de 20, há uma proporção suficiente de cadeias poliméricas longas para inibir a solubilidade e promover a gelatinização.

A relação máxima de suco de fruta e maltodextrina varia de acordo com cada tipo de suco, pois é função da estrutura química dos carboidratos presentes nos sucos. Para obtenção da acerola em pó GOMES et al. (2002) adicionaram 10% de maltodextrina à polpa antes da secagem em secador de leito de jorro.

2.4 - Viscosidade aparente

Segundo STREETER & WYLIE (1909), de todas as propriedades dos fluidos a viscosidade requer a maior consideração no estudo dos escoamentos. A viscosidade é a propriedade pela qual um fluido oferece resistência ao cisalhamento. A resistência de um fluido ao cisalhamento depende da coesão e da velocidade de transferência de quantidade de movimento molecular.

A viscosidade também sofre ação de efeitos físico-químicos, como o pH, temperatura, teor de sólidos, tamanho de partículas e umidade. As características de viscosidade e de consistência de um produto não só podem determinar sua aceitação ou não por parte do consumidor, mas também são importantes durante o processamento, até

mesmo na determinação de parâmetros do processo. O conhecimento das propriedades reológicas é significativo para o desenvolvimento contínuo de produtos e processos, equipamentos, manuseio e controle de qualidade. Uma vez que em muitas operações e tratamentos ocorrem mudanças das características do produto, é também oportuno se saber como a viscosidade varia com o tratamento utilizado (VIDAL-MARTINS, 2004).

O dimensionamento de equipamentos para processamento de derivados de frutas (polpas) envolve problemas relativos ao seu escoamento, importantes para a adequação correta de sistemas de tubulação, trocadores de calor, filtros, bombas etc. (QUEIROZ et al., 2000).

Na secagem por aspersão a viscosidade das soluções tem influência direta na secagem, interferindo no tamanho das gotículas nebulizadas, nas incrustações na parede do secador, no tamanho das partículas desidratadas e na qualidade final do pó, em especial na retenção de aromas.

Os fatores que influenciam nos resultados da eficiência e na produtividade da secagem por aspersão (spray drying) com relação ao fluido, como pasta, líquido, emulsão, solução etc, a serem desidratados, são: teor de sólidos, densidade, tensão superficial e viscosidade (MELO, 2007).

Em função do comportamento de escoamento, os fluidos podem ser classificados como newtonianos, quando a viscosidade do sistema independe da taxa de deformação aplicada, ou não-newtonianos, que podem depender ou não do tempo de cisalhamento. Os comportamentos mais comuns de fluidos alimentícios não-newtonianos independentes do tempo, são do tipo pseudoplástico, quando a viscosidade do material diminui com o aumento da taxa de deformação, e o Herschel-Bulkley, cujo comportamento é similar ao pseudoplástico mas com tensão residual. A tensão residual é um importante parâmetro reológico que pode ser utilizado para estimar a espessura do revestimento de superfícies, avaliar a força necessária para que um fluido saia da embalagem ou dificultar a sedimentação de partículas suspensas. Polpas de frutas como tomate, manga, acerola, cajá, graviola, melão e morango, foram caracterizadas na literatura como sendo fluidos pseudoplásticos com tensão residual (SATO et al., 2007).

Durante o processamento de polpas de frutas se utilizam frequentemente tratamentos térmicos e/ou resfriamento, o que faz com que o estudo da influência da temperatura sobre o comportamento reológico desses produtos seja relevante. De maneira

geral, é possível constatar que o aumento da temperatura leva à diminuição gradativa da viscosidade aparente da polpa (FREITAS, 2002).

2.5 - Atividade de água

A presença da água no produto pode ser medida de diferentes formas mas nem todos os métodos indicam a disponibilidade da água para os micro-organismos, uma vez que nem toda a água do produto está igualmente disponível. A disponibilidade da água em materiais higroscópicos, tais como em frutas e derivados, é mais bem indicada pela atividade de água (a_w) ou pela umidade de equilíbrio com a umidade relativa do ar ambiente (CORRÊA et al., 2001). Desta forma, é possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no alimento e sua conservação (MOHSENIN, 1987).

A determinação da atividade de água é uma das medidas mais significativas no processamento, no armazenamento e na análise dos materiais biológicos devido à sua importância, no que diz respeito à qualidade e estabilidade (PARK et al., 2001).

Segundo AZEREDO et al. (2004) o conceito termodinâmico da atividade de água é definido como a relação entre a pressão parcial de vapor da água contida no alimento e a pressão de vapor da água pura, na mesma temperatura.

De acordo com PARK et al. (2001), como a atividade de água nos alimentos está relacionada com o crescimento de micro-organismos e efetivação de reações químicas, a retirada de água reduz o crescimento desses micro-organismos e impede reações bioquímicas que dependem da umidade, evitando a rápida perda que ocorre nos frutos *in natura*. Ainda de conforme esses pesquisadores, a água é um dos componentes imprescindíveis dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos, é complicada em virtude da interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física e a composição química dos diversos solutos, incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas.

Conforme ORDONEZ et al. (2005) o estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção. Uma isoterma é uma curva que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura. Esta relação depende da composição química dos alimentos (gordura, amido, açúcar, proteínas, etc.).

Uma vez transformado o produto alimentício em pó, uma das informações mais relevantes sobre suas propriedades dada pelas isotermas de equilíbrio higroscópicas ou isotermas de sorção de umidade, é sua finalidade de estabelecer se o produto sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dessorver água (ANSELMO et al., 2006).

A importância da determinação das isotermas de sorção de umidade é sua aplicação na predição do tempo de secagem, da vida útil em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto e ainda na caracterização de um produto, quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes (PENA et al., 2000).

Para determinação experimental de umidade de equilíbrio torna-se necessário um ambiente com umidade relativa controlada.

Com o intuito de prever o comportamento das isotermas de sorção de umidade, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas de sorção, os quais são úteis no conhecimento das características dos produtos (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Equações matemáticas dos modelos de isotermas de sorção

Nome do modelo	Equação matemática
Peleg	$X_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$
GAB	$X_{eq} = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$
Oswin	$X_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b$

em que:

X_{eq} - umidade de equilíbrio, kg/kg;

X_m - umidade na monocamada molecular, kg/kg;

a_w - atividade de água, adimensional;

$k_1, k_2, n_1, n_2, C, K, a, b$ - constantes das equações.

2.6 – Planejamento experimental fatorial

De acordo com RODRIGUES & IEMMA (2005) o planejamento de experimentos é utilizado na otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempos e maximizando rendimento, produtividade e qualidade de produtos, dentre outros objetivos.

O planejamento experimental fatorial é um método que permite a verificação dos efeitos individuais e de interação de todas as variáveis mais importantes para o processo, a avaliação dos erros experimentais e de regressão e a modelagem empírica dos resultados, em função das variáveis escolhidas, usando-se programas estatísticos de regressão (GOUVEIA et al., 2002).

O principal objetivo do planejamento fatorial é relacionar empiricamente as variáveis de resposta com as variáveis de entrada, além de ser possível determinar estatisticamente o efeito de cada variável na(s) resposta(s) desejada(s).

Sendo o planejamento experimental um método baseado e executado com técnicas estatísticas, é de fundamental importância a avaliação dos modelos empíricos obtidos por meio de regressão dos dados experimentais, mediante uma análise estatística, utilizando-se o coeficiente de determinação (R^2) e o valor estimado para o teste F. Para a regressão não ser apenas estatisticamente significativa mas útil para fins preditivos o valor de $F_{\text{calculado}}$ deve ser acima de quatro a cinco vezes o valor de F_{tabelado} (BARROS NETO et al., 1995).

Segundo PIMENTEL-GOMES & GARCIA (2002) o teste ou prova de F foi descoberto por Ronald A. Fisher e ligeiramente modificado por George Snedecor; este teste considera duas hipóteses relativas às médias de tratamentos: que todas as médias são iguais, do ponto de vista estatístico e que há diferenças entre as médias de tratamentos.

A partir das equações de regressões geradas utilizando-se o planejamento experimental, pode-se representar geometricamente essas equações denominando-as de curvas de resposta ou superfícies de resposta, nas quais geralmente figuram duas ou mais variáveis independentes (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

3.1 – Matéria-prima

A matéria-prima utilizada neste estudo foi a polpa de buriti congelada (*Mauritia flexuosa*, L.), proveniente do município de Codó, no estado do Maranhão.

3.1.2 – Preparo das amostras

Fez-se, no início dos trabalhos, a caracterização química, fisico-química e física da polpa do buriti; a seguir, foram elaboradas emulsões (polpas formuladas), contendo partes iguais de polpa de buriti e água destilada (1:1), e com adição de três concentrações (5, 10 e 15%) de maltodextrina (Mor Rex®) com três dextroses equivalentes (DE = 10, DE = 14 e DE = 20), totalizando 9 diferentes tipos de amostra. Tais emulsões (formulações) foram homogeneizadas em liquidificador e caracterizadas quanto a alguns parâmetros químicos, fisico-químicos e físicos, antes das secagens, e depois de secadas na forma de polpa em pó.

3.2 – Caracterização química e fisico-química

As análises químicas e fisico-químicas determinadas na polpa de buriti, nas polpas formuladas (emulsões) e nas amostras em pó (formulações) foram umidade, sólidos totais, pH, acidez total titulável, resíduo mineral fixo (cinzas) e sólidos solúveis totais (°Brix).

3.2.1 – Umidade e sólidos totais

A umidade e os sólidos totais foram determinados de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.3.2 – Densidade

Definiu-se a densidade foi determinada através da relação entre a massa e o volume da amostra, utilizando-se o método picnométrico a 30 °C.

3.3.3 - Viscosidade aparente

A determinação das viscosidades aparentes das emulsões elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (5, 10 e 15%) e com diferentes dextroses equivalentes (10, 14 e 20) foi realizada em triplicata, com um viscosímetro da marca Brookfield, modelo RV, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, E.U.A. em diferentes velocidades de rotação (0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10; 20 e 50 rpm) na temperatura 30 °C.

3.4 – Planejamento fatorial para a secagem em secador por aspersão

O planejamento experimental utilizado neste trabalho foi realizado com o objetivo de se estudar a influência das variáveis de entrada (temperatura de secagem e concentração de maltodextrina) sobre a umidade, cinzas, acidez total titulável, densidade e os parâmetros de cor, reduzindo também a quantidade de ensaios, com conseqüente ganho de tempo e redução de custos. Para a análise de regressão dos dados experimentais dos planejamentos fatoriais empregou-se o programa Statistica, versão 5.0.

Utilizou-se um planejamento fatorial 2^2 com dois pontos centrais (nível 0) e se especificaram duas variáveis de entrada, temperatura de secagem e concentração de maltodextrina, com influência sobre as respostas, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Níveis das variáveis do planejamento fatorial 2^2

Variável	Nível (-1)	Ponto Central (0)	Nível (+1)
Temperatura (°C)	130	150	170
Concentração de maltodextrina (%)	5	10	15

Com o objetivo de verificar a influência das variáveis temperatura de secagem e concentração de maltodextrina sobre as respostas umidade, cinzas, acidez total titulável, densidade e os parâmetros de cor, elaborou-se um planejamento experimental fatorial 2^2 ,

consistindo de quatro experimentos distintos e dois pontos centrais, como se mostra na matriz de planejamento, apresentada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 2$ no ponto central para a formulação (polpa de buriti/água + maltodextrina nas concentrações 5, 10 e 15%, com dextrose equivalente DE = 10)

Experimento (n°)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)
1	-1 (130)	-1 (5)
2	+1 (170)	-1 (5)
3	-1 (130)	+1 (15)
4	+1 (170)	+1 (15)
5	0 (150)	0 (10)
6	0 (150)	0 (10)

3.5 – Secagem

Para a secagem das formulações compostas de polpa de buriti/água destilada maltodextrina (DE = 10) usou-se o secador por aspersão (spray-dryer), modelo LM MSD 1.0 da marca Labmaq do Brasil (Figura 3.2). O secador foi operado com as temperaturas do ar de secagem (entrada) de 130, 150 e 170 °C, através de um bico pneumático com diâmetro de 1,2 mm, vazão de bombeamento das emulsões de 0,5 L/h e vazão do ar comprimido 0,3 L/min. Depois da secagem das emulsões dois tipos de amostra em pó (formulações) foram coletados no secador, uma proveniente do pó coletado na câmara de secagem e a outra coletada no ciclone do secador.

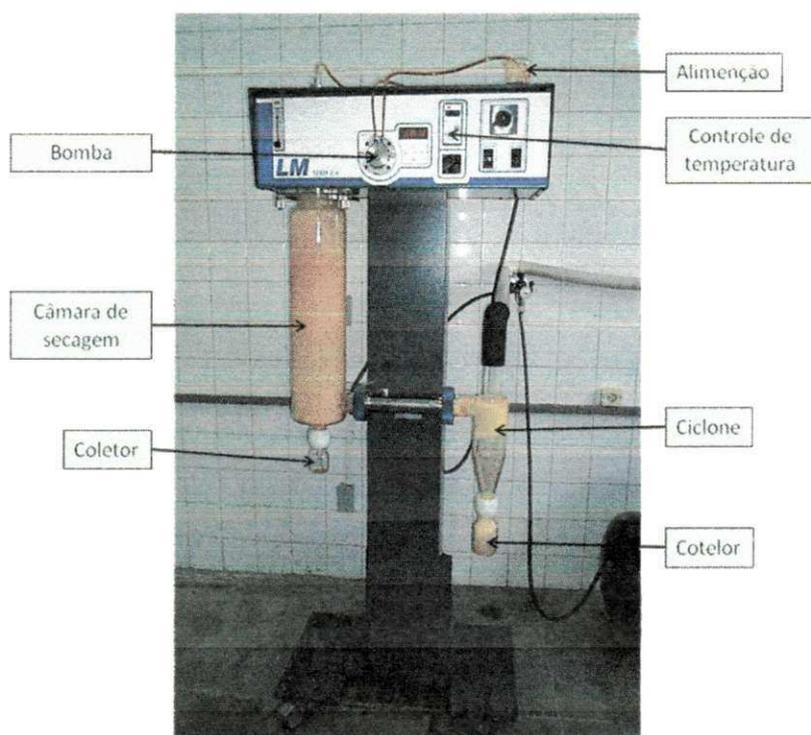


Figura 3.2 – Secador por aspersão (spray-dryer)-GOMES, 2008

3.6 – Isotermas de adsorção de umidade

As isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó foram determinadas em diferentes temperaturas (20, 30 e 40 °C), utilizando-se o método estático-indireto, com base no estudo efetuado por CAPRISTE & ROTSTEIN (1982).

Determinaram-se as isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó coletadas apenas na câmara de secagem, secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C, com adição de 15, 10 e 15% de maltodextrina com dextrose equivalente DE = 10, respectivamente.

As medidas das atividades de água (a_w) das amostras em pó nas diferentes temperaturas foram determinadas no analisador de Atividade de Água AquaLab 3TE (Decagon). Foram pesados aproximadamente 2 g da amostra em pó, dentro da célula que acompanha o aparelho; em seguida, a célula foi levada ao equipamento para leitura da atividade de água. Quando a massa da amostra entrou em equilíbrio, foram feitas a leitura da atividade de água e a pesagem da massa da amostra. Após a pesagem a amostra foi transferida para um ambiente saturado (dessecador com água destilada) para o produto absorver umidade. Decorridos 30 minutos a amostra retornava ao equipamento para a realização de uma nova leitura. Posteriormente à determinação desses pontos, as amostras foram

levadas a uma estufa para determinação da massa seca e, conseqüentemente, da umidade de equilíbrio.

A umidade de equilíbrio em base seca, foi definida pela relação entre a massa de água e massa seca das amostras (Equação 3.1).

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} 100 \quad (3.1)$$

em que:

X_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca)

m_{eq} - massa da amostra no equilíbrio (g)

m_s - massa seca da amostra (g)

Utilizaram-se, para o ajuste matemático das isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó, os modelos de Peleg (Eq. 3.2), GAB (Eq. 3.3) e Oswin (Eq. 3.4), através de regressão não linear por meio do programa computacional Statistica 5.0.

Peleg

$$X_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (3.2)$$

em que:

X_{eq} - umidade de equilíbrio;

K_1 e K_2 - constantes da equação;

a_w - atividade de água;

n_1 e n_2 - constantes da equação.

GAB

$$X_{eq} = \frac{X_m CKa_w}{(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)} \quad (3.3)$$

em que:

X_{eq} - umidade de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

X_m - umidade na monocamada molecular;

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

Oswin

$$X_{\text{eq}} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.4)$$

em que:

X_{eq} - umidade de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

Visando à determinação dos melhores ajustes dos modelos aos dados experimentais, os critérios utilizados foram o coeficiente de determinação (R^2), o erro relativo (ε), calculado conforme a Equação 3.5, e o desvio percentual médio (P), calculado de acordo com a Equação 3.6.

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{exp}} - M_{\text{teor}}}{M_{\text{exp}}} \quad (3.5)$$

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(M_{\text{exp}} - M_{\text{teor}})|}{M_{\text{exp}}} \quad (3.6)$$

em que:

ε - erro relativo

P - desvio percentual médio (%)

M_{exp} - valores obtidos experimentalmente;

M_{teor} - valores preditos pelo modelo,

n - número de dados experimentais.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização da polpa de buriti

Encontram-se, na Tabela 4.1, os valores médios e desvios padrão da caracterização química, físico-química e física da polpa de buriti.

As médias da umidade, sólidos totais e sólidos solúveis totais da polpa de buriti encontrados, foram de 76,51%, 23,49% e 9,00 °Brix, respectivamente, próximos portanto aos valores determinados por LOUREIRO (2006), que obteve valores médios de umidade, sólidos totais e dos sólidos solúveis totais iguais a 77,25%, e 22,75% e 9,80°Brix, enquanto ALBUQUERQUE et al. (2007), obtiveram valores de 67,75%, 32,30% e 2,10°Brix, respectivamente, ambos os trabalhos concernentes à polpa de buriti. Desta forma, pode-se afirmar que os teores de umidade e sólidos totais determinados estão de acordo com a literatura e que os sólidos solúveis totais divergem apenas na comparação com o estudo de ALBUQUERQUE et al. (2005).

O valor do pH determinado para a polpa de buriti foi de 3,61, próximo ao encontrado por LOUREIRO (2006), que reportou pH igual a 3,70, e inferior ao encontrado por TAVARES et al. (2003), de 4,7, também em polpa de buriti.

Tabela 4.1 – Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa de buriti

Parâmetro	Média e Desvio Padrão
Umidade (%)	76,51 ± 0,01
Sólidos totais (%)	23,49 ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,00 ± 0,00
pH	3,61 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,52 ± 0,00
Cinzas (%)	0,80 ± 0,09
Densidade (kg/m ³) a 30 °C	1.040 ± 0,00
Luminosidade (L*)	50,83 ± 0,18
Intensidade de vermelho (+a*)	38,47 ± 0,22
Intensidade de amarelo (+b*)	44,01 ± 0,26

ALBUQUERQUE et al. (2005), reportaram uma média para a acidez total titulável de 0,58% de ácido cítrico, valor próximo ao encontrado neste trabalho, de 0,52% de ácido cítrico.

O teor de cinzas determinado para a polpa de buriti foi de 0,80%, igual ao teor de cinzas da polpa de buriti encontrado por LOUREIRO (2006) e inferior aos valores determinados por MANHÃES (2007) e TAVARES et al. (2003), que foram iguais a 0,94 e 1,04%, respectivamente.

A densidade encontrada para a polpa de buriti foi de 1.040 kg/m³. SOARES et al. (2001) obtiveram, para a polpa de acerola, o valor médio de 1.050 kg/m³, enquanto DUARTE et al. (2003) encontraram valor de 1.030 kg/m³ a 26 °C para a polpa de mangaba observando-se, em ambos os casos, diferenças de densidade inferiores a 1% em relação à polpa de buriti.

Os parâmetros de cor obtidos para a polpa de buriti de 50,83 para a luminosidade (L*), de 38,47 para a intensidade de vermelho (+a*) e 44,01 para a intensidade de amarelo (+b*) refletem predominância da cor alaranjada. De acordo com ALBUQUERQUE & REGIANE (2006) a polpa de buriti tem cor alaranjada devido sobremaneira ao alto conteúdo de betacaroteno. LOUREIRO (2006), ao estudar os parâmetros da cor da polpa de buriti, observou valores de luminosidade de 42,07, de intensidade de vermelho igual a +18,27 e da intensidade de amarelo igual a +33,67, resultados obtidos, segundo o autor, de um material de cor predominantemente amarela.

4.2 – Caracterização das emulsões

Tem-se, nas Tabelas A.1 a A.9, as análises de variância dos parâmetros avaliados para as emulsões. Observa-se que os fatores avaliados concentração de maltodextrina e dextrose equivalente e a interação entre os mesmos, foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Encontram-se na Tabela 4.2 os valores médios da caracterização química e físico-química das emulsões, com proporções fixas de 50% de polpa de buriti e 50% de água destilada variando-se a concentração de maltodextrina (5, 10 e 15%) e a sua respectiva dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20).

Tabela 4.2 – Valores médios dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das emulsões elaboradas com 5, 10 e 15% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE - 10, 14 e 20)

Parâmetro	Concentração de maltodextrina (%)	Dextrose equivalente (DE)		
		10	14	20
Umidade (%)	5	84,8242 aA	84,2558 aB	82,5928 aC
	10	79,9057 bA	79,7133 bB	77,7898 bC
	15	77,4876 cA	76,7754 cB	76,3400 cC
Sólidos solúveis totais (°Brix)	5	12,25 bA	10,32 cB	10,40 cB
	10	12,29 bB	12,24 bB	14,49 bA
	15	16,82 aB	16,74 aB	18,49 aA
pH	5	3,43 aC	3,45 aB	3,55 bA
	10	3,37 bB	3,36 bB	3,55 abA
	15	3,36 cB	3,35 bB	3,56 aA
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	5	0,2954 abC	0,3511 aB	0,3667 aA
	10	0,2998 aC	0,3109 bB	0,3598 bA
	15	0,2932 bC	0,3133 bB	0,3332 cA
Cinzas (%)	5	0,31 bB	0,42 aA	0,44 aA
	10	0,32 bB	0,42 aA	0,43 aA
	15	0,37 aB	0,41 aA	0,44 aA
Densidade (kg/m ³)	5	1040,7 cB	1042,2 cB	1047,4 cA
	10	1061,4 bB	1060,6 bB	1064,2 bA
	15	1087,4 aA	1082,5 aB	1082,6 aB
Luminosidade (L*)	5	47,66 bA	47,62 abA	46,42 aB
	10	47,41 bA	47,73 aA	45,92 aB
	15	48,51 aA	47,03 bB	45,94 aC
Intensidade de vermelho (+a*)	5	23,09 aB	24,31 aA	24,24 aA
	10	23,41 aA	23,40 bA	23,66 bA
	15	21,08 bC	21,99 cB	23,06 cA
Intensidade de amarelo (+b*)	5	22,07 aA	22,03 aA	22,06 aA
	10	22,21 aA	22,18 aA	19,62 bB
	15	20,67 bA	20,66 bA	19,25 bB

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

Observa-se que o teor de umidade das emulsões com dextrose equivalente DE = 10, DE = 14 e DE = 20, diminuiu significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey com o aumento da concentração de maltodextrina (5, 10 e 15%). Constata-se também que com o aumento da dextrose equivalente (DE=10, DE = 14 e DE = 20), para cada concentração de maltodextrina houve redução da umidade. MELO et al. (2008c) analisando os valores de umidade das emulsões elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina (DE =10) nas concentrações de 10 e 15%, respectivamente, de 82,43 e 78,33%, observaram que o aumento da concentração de maltodextrina ocasionou redução do conteúdo de água das emulsões.

Analisando as emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina pode-se observar que os maiores valores de umidade se encontram nas amostras com DE = 10, enquanto as emulsões com DE = 20 apresentam os menores valores de umidade. Das emulsões com DE = 20, a menor umidade se verificou na concentração de 15%.

A quantidade de sólidos solúveis totais (°Brix) observada para as emulsões com DE = 14 e DE = 20, apresentou aumento significativo dos sólidos solúveis totais com o aumento da concentração de maltodextrina, e as amostras com DE = 10 indicaram tendência de aumento do °Brix com o aumento da concentração de maltodextrina.

As emulsões com maior quantidade de sólidos solúveis totais (°Brix) a 5, 10 e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, 12,25 °Brix (DE = 10), 14,49 °Brix (DE = 20) e 18,49 °Brix (DE = 20). As emulsões com DE 14 nas concentrações de 5, 10 e 15% apresentaram os menores valores de sólidos solúveis totais em relação aos três tipos de maltodextrina utilizados. SILVA (2005) ao estudar o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) das formulações de cajá com diferentes tipos de aditivos (maltodextrina e amido modificado) observou que as formulações com maltodextrina apresentavam maiores teores de sólidos solúveis totais que nas amostras com amido modificado, devido a maltodextrina ser mais solúvel que o amido modificado.

Os valores de pH diminuíram significativamente nas emulsões com DE = 10 quando a concentração de maltodextrina aumentou; as emulsões com DE = 14 apresentaram tendência de redução do pH com o aumento da concentração de maltodextrina enquanto as emulsões com DE = 20 demonstraram semelhança estatística entre as amostras elaboradas com 5 e 10% de maltodextrina e as amostras com 10 e 15% de maltodextrina. MELO (2007) estudando emulsões de leite de cabra (80%) e polpa de umbu-cajá (20%) com duas concentrações de maltodextrina (10 e 15%) notou que o aumento de percentual de maltodextrina acarretou diminuição do pH. CALEGUER &

BENASSI (2007) ao adicionarem goma acácia aos formulados de refresco de laranja, observaram que o valor do pH aumentou com relação ao valor padrão sem goma acácia.

Comparando-se os valores de pH para as emulsões com diferentes dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20) e concentrações de maltodextrina de 5, 10 e 15%, observa-se que as emulsões com DE = 20 apresentaram maiores valores de pH nas três concentrações (3,55; 3,55; e 3,56), e os menores valores foram observados nas emulsões com DE = 10 com 5% de maltodextrina (pH = 3,43), com DE = 14 e concentrações de 10 (pH = 3,36) e 15% de maltodextrina (pH = 3,35).

Os valores de acidez total titulável (ATT) observados para as emulsões com DE = 14 apresentaram tendência de diminuição com o aumento da concentração de maltodextrina; para as emulsões com DE = 20, a ATT diminuiu significativamente com o aumento da concentração de maltodextrina, enquanto o valor de acidez total titulável foi estatisticamente semelhante nas emulsões com DE = 10 entre as concentrações de 5 e 10% de maltodextrina e entre 5 e 15%.

As emulsões que apresentaram maiores valores de acidez total titulável nas três concentrações foram as emulsões com DE = 20, cujos valores foram iguais a 0,3667 (5% de maltodextrina), 0,3598 (10% de maltodextrina) e 0,3332% (15% de maltodextrina) de ácido cítrico. As emulsões com DE = 10, apresentaram os menores valores de acidez total titulável nas concentrações de 5% (0,2954% ácido cítrico), 10% (0,2998% de ácido cítrico) e 15% (0,2932% de ácido cítrico). MARTINS et al. (2007), observaram, estudando as formulações de doces de polpa de umbu verde, que o valor da acidez total titulável da formulação com 0,3% de goma xantana não apresentou diferença significativa com relação ao valor da acidez total titulável da formulação com 0,5% de amido modificado, sendo que a última formulação possui 40% a mais de aditivo, afirmando os autores que o tipo de aditivo influencia no valor da acidez.

Os teores de cinzas das emulsões com DE = 10 apresentaram tendência de aumento com o aumento da concentração de maltodextrina, enquanto nas emulsões com dextrose equivalente DE = 14 e DE = 20, os valores das cinzas foram estatisticamente iguais nas três concentrações de maltodextrina. O mesmo comportamento foi observado por DUNKLER et al. (2001), quanto ao valor de cinzas, ao adicionarem 0,4% de beta-ciclodextrina ao iogurte à base de leite de cabra.

Os maiores teores de cinzas foram encontrados para as emulsões com DE = 14, nas concentrações de 5, 10 e 15%, cujos valores foram iguais a 0,44, 0,43 e 0,44%, respectivamente; as emulsões com DE = 10, apresentaram os menores valores de cinza,

sendo iguais a 0,31, 0,32 e 0,37%, nas concentrações de 5, 10 e 15% de maltodextrina, respectivamente. Observando-se os valores das cinzas para cada concentração de maltodextrina fixa, constata-se haver tendência de aumento das cinzas com o aumento da dextrose equivalente mas sem diferenças significativas entre as amostras com DE = 14 e DE = 20.

Os valores das densidades das emulsões com dextrose equivalente DE = 10, DE = 14 e DE = 20, aumentaram significativamente com o aumento da concentração de maltodextrina. Comportamento inverso foi observado por MELO et al. (2008) para soluções elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu cajá e maltodextrina, tendo sido verificado que densidade, a 20 °C, aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina. Estes autores observaram que nas amostras com 5, 10 e 15% de maltodextrina os aumentos na densidade foram iguais a 13,97, 29,02 e 45,34 kg/m³, respectivamente, em relação às amostras com 0% de maltodextrina.

As emulsões com DE = 20 apresentaram os maiores valores de densidade nas amostras com concentração de 5 (1047,4 kg/m³) e 10% (1064,2 kg/m³) de maltodextrina, e na concentração de 15% de maltodextrina o maior valor foi obtido na emulsão com DE = 10, que foi de 1087,4 kg/m³. As menores densidades foram medidas nas emulsões com DE = 10, DE = 14 e DE = 20, na concentração de 5% de maltodextrina.

O parâmetro luminosidade (L*), observado para as emulsões com DE = 10, apresenta tendência de aumento entre as concentrações de 5 e 15% de maltodextrina, e nas emulsões com DE = 14, mostra tendência de diminuição da luminosidade (L*) entre as concentrações 5 e 15% de maltodextrina. Ao comparar a cor de duas emulsões com 80% de umbu-cajá, 20% de leite de cabra, variando o percentual de maltodextrinas (10 e 15%) para cada formulação, PEREIRA (2008) observou que os valores de luminosidade (L*) diminuíram significativamente com o aumento da maltodextrina de 10 para 15%, com valores de 60,87 e 58,34%, respectivamente.

Os maiores valores de luminosidade (L*), para as emulsões com 5 (L* = 47,66) e 15% (L* = 48,51) de maltodextrina foram atingidos nas amostras com DE = 10 e nas amostras elaboradas com 10% de maltodextrina o maior valor foi obtido na amostra com DE = 14 (L* = 47,73). Os menores valores de luminosidade (L*) foram observados nas emulsões com DE = 20 nas três concentrações de maltodextrina. A influência da dextrose equivalente sobre os valores de L* não ficou tão evidente em todas as emulsões, existindo tendência de redução da luminosidade com o aumento da dextrose equivalente, porém, para amostras em pó secadas em secador por aspersão, produzidas a partir do extrato

etanólico de cenoura ERSUS & YURDAGEL (2007) verificaram que a dextrose equivalente (DE) de maltodextrinas exerce efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre os valores de L^* , ocorrendo aumento de L^* com o decréscimo da DE.

Observa-se que o parâmetro intensidade de vermelho ($+a^*$) das emulsões com DE = 10 apresentou tendência de diminuição com o aumento da concentração de maltodextrina, enquanto nas amostras com DE = 14 e DE = 20 esta diminuição foi significativa com o aumento da concentração de maltodextrina.

As emulsões com 5% e 15% de maltodextrina apresentaram tendência de aumento da intensidade de vermelho com o aumento da dextrose equivalente; enquanto para a emulsão elaborada com 10% de maltodextrina não houve influência do aumento da dextrose equivalente sobre a intensidade de vermelho ($+a^*$). Os valores da intensidade de vermelho variaram entre 21,08 e 24,31. OLIVEIRA et al. (2006) encontraram, para a cor da formulação elaborada com polpa de pitanga com 30% de água e 15% de maltodextrina, valor de $+a^* = 21,46$, sendo próximo ao do presente trabalho.

Os valores de intensidade de amarelo (b^*) para as emulsões com DE = 10, DE = 14 e DE = 20 apresentaram tendência de diminuição da intensidade de amarelo (b^*) com o aumento da concentração entre 5 e 15% de maltodextrina.

As emulsões com dextrose equivalente DE = 10 e DE = 14 apresentaram os maiores valores de intensidade de amarelo (b^*) nas emulsões com 10%. Os menores valores de intensidade de amarelo (b^*) foram observados nas amostras com DE = 20, iguais a 19,62 (10% de maltodextrina) e 19,25 (15% de maltodextrina). OLIVEIRA (2006) obteve, para a intensidade de amarelo da formulação elaborada com polpa de pitanga com 30% de água e 15% de maltodextrina, um valor de $+b^* = 19,52$, que se aproxima dos menores valores de intensidade de amarelo encontrados neste trabalho.

4.3 – Viscosidades aparentes das emulsões

Na Tabela B.1 tem-se a análise de variância das viscosidades aparentes das emulsões compostas por proporções fixas de 50% de polpa de buriti e 50% de água destilada, variando a concentração de maltodextrina (5, 10 e 15%). A maltodextrina utilizada nessas emulsões tinha dextrose equivalente DE = 10. Verifica-se que as fontes de variação, velocidade de rotação e concentração de maltodextrina para a interação entre esses dois fatores (velocidade x concentração) foram estatisticamente significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tem-se, na Tabela 4.3, os valores médios das viscosidades aparentes das emulsões compostas por polpa de buriti, água destilada e maltodextrina em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) com dextrose equivalente DE = 10. Observa-se, para a emulsão elaborada com 5% de maltodextrina, que a viscosidade aparente diminuiu significativamente com o aumento da velocidade de rotação, resultando em uma redução da viscosidade de 94,26% entre a velocidade de rotação de 0,5 e a de 50 rpm; para a emulsão com 10% de maltodextrina verifica-se que houve tendência de redução da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação, apresentando valores estatisticamente iguais entre as velocidades de rotação de 1,0 e 2,5 rpm, e com diminuição da viscosidade de 92,64% entre a velocidade de 0,5 e a de 50 rpm; na emulsão com 15% de maltodextrina, os valores das viscosidades aparentes também apresentaram tendência de redução com o aumento da velocidade de rotação, sendo que as médias entre as velocidades de rotação de 0,5 e 1,0 rpm e entre 20 e 50 rpm resultaram em valores estatisticamente iguais e a diminuição da viscosidade entre a menor velocidade de rotação e a maior foi de 94,83%.

Tabela 4.3 - Viscosidade aparente (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti em função da velocidade de rotação e concentração de maltodextrina (DE = 10)

Velocidade de rotação (rpm)	Concentração de maltodextrina (%)		
	5	10	15
0,5	1,8333 aC	2,1333 aB	2,6000 aA
1	1,3667 bC	2,0333 bB	2,6167 aA
2,5	1,2333 cB	1,5000 bA	1,5533 bA
5	0,7500 dA	0,7800 cA	0,7300 cA
10	0,4330 eA	0,5050 dA	0,4183 dA
20	0,2358 fA	0,3008 eA	0,2517 eA
50	0,1053 gA	0,1570 fA	0,1343 eA

DMS colunas = 0,1234 Pa s; DMS para linhas = 0,0968 Pa s; MG = 1,0320 Pa s; CV = 4,73%

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação e DMS: Desvio mínimo significativo.

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

Comportamento semelhante verificaram por GRANGEIRO et al. (2007b), ao estudarem as viscosidades aparentes de polpas de figo-da-índia em diferentes concentrações, tendo constatado, também tendência de redução da viscosidade com o

aumento da velocidade de rotação. Este tipo de comportamento significa que o fluido é não newtoniano com características pseudoplásticas, o qual também foi constatado por VIDAL et al. (2006) ao avaliarem as características reológicas da polpa de manga centrifugada na faixa de temperatura de 10 a 60 °C.

MELO et al. (2008a) determinaram a viscosidade aparente da emulsão elaborada com polpa de buriti e leite (1:1), encontrando o valor de 34,00 Pa s a 30 °C na velocidade de rotação de 0,5 rpm, valor este muito superior aos encontrados no presente estudo o que provavelmente se deve ao fato da, a adição da água destilada ser responsável por uma redução muito maior da viscosidade do que o leite incorporado à polpa.

Com relação ao aumento da concentração de maltodextrina constata-se, nas velocidades de rotação de 0,5 e 1,0 rpm, aumento significativo das viscosidades aparentes; na velocidade de rotação de 2,5 rpm ocorreu diferença estatisticamente significativa entre a viscosidade aparente da emulsão com 5% de maltodextrina e outras emulsões e entre as emulsões com 10 e 15% não existe diferença significativa entre as médias; nas velocidades de rotação de 5, 10, 20 e 50 rpm não existem diferenças significativas entre os valores das viscosidades aparentes entre as emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina. TORRES et al. (2003) também verificaram, para a polpa de umbu-cajá, que com o aumento da concentração do teor de sólidos solúveis totais, a viscosidade aparente aumentou.

Na Tabela B.2 tem-se a análise de variância das viscosidades aparentes das emulsões compostas por proporções fixas de 50% de polpa de buriti e 50% de água destilada, variando a concentração de maltodextrina (5, 10 e 15%) com dextrose equivalente DE = 14. Verifica-se que as fontes de variação, velocidade de rotação e concentração de maltodextrina e para a interação entre esses dois fatores (velocidade x concentração) foram estatisticamente significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 4.4 tem-se os valores médios das viscosidades aparentes (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti, água destilada e maltodextrina com dextrose equivalente DE = 14 em diferentes concentrações. Nota-se, nas três emulsões, que existe tendência de redução da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação. Comportamento similar foi encontrado por MELO (2007a) para as formulações elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina nas concentrações de 10 e 15%, havendo também reduções das viscosidades aparentes com o aumento da velocidade de rotação variando entre 0,5 e 100 rpm para análises realizadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C. A redução da viscosidade aparente na velocidade de rotação de 50 rpm com

relação à velocidade de 0,5 rpm, foi 90,00; 86,60 e 95,00% para as emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina, respectivamente.

Tabela 4.4 - Viscosidade aparente (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti em função da velocidade de rotação e concentração de maltodextrina (DE = 14)

Velocidade de rotação (rpm)	Concentração de maltodextrina (%)		
	5	10	15
0,5	1,6000 aB	1,5667 bB	3,5000 aA
2,5	1,4333 bC	1,9467 aB	2,0267 bA
5	0,8867 cB	1,6000 cA	1,1700 cA
10	0,5183 dB	0,6667 dA	0,6667 dA
20	0,3092 eB	0,3967 eA	0,3959 eA
50	0,1600 fA	0,2100 fA	0,1747 fA

DMS colunas = 0,0771 Pa.s; DMS para linhas = 0,0626 Pa.s; MG = 1,04373 Pa.s; CV = 3,01%

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação e DMS: Desvio mínimo significativo.

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

Em relação ao aumento da concentração de maltodextrina nas emulsões, constata-se que na velocidade de rotação de 0,5 rpm, a viscosidade aparente das emulsões com 5 e 10% de maltodextrina foi estatisticamente igual e a amostra com 15% de maltodextrina foi estatisticamente diferente das demais; já na velocidade de rotação de 2,5 rpm constatou-se aumento estatisticamente significativo da viscosidade aparente com o aumento da concentração de maltodextrina. Nas velocidades de rotação de 5, 10 e 20 rpm, observa-se que não existem diferenças significativas entre as médias das viscosidades aparentes das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina, ocorrendo diferença significativa apenas entre a amostra com 5% de maltodextrina e as demais; já na velocidade de rotação de 50 rpm o aumento da concentração de maltodextrina não implicou em diferenças estatísticas entre as médias das viscosidades entre as três emulsões.

De maneira geral, observou-se tendência de diminuição da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação, caracterizando as emulsões elaboradas com maltodextrina com dextrose equivalente DE = 14 como sendo fluidos pseudoplásticos. VIDAL et al. (2004) também notaram, para a polpa de manga integral cv. Keitt, comportamento pseudoplástico, na faixa de temperatura de 10 a 60 °C. SCREMIN et al.

(2008) também observaram, para a polpa de goiaba pasteurizada, comportamento não newtoniano com características pseudoplásticas na faixa de temperatura entre 8 e 85 °C.

Na Tabela B.3 tem-se a análise de variância das viscosidades aparentes das emulsões compostas por proporções fixas de 50% de polpa de buriti e 50% de água destilada variando a concentração de maltodextrina (5, 10 e 15%). A maltodextrina utilizada nessas emulsões tinha dextrose equivalente DE = 20. Verifica-se que as fontes de variação, velocidade de rotação e concentração de maltodextrina e para a interação entre esses dois fatores (velocidade x concentração) foram estatisticamente significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apresentam-se, na Tabela 4.5, as viscosidades aparentes das emulsões em função da concentração de maltodextrina (DE = 20), e velocidade de rotação.

Tabela 4.5 - Viscosidade aparente (Pa s) das emulsões elaboradas com polpa de buriti em função da velocidade de rotação e concentração de maltodextrina (DE = 20)

Velocidade de rotação (rpm)	Concentração de maltodextrina (%)		
	5	10	15
0,5	6,4000 aC	6,6000 aB	13,6667 aA
1,0	4,2000 bC	4,8000 bB	8,2333 bA
2,5	1,8667 cC	2,2400 cB	4,0267 cA
5,0	1,2067 dC	1,4800 dB	2,2800 dA
10	0,7833 eB	0,9133 eB	1,2767 eA
20	0,4583 fB	0,5150 fB	0,7467 fA
50	0,2467 fgA	0,2750 gA	0,3983 gA
100	0,1750 gA	0,1850 gA	0,2700 gA

DMS colunas = 0,2166; DMS para linhas = 0,1669; MG = 2,6351 Pa s; CV = 4,62%

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação e DMS: Desvio mínimo significativo.

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

Observa-se, nas velocidades de rotação de 0,5 a 50 rpm, redução significativa das viscosidades aparentes nas emulsões com concentrações de 10 e 15% de maltodextrina; na emulsão com concentração de 5% de maltodextrina as viscosidades aparentes entre as velocidades de rotação de 0,5 e 20 rpm diminuíram estatisticamente, entre 20 e 50 rpm e entre 50 e 100 rpm permaneceram constantes, porém entre as velocidades de 20 e 100 rpm

as viscosidades são significativamente diferentes. Este comportamento está de acordo com TORRES et al. (2003) que também observaram, para polpas de umbu-cajá com diferentes concentrações de maltodextrina, que o aumento da velocidade de rotação provocou reduções nos valores das viscosidades aparentes, na temperatura de 10 °C.

Constata-se que a redução da viscosidade aparente na velocidade de rotação de 100 rpm em relação à velocidade de 0,5 rpm, foi de 97,26%; 97,19 e 98,02% para as emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina, respectivamente.

Em relação ao aumento das concentrações (5, 10 e 15%) de maltodextrina observa-se, nas velocidades de rotação de 0,5 a 5 rpm, que houve aumento significativo das viscosidades aparentes; nas velocidades de rotação de 10 e 20 rpm continua a tendência de aumento numérico da viscosidade com o aumento da concentração de maltodextrina, mas estatisticamente o aumento se manifesta apenas entre as concentrações de 10 e 15% de maltodextrina; nas velocidades de rotação de 50 e 100 rpm não se observa diferença significativa entre as viscosidades aparentes das emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina. O comportamento observado para a viscosidade aparente da emulsão elaborada com maltodextrina com DE = 20, com relação ao aumento da concentração de maltodextrina (5, 10 e 15%), corrobora com MOURA et al. (2005), segundo os quais aumentos no teor de carboidratos em sucos ocasiona aumentos da viscosidade aparente.

Avaliando-se o comportamento de forma geral da viscosidade aparente das emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina (5, 10 e 15%), observa-se tendência de diminuição da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação, caracterizando as emulsões elaboradas com polpa de buriti e maltodextrina (DE = 20) como sendo fluidos pseudoplásticos. Comportamento pseudoplástico também foi constatado por SILVA et al. (2005) para o suco de acerola na faixa de temperatura entre 5 e 85 °C e por SILVA & RODRIGUES (2008) para o suco composto ("blend") de frutas tropicais (5% de polpa de acerola, 10% de polpa de maracujá e 20% de polpa de taperebá), adicionado de um xarope de sacarose, no intervalo de temperatura de 10 a 60 °C. A principal característica dos fluidos pseudoplásticos é que a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação e como a velocidade de rotação é diretamente proporcional à taxa de deformação; pode-se classificar o fluido baseando-se no comportamento da velocidade de rotação.

O valor da viscosidade aparente da emulsão com 5% de maltodextrina na velocidade de rotação de 0,5 rpm (6,40 Pa s) foi superior ao determinado por

GRANGEIRO et al. (2007a) para a polpa integral do figo-da-india (13 °Brix), que foi de 5,47 Pa s, determinada também a 30 °C e 0,5 rpm.

4.4 - Planejamento experimental fatorial da secagem da emulsão com polpa de buriti

Neste trabalho se utilizou o planejamento experimental fatorial completo do tipo $2^2 + 2$ no ponto central e se realizaram seis experimentos, dos quais dois foram feitos para o ponto central para que se pudesse permitir uma estimativa da variação em função do erro experimental.

Os resultados das secagens das emulsões (polpa de buriti/água + maltodextrina nas concentrações 5, 10 e 15%, com dextrose equivalente DE = 10) no secador por aspersão, para as diferentes temperaturas de secagem e de acordo com o planejamento experimental fatorial proposto neste trabalho, para as variáveis de respostas umidade (%), cinzas (%), cor (L^* , $+a^*$ e $+b^*$), acidez total titulável (% ácido cítrico) e densidade (g/cm^3) se encontram nas Tabelas 4.6 a 4.26; a partir desses dados foram construídos gráficos de superfícies de resposta e equações, para se encontrar as melhores condições de secagem das formulações.

4.4.1 - Umidade

Tem-se, na Tabela 4.6, os resultados obtidos com o planejamento experimental para a variável resposta teor de umidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem do secador por aspersão (C_a) e no ciclone do secador por aspersão (C_i) em cada combinação de níveis para as variáveis de entrada temperatura de secagem e concentração de maltodextrina. PENA et al. (2008) encontraram para o açaí em pó secado em secador por aspersão, umidade de 3,1%, dentro portanto da faixa de valores das amostras em pó avaliadas no presente trabalho que oscilaram entre 2,5558 e 5,8559%; já DINIZ et al. (2005) encontraram, para o leite de cabra em pó, também secado em secador por aspersão, teor de umidade superior, de cerca de 6,30%.

Observa-se, na Tabela 4.6, que a umidade das amostras coletadas no ciclone foi inferior à das amostras coletadas na câmara de secagem, exceto para o ensaio nº 2; uma hipótese para este comportamento seria que, durante a secagem, as gotículas maiores secam e caem na câmara enquanto outras podem se quebrar ficando com o tamanho

reduzido e, conseqüentemente, ficam mais secas (menor umidade); daí, como as partículas são menores, são arrastadas para o ciclone.

Tabela 4.6 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com 2 pontos centrais dos dados experimentais de umidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n°)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Umidade (%)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	3,8433	2,5558
2	+1 (170)	-1 (5)	5,2273	5,8559
3	-1 (130)	+1 (15)	5,1899	3,1184
4	+1 (170)	+1 (15)	4,3549	4,2392
5	0 (150)	0 (10)	4,4542	3,6666
6	0 (150)	0 (10)	4,4542	3,6666

Com os dados obtidos através do planejamento fatorial, da umidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, foram feitas regressões lineares (Eq. 4.1 e 4.2) desses dados experimentais, em função da temperatura de secagem (°C), da concentração de maltodextrina (%) e da interação entre esses dois parâmetros. Os valores em negrito nessas equações são estatisticamente significativos a 95% de confiança. Verifica-se, para a amostra coletada na câmara de secagem (Eq. 4.1) que apenas a média e a interação entre os dois parâmetros avaliados foram significativos; para a amostra coletada no ciclone (Eq. 4.2) a média, a temperatura do ar de secagem e a interação entre a temperatura e a concentração de maltodextrina, foram significativas.

$$\text{Umidade (Ca)} = \mathbf{4,58} + 0,14 T + 0,12C - \mathbf{0,55 T.C} \quad (4.1)$$

$$\text{Umidade (Ci)} = \mathbf{3,85} + \mathbf{1,10 T} - 0,26C - \mathbf{0,54 T.C} \quad (4.2)$$

em que:

T – Temperatura de secagem (°C)

C – Concentração de maltodextrina (%)

Na Tabela 4.7 tem-se a análise de variância da umidade da amostra em pó coletada na câmara (Ca) de secagem; verifica-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi menor que o valor de F_{tabelado} , para o nível de 95% de confiança. Desta forma e de acordo com o teste F, o modelo de 1ª ordem da umidade para a amostra coletada na câmara de secagem (Ca) não foi estatisticamente significativo (BARROS NETO et al., 1995).

Tabela 4.7 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da umidade das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	1,3625	0,4542	17,14	19,16	0,9625
Resíduo	2	0,0531	0,0265			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	1,4157				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Tem-se na Tabela 4.8, a análise de variância da umidade da amostra em pó coletada no ciclone (Ci) do secador por aspersão.

Tabela 4.8 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da umidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	6,3512	2,1171	41,76	19,16	0,9843
Resíduo	2	0,1014	0,0507			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	6,4526				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Constata-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi aproximadamente 2,2 vezes maior que o valor de F_{tabelado} , significando que o modelo de 1ª ordem para a umidade do pó coletado no ciclone é estatisticamente significativo a 95% de confiança, mas não é preditivo. De acordo

com BARROS NETO et al. (1995) uma regressão pode ser significativa do ponto de vista do teste F mas pode não ser útil para realizar previsões, por cobrir uma faixa de variação pequena dos fatores estudados. BOX & WETZ (1973) sugerem que para que uma regressão seja não apenas significativa mas também útil para fins preditivos, o valor da razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} , deve ser no mínimo maior que 4.

As superfícies de resposta, que representam os efeitos da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina sobre os parâmetros físico-químicos das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) de secagem e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, foram analisadas apenas quando os modelos de 1ª ordem foram estatisticamente significativos a 95% de confiança, pois as mesmas não apresentam nenhuma importância quando não há significância. Por esta razão, a superfície de resposta para as variáveis concentração de maltodextrina e temperatura de secagem sobre a umidade das amostras em pó coletadas na câmara do secador, não foi apresentada.

A Figura 4.1 apresenta a superfície de resposta para as variáveis concentração de maltodextrina e temperatura do ar de secagem sobre a umidade das amostras em pó.

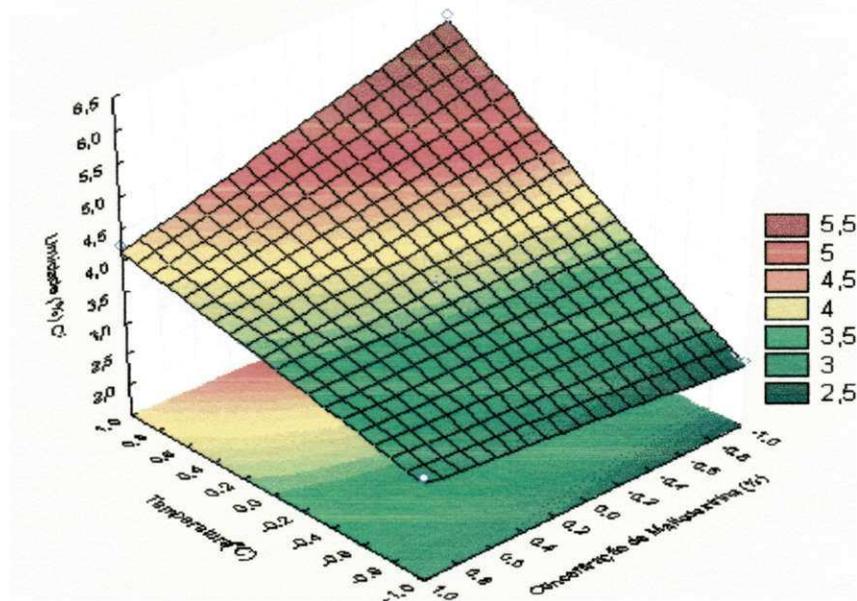


Figura 4.1 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a umidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)

Verifica-se que a temperatura do ar de secagem apresentou efeito crescente sobre a resposta, ou seja, quando passa de um nível -1 para +1, a umidade do pó coletado no

ciclone aumenta. Fixando a variável temperatura no nível inferior -0,2, o valor de umidade fica em torno de 2,5 e 3%, para qualquer faixa de concentração de maltodextrina. Observa-se, para as amostras coletadas no ciclone, que o menor teor de umidade foi obtido para a amostra secada com a menor concentração de maltodextrina (5%) e temperatura de secagem de 130 °C. Uma provável explicação para este fato é que a secagem com a menor temperatura demora mais do que nas demais temperaturas, ficando a amostra seca retida no ciclone por um tempo maior e, conseqüentemente, desidrata mais do que em temperaturas mais altas em que o processo é mais rápido.

4.4.2 - Cinzas

Na Tabela 4.9 são apresentados os resultados obtidos com o planejamento experimental para a resposta cinzas das amostras em pó coletadas na câmara de secagem do secador por aspersão (Ca) e no ciclone do secador por aspersão (Ci) em cada combinação de níveis para as variáveis temperatura do ar de secagem e concentração de maltodextrina. Observa-se que o teor de cinzas das amostras em pó variou entre 1,3415 e 2,3254%, sendo próximo ao valor determinado por COSTA et al. (2009) para a alcachofra em pó secada em secador por aspersão, de 2,02%, e inferior ao determinado por LANNES & MEDEIROS (2003) para o achocolatado de cupuaçu em pó, que foi de 5,10%.

Tabela 4.9 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com 2 pontos centrais dos dados experimentais das cinzas das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n°)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Cinzas (%)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	2,3254	2,3146
2	+1 (170)	-1 (5)	1,7299	2,0056
3	-1 (130)	+1 (15)	1,6058	1,7657
4	+1 (170)	+1 (15)	1,3415	1,4740
5	0 (150)	0 (10)	2,0482	1,9223
6	0 (150)	0 (10)	2,0482	1,9223

Ca – Câmara de secagem do secador por aspersão; Ci - Ciclone do secador por aspersão

As equações de regressão linear (Eq. 4.3 e 4.4) dos dados experimentais ajustados para a temperatura do ar de secagem ($^{\circ}\text{C}$) e concentração de maltodextrina (%) das emulsões, permitem selecionar a combinação de níveis maximizados na obtenção da melhor resposta para cada situação. Os parâmetros em negrito nessas equações são os valores estatisticamente significativos a nível de 95% de confiança. Constata-se, para as amostras em pó coletadas na câmara de secagem, que apenas a média dos valores observados apresentou efeito significativo; já para as amostras coletadas no ciclone a média, a temperatura do ar de secagem e a concentração de maltodextrina, tiveram efeito significativo.

$$\text{Cinzas (Ca)} = \mathbf{1,85} - 0,21T - 0,28C + 0,08T.C \quad (4.3)$$

$$\text{Cinzas (Ci)} = \mathbf{1,9} - \mathbf{0,15T} - \mathbf{0,27C} + 0,004T.C \quad (4.4)$$

em que:

T – Temperatura de secagem ($^{\circ}\text{C}$)

C – Concentração de maltodextrina (%)

Tem-se, nas Tabelas 4.10 e 4.11, as análises de variância (ANOVA) do ajuste do modelo de 1^a ordem com 4 parâmetros para as cinzas das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, respectivamente.

Observa-se na Tabela 4.10, para a variável de resposta cinzas da amostra em pó coletada na câmara de secagem (Ca), que o valor do $F_{\text{calculado}}$ (2,932) foi menor que o valor de F_{tabelado} (19,16), para um nível de 95% de confiança.

Tabela 4.10 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais das cinzas das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	0,5192	0,1730	2,932	19,16	0,8147
Resíduo	2	0,1180	0,059			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	0,6372				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Portanto, de acordo com o teste F, pode-se afirmar que o modelo empírico não é estatisticamente significativo.

No caso da Anova, para as cinzas das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) constata-se, na Tabela 4.11, que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o valor de F_{tabelado} , com a razão entre esses valores de aproximadamente 9,5 vezes; pode-se afirmar, então, de acordo com o teste F, que o modelo empírico é estatisticamente significativo e preditivo (BOX & WETZ, 1973).

Tabela 4.11 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais das cinzas das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	0,3821	0,1274	182,0	19,16	0,9963
Resíduo	2	0,0014	0,0007			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	0,3835				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Na Figura 4.2 estão representados graficamente os efeitos das variáveis de entrada, concentração de maltodextrina e temperatura do ar de secagem, sobre o teor de cinzas das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador.

Verifica-se que a temperatura de secagem e a concentração de maltodextrina apresentam influências decrescentes, ou seja, quando passam do nível -1 para o nível +1, o teor de cinzas diminui; desta forma, o maior valor de cinzas (2,3146%) foi observado quando a temperatura de secagem foi de 130 °C (-1) e a concentração de maltodextrina de 5% (-1).

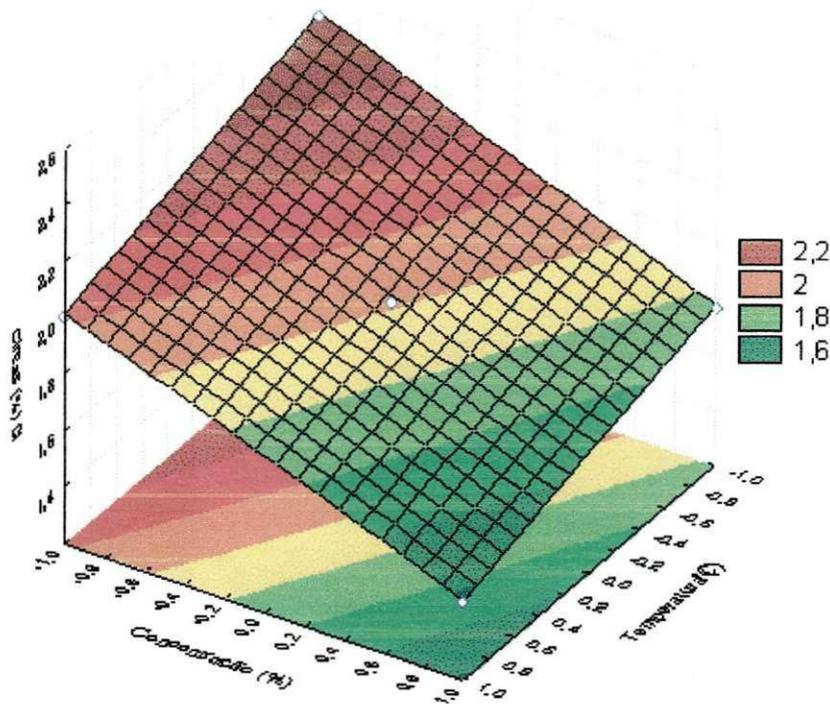


Figura 4.2 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre as cinzas (%) das amostras em pó coletadas no ciclone do secador (Ci)

4.4.3 – Luminosidade (L^*)

Estão expostos na Tabela 4.12 os resultados obtidos com o planejamento fatorial da variável de resposta luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, para as diferentes combinações de níveis das variáveis de entrada: temperatura do ar de secagem e concentração de maltodextrina.

Observa-se que os valores da luminosidade das amostras em pó coletadas na câmara e no ciclone, variaram entre 49,54-54,76 e 47,42-64,3, respectivamente, tendo havido um aumento da luminosidade em relação às emulsões (amostras antes da secagem) com suas respectivas concentrações, significando que ocorreu clareamento das amostras em razão de que, quanto mais próximo a luminosidade de 100 (branco) mais clara fica a amostra. Verifica-se, assim, uma influência da umidade e do processo de secagem sobre a luminosidade.

Tabela 4.12 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com pontos centrais dos dados experimentais da luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n ^o)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Luminosidade (L^*)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	49,84	47,42
2	+1 (170)	-1 (5)	51,35	53,18
3	-1 (130)	+1 (15)	51,08	64,30
4	+1 (170)	+1 (15)	54,76	54,76
5	0 (150)	0 (10)	50,52	56,03
6	0 (150)	0 (10)	50,52	56,03

Constata-se, ainda, que com o aumento da concentração de maltodextrina existe tendência de aumento da luminosidade nas amostras em pó. TONON et al. (2009) verificaram influência da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina na luminosidade do suco de açaí em pó, secado em secador por aspersão, tendo-se observado que, com o aumento da concentração de maltodextrina, houve um aumento de L^* , justificado pela diluição da coloração roxa do suco de açaí com a maltodextrina.

Equações de regressão (Eq. 4.5 e 4.6) foram ajustadas aos dados experimentais de luminosidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone, em função da temperatura do ar de secagem (°C) e da concentração de maltodextrina (%). Os coeficientes em negrito nessas equações, são os valores estatisticamente significativos a 95% de confiança. Verifica-se, para a amostra em pó coletada na câmara de secagem (Eq. 4.5), que apenas a média geral da luminosidade foi significativa a 95% de confiança; para a amostra em pó coletada no ciclone (Ci), constata-se que a média geral da luminosidade, a concentração de maltodextrina e a interação entre a concentração e temperatura de secagem, tiveram efeito significativo a 95% de confiança; contrariamente, SOUSA et al. (2008) verificaram efeito significativo da temperatura de secagem sobre a luminosidade do tomate em pó secado em secador por aspersão.

$$\text{Luminosidade (Ca)} = \mathbf{51,34} + 1,30T + 1,16C + 0,54 T.C \quad (4.5)$$

$$\text{Luminosidade (Ci)} = \mathbf{54,28} - 0,94 T + \mathbf{4,61C} - \mathbf{3,82 T.C} \quad (4.6)$$

Nas Tabelas 4.13 e 4.14 tem-se as análises de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da luminosidade (L^*), das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone do secador por aspersão, respectivamente, em função da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina.

Observa-se na Tabela 4.13 que, para o parâmetro luminosidade (Ca) o $F_{\text{calculado}}$ foi menor que F_{tabelado} , significando que o modelo não é estatisticamente significativo em nível de 95% de confiança.

Tabela 4.13 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	13,3168	4,4389	4,3478	19,16	0,8670
Resíduo	2	2,0419	1,02095			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	15,3587				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Na Tabela 4.14 verifica-se, para o parâmetro luminosidade (Ci), que o $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, podendo-se afirmar que o modelo é estatisticamente significativo. O valor de $F_{\text{calculado}}$ é aproximadamente 1,9 vez maior que o F_{tabelado} , sinal de que o modelo não é preditivo (BOX & WETZ, 1973).

Tabela 4.14 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	89,8559	29,9520	36,14	19,16	0,9889
Resíduo	2	1,6576	0,8288			
Falta de Ajuste	1					
Erro Puro	1					
Total	5	148,9451				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Tem-se, na Figura 4.3, a superfície de resposta da luminosidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão, em função das variáveis independentes (temperatura de secagem e concentração de maltodextrina). Verifica-se que a concentração de maltodextrina e a interação entre a temperatura de secagem e concentração de maltodextrina apresentam influência significativa. Quando a concentração de maltodextrina passa do nível -1 (5%) para o nível +1 (15%), o parâmetro luminosidade aumenta. Consta-se que o maior valor da luminosidade (L^*) foi de aproximadamente 64 para a temperatura de secagem de 130 °C e concentração de maltodextrina de 15% (+1) e o menor na temperatura de 130 °C e concentração de maltodextrina de 5% (-1).

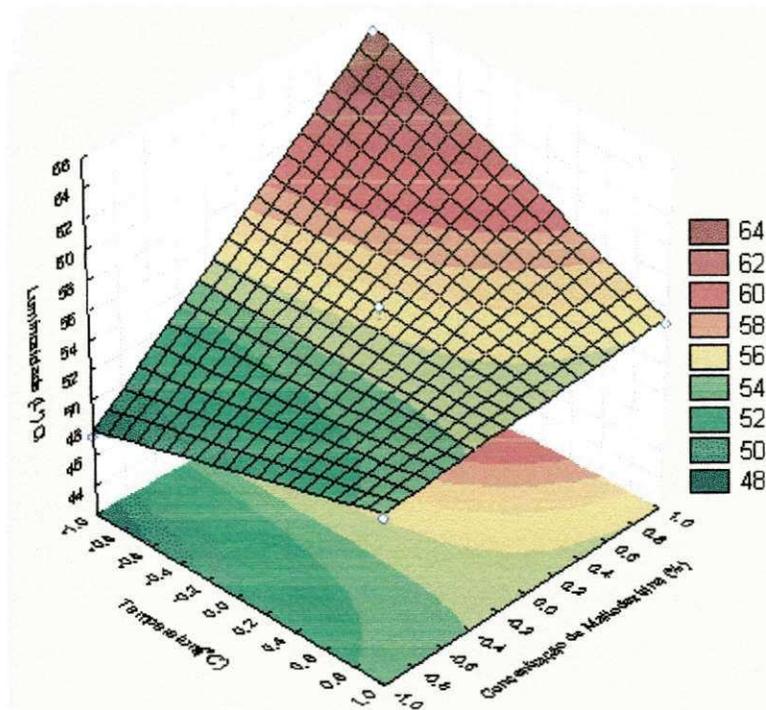


Figura 4.3 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a luminosidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)

4.4.4 - Intensidade de vermelho ($+a^*$)

Na Tabela 4.15 estão os resultados obtidos com o planejamento fatorial para o parâmetro de cor intensidade de vermelho ($+a^*$) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) para as variáveis independentes temperatura de secagem

(°C) e concentração de maltodextrina (%). Constata-se que as variações nos valores da intensidade de vermelho das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone foram pequenas, com o valor mínimo de 26,74 e máximo de 29,69, valores esses próximos aos determinados por ERSUS & YURDAGEL (2007) para o extrato de antocianinas em pó produzido a partir de cenouras que variaram entre 24,42 e 31,11. Verifica-se, também, que os valores de +a* nas amostras em pó foram superiores aos das emulsões (Tabela 4.2), significando que houve um aumento da intensidade de vermelho devido, provavelmente, à redução da umidade.

Tabela 4.15 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com pontos centrais dos dados experimentais da intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n°)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Intensidade de vermelho (+a*)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	29,48	27,66
2	+1 (170)	-1 (5)	29,54	28,06
3	-1 (130)	+1 (15)	29,21	28,14
4	+1 (170)	+1 (15)	29,69	26,74
5	0 (150)	0 (10)	28,14	27,45
6	0 (150)	0 (10)	28,14	27,45

Os modelos de regressão que relacionam a intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) em função da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina, estão descritos nas Equações 4.7 e 4.8, respectivamente. Os parâmetros em negrito são os estatisticamente significativos em nível de 95% de confiança. Para a amostra em pó coletada na câmara (Ca) apenas o parâmetro média geral da intensidade de vermelho (+a*) foi significativo enquanto para a amostra em pó coletada no ciclone (Ci), além da média, a interação entre a temperatura de secagem e a concentração de maltodextrina também apresentou efeito significativo.

QUEK et al. (2007) verificaram, para a melancia em pó secada em secador por aspersão, que com o aumento da temperatura de secagem (145, 155 e 165 °C) ocorreu aumento da intensidade de vermelho (+a*); contrariamente, no presente trabalho não houve efeito significativo da temperatura de secagem sobre os valores de +a* (Eq. 4.7 e 4.8) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone.

$$\text{Intensidade de vermelho (Ca)} = 28,86 + 0,39 T + 0,22C - 0,15 T.C \quad (4.7)$$

$$\text{Intensidade de vermelho (Ci)} = 27,58 - 0,25 T - 0,21C - 0,45 T.C \quad (4.8)$$

A ANOVA (análise de variância) correspondente ao modelo de 1ª ordem da intensidade de vermelho (+a*) da amostra em pó coletada na câmara de secagem (Tabela 4.16) em função das variáveis independentes, temperatura de secagem e concentração de maltodextrina, indica que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi menor que o F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, não sendo o modelo estatisticamente significativo. Constata-se, ainda, que o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,3597$) apresentou um valor considerado muito baixo, sem representação preditiva.

Tabela 4.16 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	0,8856	0,2952	0,3744	19,16	0,3597
Resíduo	2	1,5769	0,7884			
Falta de Ajuste	1					
Erro Puro	1					
Total	5	2,4625				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Na Tabela 4.17 tem-se a ANOVA da regressão da intensidade de vermelho (+a*) da amostra em pó coletada no ciclone em função das variáveis independentes, temperatura de secagem e concentração de maltodextrina. Constata-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi menor que o F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, não sendo o modelo estatisticamente significativo, apesar do R^2 ter indicado, como resultado, um valor superior a 0,95.

Tabela 4.17 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	F _{calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	3	1,2364	0,4121	15,49	19,16	0,9586
Resíduo	2	0,0533	0,0266			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	1,2897				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

A Figura 4.4 apresenta os efeitos das variáveis de entrada concentração de maltodextrina e temperatura de secagem sobre a intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão.

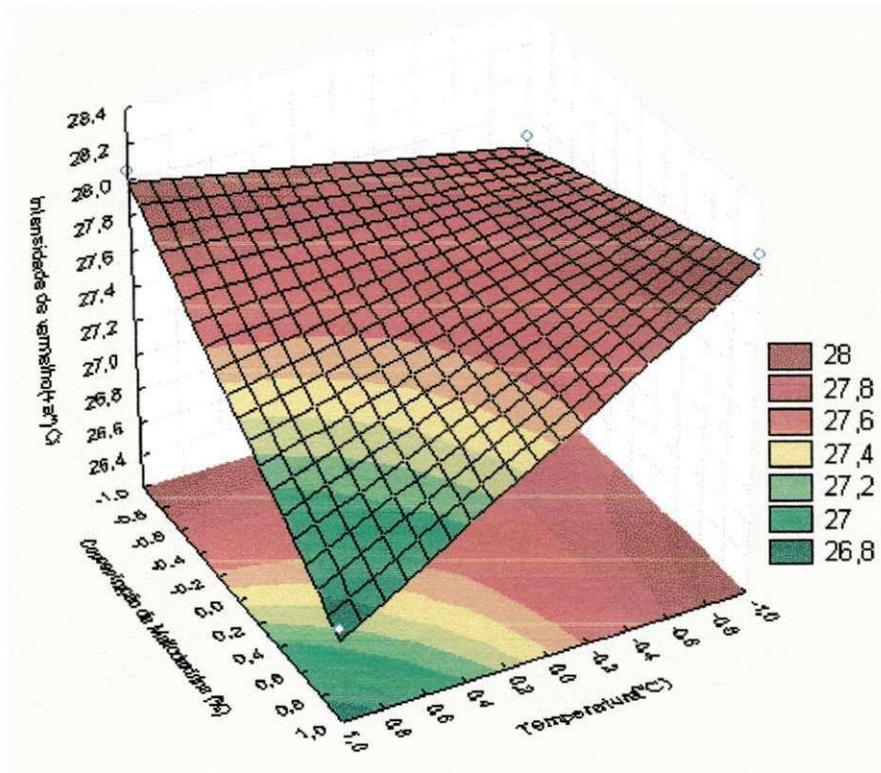


Figura 4.4 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)

Verifica-se que a interação entre a temperatura de secagem e a concentração de maltodextrina, apresentou influência significativa. O menor valor de intensidade de vermelho (+a*) foi de aproximadamente 26 para a amostra produzida com a temperatura de secagem de 170 °C (+1) e a concentração de maltodextrina de 15% (+1).

4.4.5 - Intensidade de amarelo (+b*)

A Tabela 4.18 apresenta os resultados obtidos com o planejamento fatorial para a variável resposta intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) de secagem e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, em cada combinação de níveis para as variáveis independentes temperatura de secagem e concentração de maltodextrina. A intensidade de amarelo das amostras em pó variou entre 32,53 e 37,45 para as amostras coletadas na câmara de secagem e entre 36,19 e 46,11 para as amostras coletadas no ciclone. Constata-se que os valores de +b* das amostras coletadas na câmara de secagem foram, em todos os experimentos realizados, inferiores aos das amostras coletadas no ciclone indicando que as amostras coletadas na câmara, eram menos amarelas. Uma provável explicação seria a exposição das amostras a temperaturas mais elevadas na câmara que proporcionaria maior degradação da cor.

Comparando-se os valores de +b* das emulsões (Tabela 4.2) com as amostras em pó, constata-se um aumento da intensidade de amarelo em virtude, provavelmente, da redução da umidade.

Tabela 4.18 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2² com pontos centrais dos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n°)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Intensidade de amarelo (+b*)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	34,35	36,19
2	+1 (170)	-1 (5)	36,16	37,29
3	-1 (130)	+1 (15)	33,69	46,11
4	+1 (170)	+1 (15)	37,45	41,81
5	0 (150)	0 (10)	32,53	37,91
6	0 (150)	0 (10)	32,53	37,91

A partir dos resultados obtidos com o planejamento fatorial, realizou-se uma regressão linear dos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) em função da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina, cuja aplicação permite selecionar a combinação de níveis maximizados na obtenção da melhor resposta para cada situação.

Os modelos codificados da regressão dos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) estão apresentados nas Equações 4.9 e 4.10, respectivamente. Constata-se, nessas equações, que apenas o parâmetro da equação e a média da intensidade de amarelo, foram estatisticamente significativos (valores em negrito) a 95% de confiança. QUEK et al. (2007) verificaram aumento da intensidade de amarelo com o aumento da temperatura de secagem para a melancia em pó secada em secador por aspersão, nas temperaturas variando entre 145 e 175 °C.

$$\text{Intensidade de amarelo (Ca)} = \mathbf{34,45} + 1,39T + 0,16C + 0,49T.C \quad (4.9)$$

$$\text{Intensidade de amarelo (Ci)} = \mathbf{39,54} - 0,80T + 3,61C - 1,35T.C \quad (4.10)$$

Nas Tabelas 4.19 e 4.20 tem-se as análises de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) e no ciclone do secador por aspersão, respectivamente. Observa-se, nas tabelas citadas, que os valores de $F_{\text{calculado}}$ foram muito menores que os valores de F_{tabelado} ; baseando-se nesses valores os modelos, conclui-se que foram considerados estatisticamente não significativos em nível de 95% de confiança.

Constata-se ainda, na Tabela 4.19, que o valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,4429$) foi muito pequeno, confirmando que a equação não é preditiva.

Tabela 4.19 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	F _{calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	3	8,8061	2,9354	0,5299	19,16	0,4429
Resíduo	2	11,0784	5,5392			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	19,8845				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Tabela 4.20 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	F _{calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	3	61,9784	20,6595	5,2051	19,16	0,8865
Resíduo	2	7,9381	3,9691			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	69,9165				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Em razão de não ter havido efeito estatisticamente significativo das variáveis independentes (temperatura de secagem e concentração de maltodextrina) sobre a intensidade de amarelo, detectado pelo teste F, em que a regressão não foi estatisticamente significativa e, pelos coeficientes de determinação, as superfícies de respostas da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador por aspersão não foram apresentadas.

4.4.6 – Acidez total titulável

Na Tabela 4.21, se encontra a matriz do planejamento experimental com as respostas da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, as quais foram obtidas a partir dos experimentos

realizados com as combinações dos níveis estudados (temperatura de secagem e concentração de maltodextrina).

Tabela 4.21 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2^2 com pontos centrais dos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n°)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	1,1515	1,5629
2	+1 (170)	-1 (5)	1,2696	1,4355
3	-1 (130)	+1 (15)	1,0045	1,0777
4	+1 (170)	+1 (15)	0,9324	0,9332
5	0 (150)	0 (10)	1,0524	1,3168
6	0 (150)	0 (10)	1,0524	1,3168

A acidez total titulável (ATT) das amostras em pó variou entre 0,9324 e 1,2696 para as amostras coletadas na câmara de secagem e entre 0,9332 e 1,5629 para as amostras coletadas no ciclone. Teores próximos foram encontrados por ALMEIDA et al. (2009) para mangas em pó, obtidas através do processo de liofilização, das variedades Tommy Atkins e Rosa, cujos valores de ATT foram de 0,93 e 2,1%, respectivamente. Obtiveram-se os maiores valores de ATT para as amostras com menor concentração de maltodextrina e os menores nas amostras com maior quantidade de maltodextrina, demonstrando a influência deste produto na ATT.

Constata-se que os valores de ATT das amostras coletadas na câmara de secagem foram, em todos os experimentos realizados, inferiores aos das amostras coletadas no ciclone, indicando que as amostras coletadas na câmara eram menos ácidas. Uma provável explicação seria a exposição das amostras a temperaturas mais elevadas na câmara de secagem com um tempo de permanência de exposição maior sob esta condição quando comparadas com as amostras coletadas no ciclone, proporcionando uma oxidação maior dos ácidos orgânicos na câmara.

Verifica-se que a ATT das amostras em pó resultou em valores superiores aos das emulsões (Tabela 4.2), em razão sobretudo da concentração da amostra proporcionada pela retirada da água.

As Equações 4.11 e 4.12 representam os modelos empíricos codificados das regressões lineares ajustadas aos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) de secagem e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, respectivamente. Nessas equações, os parâmetros em negrito são estatisticamente significativos a nível de 95% de confiança nelas apenas as médias e a concentração de maltodextrina influenciaram significativamente a acidez total titulável das amostras em pó.

$$\text{Acidez (Ca)} = \mathbf{1,08} + 0,01T - \mathbf{0,12C} - 0,05T.C \quad (4.11)$$

$$\text{Acidez (Ci)} = \mathbf{1,27} - 0,07T - \mathbf{0,25C} - 0,004T.C \quad (4.12)$$

Nas Tabelas 4.22 e 4.23 se encontram as análises de variância dos modelos ajustados aos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) de secagem e no ciclone (Ci) do secador por aspersão.

Verifica-se, na Tabela 4.22, que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o valor de F_{tabelado} , sendo o modelo considerado estatisticamente significativo para o nível de 95% de confiança. A relação entre $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} foi de aproximadamente 1,3, considerado não preditivo (BOX & WETZ, 1973).

Tabela 4.22 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	0,0682	0,0227	25,22	19,16	0,9738
Resíduo	2	0,0018	0,0009			
Falta de Ajuste	1					
Erro Puro	1					
Total	5	0,0700				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Na Tabela 4.23 o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o valor de F_{tabelado} , sendo o modelo considerado estatisticamente significativo, para o nível de 95% de confiança e a razão entre $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} foi de aproximadamente 1,7, também considerado não preditivo (BOX & WETZ, 1973).

Tabela 4.23 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da acidez total titulável das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	F _{calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	3	0,2624	0,0875	31,82	19,16	0,9793
Resíduo	2	0,0055	0,00275			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	0,2679				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

As Figuras 4.5 e 4.6 conêm a representação gráfica da acidez total titulável em função da temperatura de secagem e concentração de maltodextrina das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) de secagem e no ciclone (Ci) do secador por aspersão. As médias e a concentração de maltodextrina apresentaram influências significativas. Observando-se a Figura 4.5, verifica-se que para qualquer valor de temperatura, a resposta (acidez) apresenta aumento com a diminuição de concentração de maltodextrina, significando, que apesar da maltodextrina possuir uma pequena acidez, não é suficiente para, no nível de maior concentração, aumentar o valor da acidez na amostra em pó superando o valor da amostra com menor concentração, implicando em que a maior concentração de ácidos orgânicos se deve à polpa de buriti.

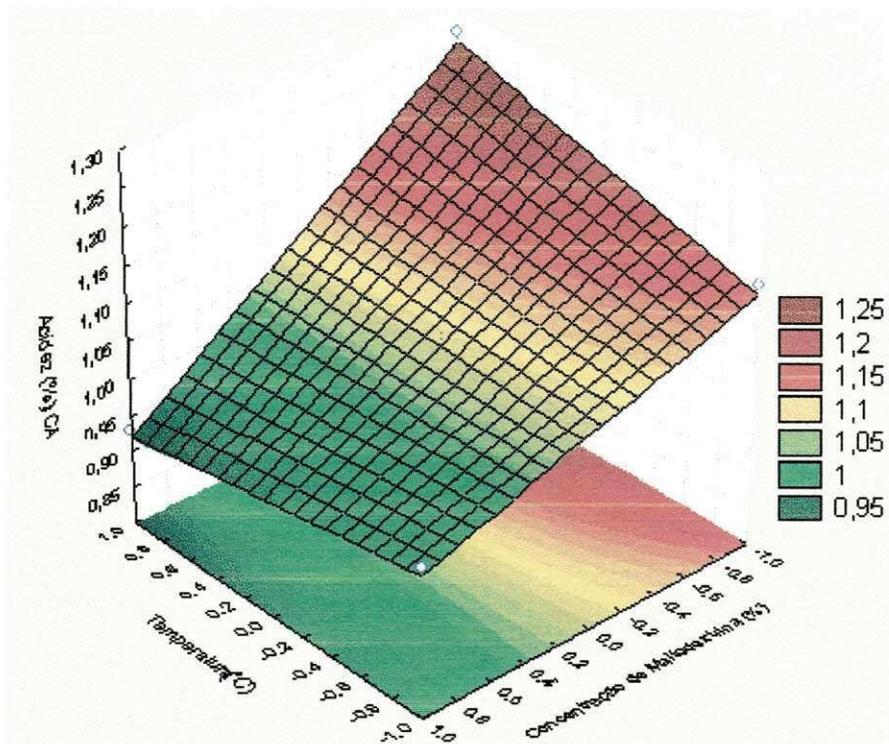


Figura 4.5 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a acidez total titulável (% ácido cítrico) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca)

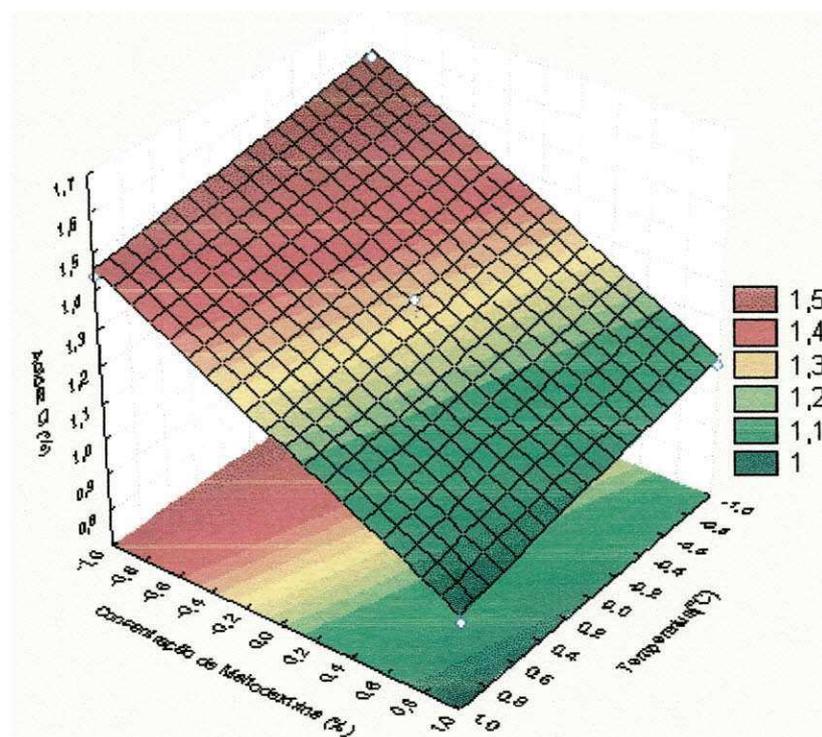


Figura 4.6 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (DE =10) sobre a acidez total titulável (% ácido cítrico) das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci)

4.4.7 – Densidade

Na Tabela 4.24 se acham os resultados obtidos com o planejamento experimental para a variável de resposta densidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador em cada combinação de níveis para as variáveis temperatura de secagem e concentração de maltodextrina.

OLIVEIRA et al. (2006) encontraram, ao determinar a densidade da pitanga em pó secada no secador por aspersão com adição de 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, valores médios de 1,1923 e 1,3806 g/cm³, respectivamente. Constata-se, então, que as densidades das formulações em pó elaboradas com polpa de buriti coletadas na câmara de secagem resultaram em valores superiores aos determinados por esses pesquisadores e as densidades das amostras coletadas no ciclone, inferiores.

Tabela 4.24 – Matriz do planejamento experimental fatorial 2² com pontos centrais dos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador

Ensaio (n ^o)	Temperatura de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Densidade (g/cm ³)	
			Ca	Ci
1	-1 (130)	-1 (5)	1,3217	1,2341
2	+1 (170)	-1 (5)	1,2478	1,2418
3	-1 (130)	+1 (15)	1,3742	1,2324
4	+1 (170)	+1 (15)	1,2438	1,2525
5	0 (150)	0 (10)	1,2903	1,3362
6	0 (150)	0 (10)	1,2903	1,3362

Tem-se, nas Equações 4.13 e 4.14, os modelos de 1^a ordem codificados, ajustados aos dados experimentais da densidade em função da temperatura de secagem e concentração de maltodextrina das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca) e no ciclone (Ci) do secador por aspersão, respectivamente. Os valores em negrito são os coeficientes estatisticamente significativos a nível de 95% de confiança. Observa-se, na Equação 4.13, que para a densidade dos pós coletados na câmara (Ca) de secagem todos os parâmetros codificados foram estatisticamente significativos e, na Equação 4.14, para as amostras em pó coletadas no ciclone, apenas a média geral da densidade foi significativa.

$$\text{Densidade (Ca)} = 1,29 - 0,05T + 0,012C - 0,014T.C \quad (4.13)$$

$$\text{Densidade (Ci)} = 1,27 - 0,01T - 0,002C + 0,003T.C \quad (4.14)$$

Constata-se que houve efeito significativo da temperatura do ar de secagem sobre a densidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem, ocorrendo uma redução da densidade com o aumento da temperatura. Este comportamento também foi verificado por GOULA & ADAMOPOULOS (2010) ao avaliarem o efeito da temperatura de secagem sobre a densidade do suco de laranja em pó, sendo justificado em razão de que como a taxa de evaporação aumenta com o aumento da temperatura os produtos secos tornam-se mais porosos ou com estrutura fragmentada.

A ANOVA (Tabela 4.25) correspondente ao modelo ajustado aos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão em função da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina (DE =10) mostra que os resultados estão bem explicados pela regressão ($R^2 = 0,9952$) e o $F_{\text{calculado}}$ é maior que o F_{tabelado} , com uma razão $F_{\text{calc}}/F_{\text{tab}}$ igual a 4,1, sendo o modelo considerado estatisticamente significativo e preditivo (BOX & WETZ, 1973).

Tabela 4.25 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas na câmara (Ca) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	3	0,0118	0,00393	78,6	19,16	0,9952
Resíduo	2	0,0001	0,00005			
Falta de ajuste	1					
Erro puro	1					
Total	5	0,0119				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Na Tabela 4.26 se encontra a análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão.

Constata-se que o $F_{\text{calculado}}$ é menor que o F_{tabelado} , significando que o modelo não é estatisticamente significativo a 95% de confiança e, como a razão $F_{\text{calc}}/F_{\text{tab}}$ é inferior a 4, o

modelo não é considerado preditivo (BOX & WETZ, 1973). Observa-se, ainda, pelo coeficiente de determinação (R^2), que a equação explica apenas 32,59% da variação total da densidade, considerado, portanto, um fraco ajustamento.

Tabela 4.26 – Análise de variância do modelo ajustado aos dados experimentais da densidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) do secador por aspersão

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	F _{calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	3	0,0038	0,00126	0,3231	19,16	0,3259
Resíduo	2	0,0078	0,0039			
Falta de Ajuste	1					
Erro Puro	1					
Total	5	0,0116				

S.Q: Soma quadrática; G.L: Grau de liberdade; MQ: Média quadrática

Verifica-se, na Figura 4.7, que a temperatura de secagem e a concentração de maltodextrina apresentam influências significativas.

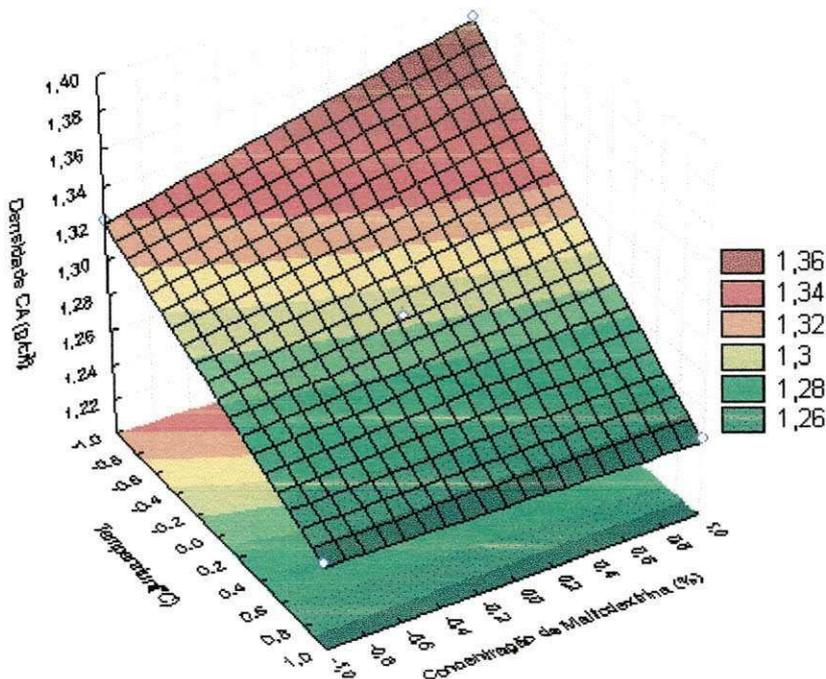


Figura 4.7 – Influência das variáveis de entrada temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina sobre a densidade (g/cm^3) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem (Ca)

Quando a concentração passa do nível -1 para o nível +1, o valor da densidade aumenta com a diminuição da temperatura; assim, o maior valor da densidade (1,3742 g/cm³) foi observado para a temperatura de secagem de 130 °C (-1) e a concentração de maltodextrina de 15% (+1).

O gráfico referente à superfície de resposta da densidade das amostras em pó coletadas no ciclone (Ci) não apresentou efeito estatisticamente significativo haja vista que, além do teste F mostrar que a regressão não foi estatisticamente significativa, o coeficiente de determinação foi muito baixo ($R^2 = 0,3259$).

Os melhores resultados obtidos para determinar as condições “ideais” de secagem das formulações, foram encontrados para a amostra coletada no ciclone do secador por aspersão, de acordo com as respostas estudadas no planejamento experimental fatorial.

4.5 – Isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó

Na Tabela 4.27 estão os valores experimentais da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água (a_w) determinada a 20 °C, das formulações em pó coletadas na câmara do secador, secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C, com adição de 15, 10 e 15% de maltodextrina com dextrose equivalente DE = 10, respectivamente.

Constata-se que a umidade de equilíbrio (X_{eq}) das formulações em pó aumentou com o aumento da atividade de água (a_w) na temperatura de 20 °C, evidenciando a higroscopicidade das amostras. Este mesmo comportamento foi encontrado por GUERRA & LAJOLO (2005) ao determinarem as isotermas de adsorção de umidade na temperatura de 25 °C do leite bubalino em pó, desidratado a 140 °C em um secador por aspersão semi-industrial; por ALCÂNTARA & ALMEIDA (2009) ao determinarem as isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju na temperatura de 25 °C e por CORREA et al. (2000) em estudo com café solúvel na temperatura de 20 °C.

MELO (2008b) ao avaliar as isotermas de adsorção de umidade a 20 °C de um produto em pó composto de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e 10% de maltodextrina, obtido através da secagem por aspersão, observou que as umidades de equilíbrio das amostras em pó coletadas na câmara de secagem variaram entre 15,45% b.s. ($a_w = 0,640$) e 26,06% b.s. ($a_w = 0,818$), valores esses superiores aos encontrados neste trabalho para a formulação com 10% maltodextrina ($T_{secagem} = 150$ °C), o que se deve principalmente às diferenças entre as características físico-químicas dos produtos.

Tabela 4.27 – Valores médios da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água (a_w) a 20 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador

130 °C (15% de maltodextrina)		150 °C (10% de maltodextrina)		170 °C (15% de maltodextrina)	
a_w	X_{eq} (% bs)	a_w	X_{eq} (% bs)	a_w	X_{eq} (% bs)
0,075	1,4200	0,130	2,8270	0,217	4,5518
0,500	5,6105	0,615	7,0072	0,575	7,1071
0,617	6,8444	0,707	8,2237	0,704	8,4642
0,701	8,1288	0,732	9,1831	0,727	9,4397
0,735	9,2612	0,751	10,2282	0,767	10,9030
0,753	10,0725	0,770	11,1705	0,779	11,7392
0,769	10,9345	0,777	11,8729	0,788	12,3318
0,782	11,6275	0,778	12,6608	0,795	12,9936
0,795	12,4387	0,795	13,2946	0,809	13,8838
0,805	13,0473	0,807	13,9457	0,903	23,6866
0,811	13,7065	0,815	14,5795	-	-
0,821	14,3318	0,821	15,1964	-	-
0,913	24,5397	0,829	15,6589	-	-
-	-	0,913	25,2530	-	-

Tem-se, na Tabela 4.28, os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin, ajustados às isotermas de adsorção de umidade, na temperatura 20 °C, das formulações em pó elaboradas com polpa de buriti secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C, com adição de 15, 10 e 15% de maltodextrina com dextrose equivalente DE = 10, respectivamente, coletadas na câmara do secador, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P).

Verifica-se que, para todas as amostras, o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, com os maiores R^2 (0,9996, 0,9988 e 0,9989) e os menores P (1,96, 2,34 e 1,96%). Este comportamento também foi verificado por PEREIRA (2008), em que o modelo de Peleg resultou nos melhores ajustes aos resultados da isoterma

de adsorção de umidade a 30 °C, de formulação em pó elaborada com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e 15% de maltodextrina, apresentando R^2 acima de 0,99 e $P = 2,62\%$.

Tabela 4.28 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina ($DE = 10$), respectivamente, coletadas na câmara do secador

Modelo	Parâmetro	Temperatura de secagem e concentração de maltodextrina		
		130 °C (15%)	150 °C (10%)	170 °C (15%)
GAB	X_m	2,9372	2,9954	2,8868
	C	10,5589	20,8317	819481,6
	K	0,9665	0,9685	0,9719
	R^2	0,9984	0,9954	0,9969
	P (%)	2,78	4,65	5,50
Peleg	k_1	36,0585	37,0119	38,2303
	n_1	8,3974	7,15715	8,3460
	k_2	8,3091	6,3759	7,6487
	n_2	0,6537	0,3915	0,3319
	R^2	0,9996	0,9988	0,9989
	P (%)	1,96	2,34	1,96
Oswin	a	4,8705	5,0389	5,0271
	b	0,6882	0,6926	0,6678
	R^2	0,9976	0,9934	0,9888
	P (%)	8,42	11,54	14,69

Nota-se, para o modelo de GAB, que todos os R^2 foram maiores que 0,99 e $P < 10\%$, podendo também ser utilizados para estimar as isotermas; já para o modelo de Oswin, apenas a amostra secada a 130 °C com 15% de maltodextrina, apresentou $R^2 > 0,99$ e $P < 10\%$, devendo-se evitar o uso deste modelo para estimar as isotermas das amostras secadas a 150 °C com 10% de maltodextrina e a 170 °C com 15% de maltodextrina em razão de terem apresentado $P > 10\%$ apesar dos R^2 serem maiores que 0,99.

Os valores da umidade na monocamada molecular (X_m) do modelo de GAB para as diferentes amostras, variaram entre 2,8868 e 2,9954, sendo próximos ao valor encontrado por KUMAR & MISHRA (2006) para o iogurte de manga em pó. Observa-se que os valores de X_m do apresentaram diminuição com o aumento da temperatura de secagem de 130 para 170 °C, para a amostra com 15% de maltodextrina.

Para o fator correlação das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido (K) do modelo de GAB, houve um pequeno aumento no valor de amostra secada a 170 °C com relação à amostra secada a 150 °C, ambas com 15% de maltodextrina. Os valores de K para todas as amostras foram inferiores aos da unidade.

Com relação aos valores encontrados para o parâmetro C do modelo de GAB, que representa o calor total de sorção da primeira camada, o qual tem significado físico relacionado ao efeito da temperatura, observou-se aumento deste parâmetro com o aumento da temperatura de 130 para 170 °C, para as amostras elaboradas com 15% de maltodextrina. Similarmente, LAHSASNI et al. (2003) observaram, para os parâmetros C e K do modelo de GAB, aumento, com o aumento da temperatura.

De acordo com BLAHOVEC (2004) as isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó avaliadas a 20 °C são classificadas como do Tipo II, em razão de terem apresentado $0 < K \leq 1$ e $C > 2$. TONON et al. (2009) também encontraram, para a isoterma de adsorção de umidade a 25 °C do açaí em pó produzido em secador por aspersão utilizando maltodextrina com DE = 10, valores dos parâmetros do modelo de GAB iguais a $C = 2,83$ e $K = 0,962$, possibilitando classificar a isoterma como sendo, também, do Tipo II.

No Apêndice D (Figuras D.1 e D.6) tem-se os gráficos das isotermas de adsorção de umidade das três amostras em pó com ajustes pelos modelos de GAB e Oswin. Na Figura 4.8 são mostradas as isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das emulsões em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina, respectivamente, coletadas na câmara do secador, ajustadas pelo modelo de Peleg, considerado o melhor para estimar as isotermas. Observa-se que as isotermas de adsorção de umidade das emulsões em pó, secadas nas três temperaturas (130, 150 e 170 °C) são muito próximas em toda a faixa de atividade de água, exceto entre atividades de água entre 0 (zero) e próximo a 0,6 em que a amostra secada a 170 °C apresentou valores superiores de umidade de equilíbrio. Desta forma, constata-se que foi pouca a influência da temperatura de secagem e da faixa de concentração de maltodextrina avaliada.

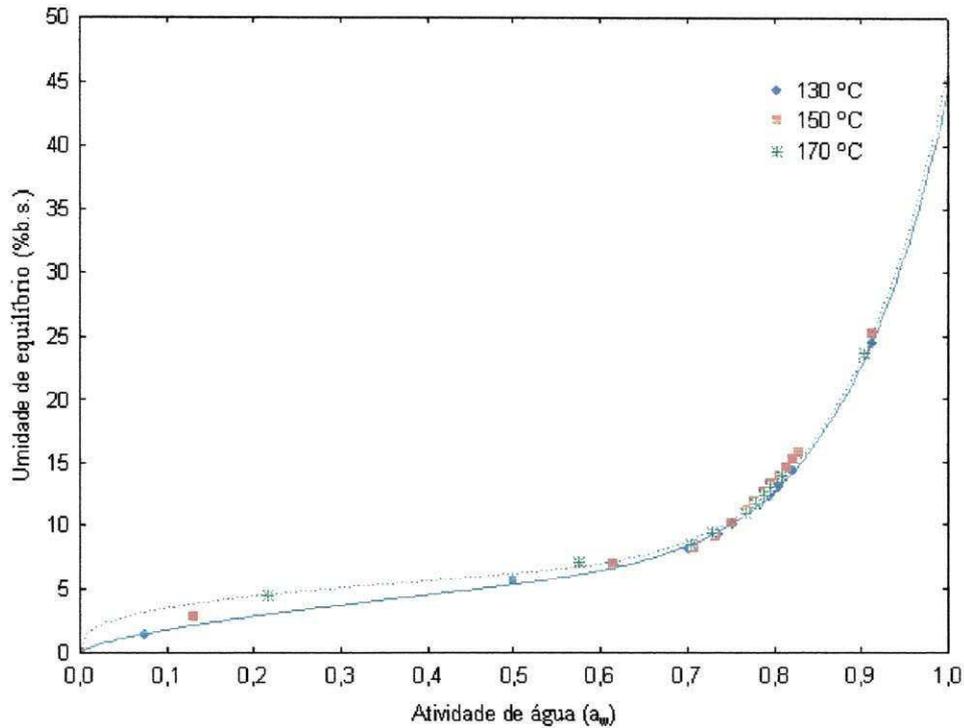


Figura 4.8 – Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg

Na Tabela 4.29 estão relacionados os valores experimentais da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água (a_w), na temperatura de 30 °C, das formulações em pó coletadas na câmara do secador, secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C, nas concentrações (15, 10 e 15%) de maltodextrina (DE = 10), respectivamente. Observa-se que a umidade de equilíbrio (X_{eq}) aumenta com o aumento da atividade de água, o que ocorre para a maioria dos produtos higroscópicos; este mesmo comportamento foi observado por MORAGA et al. (2006) ao avaliarem a isoterma de adsorção de umidade do kiwi liofilizado a 30 °C.

Tabela 4.29 – Valores médios da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água (a_w) a 30 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador

130 °C (15% de maltodextrina)		150 °C (10% de maltodextrina)		170 °C (15% de maltodextrina)	
a_w	X_{eq} (% bs)	a_w	X_{eq} (% bs)	a_w	X_{eq} (% bs)
0,202	2,4643	0,360	4,0060	0,266	3,3574
0,484	5,7210	0,577	6,3201	0,452	5,4752
0,638	7,0835	0,667	7,4958	0,609	6,8698
0,692	7,2318	0,710	8,5687	0,686	7,6446
0,713	8,6528	0,724	9,1224	0,713	8,4194
0,724	9,2504	0,738	9,7282	0,723	8,2645
0,731	9,7619	0,749	10,2654	0,728	8,8326
0,737	10,1720	0,758	10,8377	0,732	8,8843
0,744	10,6670	0,766	11,2174	0,739	9,7107
0,750	11,0596	0,777	11,8592	0,747	10,1240
0,756	11,4693	0,788	12,5863	0,754	10,5372
0,904	23,5112	0,796	13,1768	0,760	11,0021
-	-	0,802	13,6266	0,767	11,3636
-	-	0,808	14,0944	0,773	11,7252
-	-	0,813	14,5102	0,904	23,2955
-	-	0,818	14,8905	-	-
-	-	0,921	26,6007	-	-

Na Tabela 4.30 se encontram os parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de umidade, a 30 °C, das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10) coletadas na câmara de secagem. Verifica-se que os três modelos podem ser usados para representar as isotermas de adsorção das amostras em pó, em razão de terem apresentado coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,99 e desvios percentuais médios (P) abaixo de 10%; comportamento semelhante foi verificado por GOULA et al. (2008) ao ajustarem os modelos de GAB e Peleg às isotermas de adsorção de umidade, a 20 e 30 °C, da polpa

de tomate em pó, secada em secador por aspersão, tendo-se constatado que esses modelos podem ser utilizados para estimar as isotermas com precisão. Dentre os três modelos avaliados o de Peleg foi o que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, indicando os maiores R^2 (0,9959, 0,9993 e 0,9952) e os menores P (5,02, 1,52 e 4,56%).

Tabela 4.30 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador

Modelo	Parâmetro	Temperatura de secagem e concentração de maltodextrina		
		130 °C (15%)	150 °C (10%)	170 °C (15%)
GAB	X_m	2,9985	3,4198	2,6929
	C	8,9751	3,2885	111,1677
	K	0,9673	0,9529	0,9785
	R^2	0,9946	0,9968	0,9947
	P (%)	5,42	4,44	5,23
Peleg	k_1	34,0100	36,5999	7,5507
	n_1	7,3505	7,1755	0,5485
	k_2	7,8689	6,6707	36,1554
	n_2	0,6679	0,4767	7,9527
	R^2	0,9959	0,9993	0,9952
	P (%)	5,02	1,52	4,56
Oswin	a	4,9286	5,0691	4,7200
	b	0,6940	0,6812	0,7051
	R^2	0,9935	0,9957	0,9910
	P (%)	8,12	4,57	9,26

Analisando-se os valores dos parâmetros obtidos para o modelo de GAB, observa-se que a umidade na monocamada (X_m) diminuiu quando a temperatura de secagem aumentou de 130 para 170 °C, para a amostra com 15% de maltodextrina; já o valor do parâmetro C aumentou quando a temperatura aumentou de 130 para 170 °C para a amostra secada com 15% de maltodextrina. Os valores de K foram inferiores aos da unidade (< 1)

variando entre 0,9529 e 0,9785 sendo superiores ao valor encontrado por GABAS et al. (2007) para o abacaxi em pó secado com 18% de maltodextrina, que foi de 0,942 para a isoterma a 30 °C.

Verifica-se também que as isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó podem ser classificadas como do Tipo II, de acordo com BLAHOVEC (2004), por terem resultado em valores entre a seguinte faixa $0 < K \leq 1$ e $C > 2$. AL-MUHTASEB et al. (2004) também classificaram as isotermas de adsorção de umidade do amido de batata em pó a 30 °C como sendo do Tipo II.

No Apêndice C (Figuras C.3 e C.4) tem-se os gráficos das isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó com ajustes pelos modelos de GAB e Oswin.

Na Figura 4.9, se encontram as isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130 °C (amostra com 15% de maltodextrina), 150 °C (amostra com 10% de maltodextrina) e 170 °C (amostra com 15% de maltodextrina), coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg, considerado o melhor ajuste.

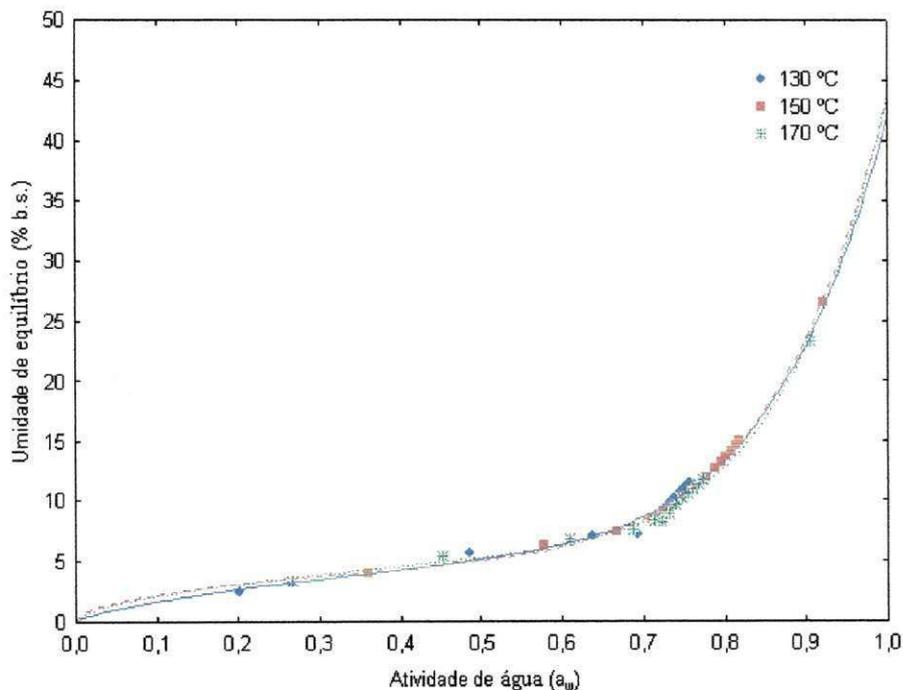


Figura 4.9 – Isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg

Observa-se uma proximidade entre as curvas, não sendo identificado grande efeito da temperatura. ROMERO et al. (2005) também notaram uma proximidade bastante acentuada entre as isotermas de adsorção da polpa de manga, na faixa de 30-70 °C.

Os resultados experimentais da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água (a_w), a 40 °C, das formulações em pó, coletadas na câmara do secador secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C, com adição de 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, estão apresentados na Tabela 4.31.

Tabela 4.31 – Valores médios da umidade de equilíbrio (X_{eq}) e da atividade de água a 40 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador

130 °C (15% de maltodextrina)		150 °C (10% de maltodextrina)		170 °C (15% de maltodextrina)	
a_w	X_{eq} (% b.s.)	a_w	X_{eq} (% b.s.)	a_w	X_{eq} (% b.s.)
0,271	2,2980	0,262	3,0087	0,254	3,2056
0,500	4,8873	0,485	5,2045	0,487	5,7309
0,622	6,2233	0,605	6,4737	0,605	6,6928
0,675	7,1665	0,660	7,4344	0,662	7,4660
0,698	8,1942	0,685	8,1212	0,680	8,0505
0,718	8,9488	0,703	8,8075	0,691	8,5140
0,733	9,6516	0,719	9,5460	0,706	9,2358
0,743	10,2517	0,729	10,0089	0,712	9,6833
0,753	10,8000	0,742	10,6107	0,725	10,1644
0,761	11,2287	0,751	11,1252	0,744	11,0238
0,766	11,4857	0,757	11,4686	0,751	11,6957
0,772	11,8458	0,764	11,9651	0,757	12,0396
0,778	12,2231	0,765	12,1367	0,764	12,3833
0,780	12,4631	0,773	12,4111	0,899	23,8522
0,904	23,9357	0,904	24,6507	-	-

Nota-se que a umidade de equilíbrio das formulações em pó aumentou com o aumento da atividade de água, comportamento também encontrado por ANSELMO et al.

(2007) ao avaliarem as isotermas de equilíbrio higroscópico, entre 10 e 50 °C, do cajá em pó secado em secador por aspersão com adição de 10% de maltodextrina e 5% de amido modificado.

Na Tabela 4.32 se encontram os valores dos parâmetros estimados, obtidos por regressão não linear dos modelos de GAB, Peleg e Oswin, ajustados às isotermas de adsorção de umidade, na temperatura de 40 °C, das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C, com concentrações de 15, 10 e 15% de maltodextrina com dextrose equivalente (DE = 10), respectivamente, coletados na câmara do secador, além dos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios médios percentuais (P).

Tabela 4.32 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador

Modelo	Parâmetro	Temperatura de secagem e concentração de maltodextrina		
		130 °C (15%)	150 °C (10%)	170 °C (15%)
GAB	X_m	3,7313	3,2973	3,2150
	C	1,7788	4,4490	7,0765
	K	0,9494	0,9633	0,9667
	R^2	0,9978	0,9977	0,9960
	P (%)	4,61	4,08	4,77
Peleg	k_1	34,6536	35,6086	6,8239
	n_1	6,8342	6,7313	0,5094
	k_2	7,2431	7,0275	34,9126
	n_2	0,8251	0,6014	6,4679
	R^2	0,9990	0,9992	0,9976
	P (%)	2,28	1,93	2,99
Oswin	a	4,6793	5,0162	5,1654
	b	0,7345	0,7106	0,7018
	R^2	0,9971	0,9972	0,9951
	P (%)	3,71	5,09	5,80

Em análise aos dados contidos na Tabela 4.32, observa-se que o modelo de Peleg foi o que apresentou os maiores coeficientes de determinação (0,9990, 0,9992 e 0,9976) e menores desvios médios percentuais (2,28, 1,93 e 2,99%). Este resultado se assemelha ao verificado por SILVA et al. (2004), em que este modelo se ajustou melhor aos dados experimentais das isotermas de adsorção do camu-camu. Referidos autores observaram que o melhor ajuste da equação de Peleg ocorreu na temperatura de 30 °C, com o coeficiente de determinação (R^2) igual a 99,98% e menor desvio médio relativo (1,93%). Os modelos de GAB e Peleg também podem ser usados para estimar com precisão as isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó, por terem apresentado $R^2 > 0,98$ e $P < 10\%$.

O valor da umidade da monocamada (X_m) do modelo de GAB diminuiu com o aumento da temperatura do ar de secagem entre 130 e 170 °C, para as amostras produzidas com 15% de maltodextrina ($DE = 10$) enquanto os valores dos parâmetros C e K do modelo de GAB aumentaram com o aumento da temperatura de secagem para essas mesmas condições.

Os valores de X_m variaram entre 3,2150 e 3,7313 inferiores, portanto, ao valor determinado por ASCHERI et al. (2009) para a isoterma de adsorção de água a 40 °C do amido em pó de rizomas do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) que foi de 6,977.

Verifica-se que, da mesma forma que as isotermas determinadas a 20 e a 30 °C, as isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó também se classificam como do Tipo II (BLAHOVEC, 2004), exceto a emulsão secada a 130 °C com 15% de maltodextrina por apresentar o valor de $C = 1,7788$, sendo classificada como do Tipo III ($0 < K \leq 1$; $0 \leq C \leq 2$). MEDEIROS et al. (2006) também verificaram, para as isotermas de adsorção de umidade do cupuaçu em pó, determinadas a 15, 25 e 35 °C, que se trata de isotermas do Tipo II.

No Apêndice C (Figuras C.5 e C.6) tem-se os gráficos das isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó com ajustes pelos modelos de GAB e Oswin e, na Figura 4.10, as isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina ($DE=10$) coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg, considerado o melhor. Verifica-se que, nas três amostras, a umidade de equilíbrio aumentou com o aumento da atividade de água e que existe uma proximidade das curvas das três amostras, não denotando grandes diferenças entre elas.

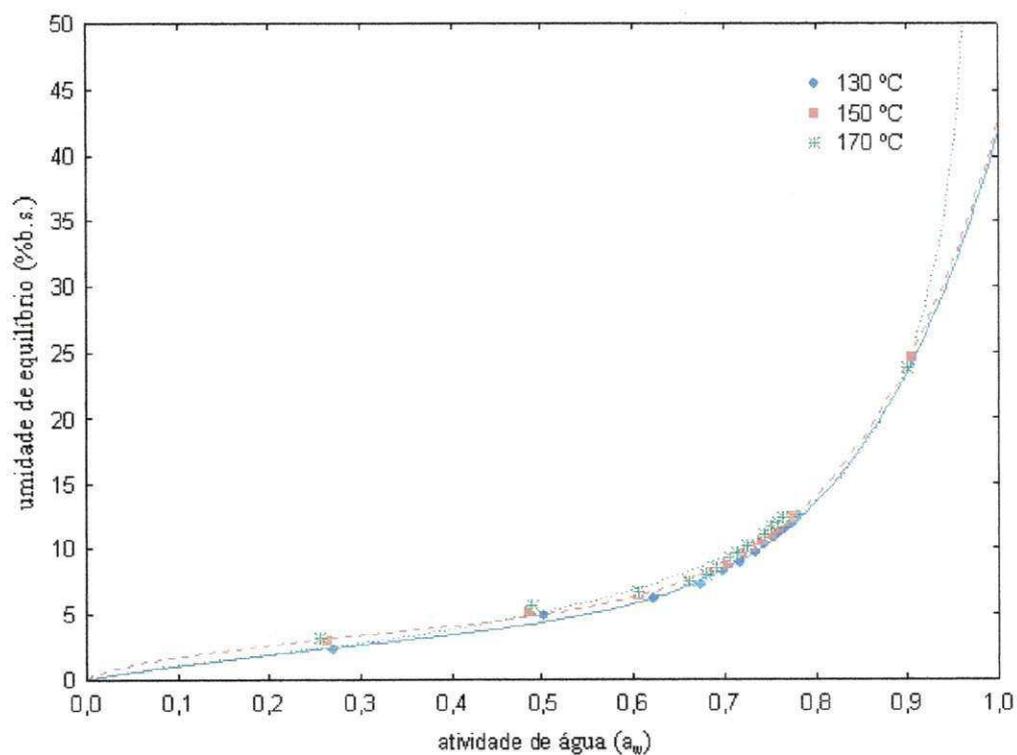


Figura 4.10 – Isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das formulações em pó secadas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10) coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Peleg

5 - CONCLUSÕES

Todas as emulsões elaboradas com polpa de buriti, água destilada e maltodextrina em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) e com diferentes dextroses equivalente (10, 14 e 20) demonstraram comportamento pseudoplástico e apresentaram tendência de aumento de suas viscosidades aparentes com o acréscimo na proporção de maltodextrina;

A produção de polpa de buriti em pó mostrou-se viável a partir da secagem em secador por aspersão de emulsões compostas de polpa, água e maltodextrina, com dextrose equivalente igual a 10, em proporções de 5, 10 e 15%;

As amostras em pó coletadas na câmara de secagem de secagem e no ciclone do secador por aspersão, apresentaram características diferentes;

O modelo empírico de primeira ordem obtido para a densidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem, foi estatisticamente significativo e preditivo; já para a acidez total titulável, o modelo foi estatisticamente significativo, mas não foi preditivo e, para os parâmetros umidade, cinzas, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, os modelos não foram estatisticamente significativos;

A média dos valores observados, a temperatura de secagem, a concentração de maltodextrina e a interação entre esses dois fatores, apresentaram efeito estatisticamente significativo na densidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem; o maior valor da densidade dessas amostras foi obtido com a maior concentração de maltodextrina e menor temperatura;

Nas amostras em pó coletadas na câmara de secagem, os parâmetros cinzas, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo não sofreram influência da concentração de maltodextrina, da temperatura de secagem nem da interação entre esses dois fatores;

Os modelos empíricos de primeira ordem obtidos para a umidade, luminosidade, acidez total titulável e cinzas das amostras em pó coletadas no ciclone, foram estatisticamente significativos mas não preditivos e, para os parâmetros intensidade de vermelho, intensidade de amarelo e densidade, os modelos não foram estatisticamente significativos;

Nas amostras de pó coletadas no ciclone os parâmetros intensidade de amarelo e densidade não sofreram influência da concentração de maltodextrina, da temperatura de secagem nem da interação entre esses dois fatores;

As isotermas de adsorção de umidade a 20, 30 e 40 °C, das amostras em pó secadas nas temperaturas 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE =10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, foram classificadas como do tipo II, exceto a isoterma a 40 °C da amostra em pó produzida a 130 °C com 15% de maltodextrina, que foi do Tipo III; o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas, dentre os avaliados, foi o de Peleg;

As temperaturas de secagem de 130 a 170°C e as diferenças de proporções de 10 e 15% de maltodextrina utilizadas nas formulações de polpa de buriti, não demonstraram influência sobre as isotermas de adsorção de umidade dos pós obtidos.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, S. R. S.; REGIANE, A. M. Estudo do fruto buriti (*Mauritia flexuosa*) para obtenção de óleo e síntese de biodiesel. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2006, Águas de Lindóia. **Resumos...** Águas de Lindóia: SBQ, 2006. CD Rom.

ALBUQUERQUE, S. R. S.; REGIANE, A. M.; FERREIRA, E. J. L.; SARTORI, A.; SOUZA, T. M. H.; PANTOJA, N. V.; OLIVEIRA, E. S.; MACHADO, D. S. Métodos de amadurecimento artificial do fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos...** Águas de Lindóia: SBQ, 2007. CD Rom.

ALBUQUERQUE, L. D.; SALES, P. V. G.; PEDROSA, N. K. A.; MAGRO, P. C.; ANJOS, E. S.; MUJICA, P. Y. C. Caracterização físico-química de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2005. CD Rom.

ALCANTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALMEIDA, P.; MEIRA, T.; ALENCAR, L. C.; FREITAS, A.; HERCULANO, L. Avaliação físico-química de pós alimentícios de manga (*Mangifera indica* L.) de diferentes variedades obtidos pelo processo de liofilização. In: ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 9.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 9.; SIMPÓSIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2009. CD Rom.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 38 p.

ANSELMO, G. C. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ARRUDA, P. C.; SOUSA, M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 58–65, 2006.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 14 ed. Arlington: AOAC, 1997. 1141 p.

ASCHERI, D. P. R.; MOURA, W. S.; ASCHERI, J. L. R.; JUNIOR, E. A. F. Propriedades termodinâmicas de adsorção de água do amido de rizomas do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 454-462, 2009.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; BRUNO, L. M.; PINTO, G. A. S. Métodos de Conservação de alimentos In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004a. p. 97-133.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbianas durante a estocagem In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004b. p. 19-35.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, J. S.; BRUS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora Unicamp, 1995. 299 p.

BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; MOURÃO, JR., M. **Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L. f. – Arecaceae): estimativas de produtividade de polpa e óleo vegetal em uma área de savana em Roraima**. 2009. 23 f. Relatório de Pesquisa – Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Boa Vista.

BHANDARI, B. R.; DUMOULIN, E. D.; RICHARD, H. M. J.; NOLEAU, I.; LEBERT, A. M. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 1, p. 217–221, 1992.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A **Introdução à química de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 306 p.

BOX, G. E. P.; WETZ, J. Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function. **University of Wisconsin Technical Report**, 1973. 95p.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Quantidade e valor dos produtos de extração vegetal e da sicultura**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2008.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, v. 32, p. 1-32, 2005.

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

BUFFO, R. A.; PROBST, K.; ZEHENTBAUER, G.; REINECCIUS, G. A. Effects of agglomeration on the properties of spray-dried encapsulated flavours. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, n. 4, p. 292-299, 2002.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Revista Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 270-277, 2007.

CAPRISTE, G.H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 8, p. 1501-107, 1982.

CARDOSO, F. S. N. **Produção de microencapsulados de amido com recobrimento em leite fluidizado**. 2000. 65 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5. ed. Belém: CEJUP/CNPq, 1991. 271 p. (Coleção Adolfo Luke).

CORRÊA, P. C.; AFONSO JUNIOR, P. C.; ANDRADE, E. T. Modelagem matemática da atividade de água em polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 283-287, 2001.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JUNIOR, P. C.; STRINGHETA, P. C. Estudo do fenômeno de adsorção de água e seleção de modelos matemáticos para representar a higroscopicidade do café solúvel. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2000.

COSTA, R. S.; OZELA, E. F.; BARBOSA, W. L. R.; PEREIRA, N. L.; JUNIOR, J. O. C. S. Caracterização física, química e físico-química do extrato seco por nebulização (*spray-drying*) de *Cynara scolymus* L. (Asteraceae), **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 90, n. 3, p. 169-174, 2009.

DINIZ, A. C. P.; LUIZ, M. B.; GONZAGA, L. V.; MEIER, M. M.; SZPOGANICZ, B.; FETT, R. Comportamento da beta-ciclodextrina adicionada ao leite de cabra submetido ao processo de desidratação por "spray-dryer". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n.2, p. 197-201, 2005.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Editora Novos Talentos, 2004. 248 p.

DRUNKLER, D. A.; FETT, R.; LUIZ, M. T. B. Utilização de beta-ciclodextrina na minimização do "sabor caprino" do iogurte de leite de cabra. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 13-22, 2001.

DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M., PAIVA, B. R. Propriedades termofísicas da polpa de mangaba a baixas e ultra-baixas temperaturas: densidade e calor específico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. Especial, n. 1, p. 19–29, 2003.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, n. 3, p. 805–812, 2007.

FREITAS, I. C. **Estudo das interações entre biopolímeros e polpas de frutas tropicais em cisalhamento estacionário e oscilatório**. 2002. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GABAS, A. L. **Secagem de uva Itália em leite fixo**. 1998. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, n. 2, p. 246–252, 2007.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 7. ed. São Paulo: Nobel., 1988. 284 p.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIREDO, R. M. F., QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin, v. 11, n. 2, p. 342-351, 2010.

GOUVEIA, J. P. G.; MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. M. V.; SILVA, M. M. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 471-474, 2002.

GRANGEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F., CAVALCANTI MATA, M. E. R. M; Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-índia. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p.219-224, 2007a.

GRANGEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; DUARTE, M. E. M. Viscosidade aparente de polpas de figo-da-índia. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 408-416, 2007b.

GUERRA, N. B.; LAJOLO, F. M. Ação antioxidante de especiarias face diferentes atividades de água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 45-50, 2005.

HOLDSWORTH, S. D. Dehydration of food products: a review. **Journal of Food Technology**, v. 6, n. 4, p. 331-370, 1971.

KUMAR, P.; MISHRA, H. N. Moisture sorption characteristics of mango-*soy*-fortified yogurt powder. **International Journal of Dairy Technology**, Inglaterra, v. 59, n. 1, p. 22-28, 2006.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; FLIYOU, M. Moisture adsorption-desorption isotherms of prickly pear cladode (*Opuntia ficus indica*) at different temperatures. **Energy Conversion & Management**, Marrakech, v. 44, n. 6, p. 923-936, 2003.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2000. v. 1, 373 p.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. V. **Palmeiras do Brasil: nativas exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 352 p.
- LOUREIRO, N. L. **Desidratação da polpa de buriti e armazenamento do produto seco**. 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- MANHÃES, L. R. T. **Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart.): um potente alimento funcional**. 2007. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MARTINS, M. L. A.; BORGES, S. V.; DELIZA, R.; CASTRO, F. T.; CAVALCANTI, N. B. Características e doce em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1329-1333, 2007.
- MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. M.; LANNES, S. C. S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 73, n. 4, p. 402-406, 2006.
- MELO, K. S. ; FIGUEIRÊDO, R. M. F. ; QUEIROZ, A. J. M. ; FERNANDES, T. K. S. ; BEZERRA, M. C. T. Densidade de emulsão composta por leite de cabra e maltodextrina em função temperatura. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3., 2008, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2008. CD Rom.
- MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2008a.
- MELO, J. C. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FEITOSA, R. M. Moisture adsorption isotherms of spray dried mixture of goat milk umbu-cajá pulp and maltodextrin.

In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, (SBEA), 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008b. CD Rom.

MELO, J. C. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEROZ, A. J. M.; FEITOSA, R. M. Physico-chemical characterization of emulsions with goat milk, umbu-cajá pulp and maltodextrin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, (SBEA), 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008c. CD Rom.

MELO, J. C. S. **Produção e armazenamento de formulações de leite de cabra e polpa de umbu-cajá.** 2007. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of food and agricultural materials.** New York: Gordon and Breach Sci. Publishers, 1987. 742 p.

MORAGA, G.; MARTINEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Water sorption isotherms and phase transitions in kiwifruit. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 72, p. 147–156, 2006.

MOTTA, J. D. **Construção e avaliação de um colorímetro para produtos agrícolas.** 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MOURA, S. C. S. R.; FRANCA, V. C. L.; LEAL, A. M. C. B. Propriedades termofísicas de soluções-modelo similares a suco – Parte II. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 454-459, 2005.

MUJICA, P. Y. C.; ALBURQUERQUE, L. D.; SALES, P. V. G.; PEDROSA, N. K. A.; MAGRO, P. C.; ANJOS, E. S. Caracterização físico-química de buriti (*Mauritia flexuosa*, L.) In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBPCFT, 2005. CD Rom.

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, F. M. N. **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**. 2006. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Isotermas de sorção de umidade do açaí (*Euterpe oleracea*) em pó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, (COBEQ), 2008, Recife. **Anais...** Recife: COBEQ, 2008. CD Rom.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 120-131, 2000.

PEREIRA, T. B. B. **Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-cajá**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. **FEALQ**, Piracicaba, p. 309, 2002.

QUEIROZ, A. J. M.; BEZERRA, J. R. M. V.; GASPARETTO, C. A. Influência de diferentes teores de sólidos insolúveis suspensos nas características reológicas de sucos de abacaxi naturais e despectinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 75-79, 2000.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S. Manutenção e recuperação da biodiversidade do bioma cerrado: o uso de plantas nativas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 89., e INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Anais...** Planaltina: Embrapa/CPAC, 1996. p. 10-14.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. 1. ed. Campinas: Editora Casa do Pão, 2005. 326 p.

ROMERO, J. T.; KOHAYAKAWA, M. N. Enthalpy-entropy compensation based on isotherms of mango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 297-303, 2005.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações. In: JORNADA CIENTÍFICA DAS FACULDADES ASSOCIADAS DE UBERABA, 5., 2006, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FAZU, 2006. CD Rom.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, Suíça, v. 37, n. 5, p. 517-525, 2004.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 556 p.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura do comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SCREMIN, F. F.; SOUZA, J. A. R.; HOTZA, D.; QUADRI, M. G. N. Temperature effect on rheology of pasteurized guava (*Pisidium guajava* L.) pulp. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUIMICA, (COBEQ), 2008, Recife. **Anais...** Recife: COBEQ, 2008. CD Rom.

SILVA, I. E. **Secagem de vagens de algaroba *Prosopis j. (S.W.) D.C.* em laboratório e a nível de fazenda.** 1999. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C. Característica reológica do suco composto de frutas tropicais: efeito da temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUIMICA, (COBEQ), 2008, Recife. **Anais...** Recife: COBEQ, 2008. CD Rom.

SILVA, M. A.; SOBRAL, P. J. A.; KIECKBUSCH, T. G. State diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc. Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 3, p. 426-432, 2006.

SILVA, Y. C. **Obtenção de cajá em pó utilizando um secador por atomização: caracterização física, físico-química e sensorial do pó.** 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA JÚNIOR, A.; FILHO, M. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) pelo processo "foam-mat". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SODRÉ, J. B. **Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico.** 2005. 65 f. Monografia (Especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STREETER, V. L.; WYLIE, E. B. **Mecânica dos fluidos.** 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1989. 585 p.

SOUSA, A. S.; BORGES, S. V.; MAGALHAES, N. F.; RICARDO, R. V.; AZEVEDO, A. D. Spray-dried tomato powder: reconstitution properties and colour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 807-814, 2008.

TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S.; LAMARDO, L. C. A.; CAMPOS, N. C.; JORGE, L. I. F.; GONZALEZ, E. Composição e estudo anatômico dos frutos de buriti do Município de Buritizal, Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 227-232, 2003.

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, n. 2, p. 181-204, 2005.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidade aparente da polpa de umbu-cajá concentrada a 10 °C. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 161-168, 2003.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma ("foam mat")**. 1971. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VALDUGA, A. T.; BATTESTIN, V.; FINZER, J. R. D. Secagem de extratos de erva-mate em secador por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 184-189, 2003.

VERNON-CARTER, E. J.; ESPINOSA-PAREDES, G.; BERISTAIN, C. I.; ROMERO-TEHUITZIL, H. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. **Food Research International**, Essex, v. 34, n. 7, p. 587-598, 2001.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L-Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 39-042, 2004.

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**, Lavras, v. 30, n. 5, p.955 - 960, 2006.

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Análise de variância da umidade (%) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	231,23965	115,61982	21935,4022 **
Dextrose equivalente	2	16,17982	8,08991	1534,8184 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	2,11579	0,52895	100,3521 **
Tratamentos	8	249,53526	31,19191	5917,7312 **
Resíduo	18	0,09488	0,00527	
Total	26	249,63014		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.2 – Análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	190,18987	95,09493	6742,5504 **
Dextrose equivalente	2	8,30976	4,15488	294,5948 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	14,53498	3,63374	257,6447 **
Tratamentos	8	213,03460	26,62933	1888,1087 **
Resíduo	18	0,25387	0,01410	
Total	26	213,28847		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.3 – Análise de variância do pH das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	0,01416	0,00708	273,0000 **
Dextrose equivalente	2	0,16336	0,08168	3150,4286 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	0,01102	0,00276	106,2857 **
Tratamentos	8	0,18853	0,02357	909,0000 **
Resíduo	18	0,00047	0,00003	
Total	26	0,18900		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.4 – Análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	0,00271	0,00136	277,3427 **
Dextrose equivalente	2	0,01468	0,00734	1499,6443 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	0,00227	0,00057	115,9262 **
Tratamentos	8	0,01966	0,00246	502,2099 **
Resíduo	18	0,00009	0,00000	
Total	26	0,01975		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.5 – Análise de variância das cinzas (%) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	0,00216	0,00108	6,7907 **
Dextrose equivalente	2	0,05325	0,02663	167,1860 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	0,00519	0,00130	8,1512 **
Tratamentos	8	0,06061	0,00758	47,5698 **
Resíduo	18	0,00287	0,00016	
Total	26	0,06347		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.6 – Análise de variância da densidade das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	7468,39407	3734,19704	9962,7787 **
Dextrose equivalente	2	40,85407	20,42704	54,4990 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	104,10370	26,02593	69,4368 **
Tratamentos	8	7613,35185	951,66898	2539,0378 **
Resíduo	18	6,74667	0,37481	
Total	26	7620,09852		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.7 – Análise de variância da Luminosidade (L*) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	0,27394	0,13697	0,9762 ns
Dextrose equivalente	2	20,52534	10,26267	73,1403 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	4,15674	1,03919	7,4061 **
Tratamentos	8	24,95602	3,11950	22,2322 **
Resíduo	27	3,78850	0,14031	
Total	35	28,74452		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.8 – Análise de variância de Intensidade de vermelho (+a*) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	22,37087	11,18544	112,2639 **
Dextrose equivalente	2	7,74974	3,87487	38,8906 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	4,00226	1,00057	10,0423 **
Tratamentos	8	34,12287	4,26536	42,8098 **
Resíduo	27	2,69015	0,09964	
Total	35	36,81302		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

Tabela A.9 – Análise de variância de Intensidade de amarelo (+b*) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina com três níveis de dextrose equivalente (DE = 10, DE = 14 e DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Concentração de maltodextrina	2	21,12482	10,56241	64,0322 **
Dextrose equivalente	2	14,07722	7,03861	42,6700 **
Concentração x Dextrose equivalente	4	8,96987	2,24247	13,5944 **
Tratamentos	8	44,17190	5,52149	33,4728 **
Resíduo	27	4,45378	0,16495	
Total	35	48,62568		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Análise de variância da viscosidade aparente das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Velocidade de rotação	6	38,33057	6,38843	2679,0365 **
Concentração de maltodextrina	2	1,20238	0,60119	252,1136 **
Velocidade de rotação x Concentração de maltodextrina	12	2,244338	0,18703	78,4332 **
Resíduo	42	0,10015	0,00238	
Total	62	41,87748		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01);

Tabela B.2 – Análise de variância da viscosidade aparente das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Velocidade de rotação	5	30,13433	6,02687	4284,3784 **
Concentração de maltodextrina	2	2,36317	1,18159	1141,6659 **
Velocidade de rotação x Concentração de maltodextrina	10	5,82576	0,58258	342,3128 **
Resíduo	36	0,03552	2,25431	
Total	53	38,35877		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01);

Tabela B.3 – Análise de variância da viscosidade aparente das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 20)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Velocidade de rotação	7	1223,99058	174,85580	11812,5855 **
Concentração de maltodextrina	2	109,47301	54,73650	3697,7879 **
Velocidade de rotação x Concentração de maltodextrina	14	173,82571	12,41612	838,7855 **
Resíduo	120	1,77630	0,01480	
Total	143	1509,06560		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; DE – Dextrose equivalente; ** Significativo a 1% de probabilidade (p-valor < 0,01)

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,075	1,4275	-0,0076	0,53
0,500	5,1576	0,4529	0,08
0,617	6,8321	0,0122	0,18
0,701	8,7249	-0,5961	7,33
0,735	9,7650	-0,5037	5,44
0,753	10,4081	-0,3357	3,33
0,769	11,0632	-0,1287	1,18
0,782	11,6876	-0,0602	0,52
0,795	12,3115	0,1272	1,02
0,805	12,8660	0,1813	1,39
0,811	13,2427	0,4638	3,38
0,821	13,8601	0,4717	3,29
0,913	24,6713	-0,1316	0,54

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.2 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,202	2,5547	-0,0904	3,67
0,484	5,0012	0,7198	12,58
0,638	7,3192	-0,2357	3,33
0,692	8,5969	-1,3650	18,87
0,713	9,2024	-0,5496	6,35
0,724	9,5625	-0,3121	3,37
0,731	9,7981	-0,0361	0,37
0,737	9,9968	0,1753	1,72
0,744	10,2652	0,4018	3,77
0,750	10,4949	0,5647	9,04
0,756	10,7073	0,7620	6,64
0,904	23,5738	-0,0626	0,27

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.3 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,271	1,9129	0,3851	16,76
0,500	4,3844	0,5029	10,29
0,622	6,5653	-0,3420	5,50
0,675	7,9018	-0,7353	10,26
0,698	8,6025	-0,4083	4,98
0,718	9,2744	-0,3256	3,64
0,733	9,8531	-0,2015	2,09
0,743	10,2743	-0,0226	0,22
0,753	10,7087	0,0913	0,85
0,761	11,0455	0,1832	1,63
0,766	11,3172	0,1685	1,47
0,772	11,6166	0,2292	1,93
0,778	11,9110	0,3121	2,55
0,780	12,0357	0,4274	3,43
0,904	24,0426	-0,1069	0,45

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.4 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,130	2,5703	0,2566	9,08
0,615	7,1803	-0,1731	2,47
0,707	9,2964	-1,0727	13,04
0,732	10,1050	-0,9219	10,04
0,751	10,7929	-0,5648	5,52
0,770	11,5927	-0,4223	3,78
0,777	11,9171	-0,0443	0,37
0,778	12,4469	0,2139	1,69
0,795	12,8570	0,4376	3,29
0,807	13,5546	0,3911	2,80
0,815	14,0186	0,5609	3,85
0,821	14,4683	0,7281	4,79
0,829	15,0216	0,6373	4,07
0,913	25,6495	-0,3965	1,57

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.5 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,360	3,2868	0,7192	17,95
0,577	6,0832	0,2369	3,75
0,667	7,9927	-0,4968	6,63
0,710	9,2441	-0,6754	7,88
0,724	9,7160	-0,5935	6,50
0,738	10,2285	-0,5004	5,14
0,749	10,6363	-0,3709	3,61
0,758	11,0431	-0,2054	1,89
0,766	11,3696	-0,1522	1,36
0,777	11,9243	-0,0652	0,55
0,788	12,4916	0,0948	0,75
0,796	12,8964	0,2804	2,13
0,802	13,2451	0,3815	2,80
0,808	13,6524	0,4420	3,13
0,813	13,9728	0,5374	3,70
0,818	14,2840	0,6065	1,51
0,921	26,8260	-0,2253	0,85

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.6 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,262	2,6477	0,3609	11,99
0,485	4,9220	0,2825	5,43
0,605	6,8084	-0,3347	5,17
0,660	8,0292	-0,5948	8,00
0,685	8,6976	-0,5764	7,10
0,703	9,2375	-0,4300	4,88
0,719	9,7548	-0,2087	0,02
0,729	10,1113	-0,1024	1,02
0,742	10,6123	-0,0016	0,01
0,751	10,9802	0,1450	1,30
0,757	11,2549	0,2137	1,86
0,764	11,5573	0,4077	3,41
0,765	11,6196	0,5171	4,26
0,773	11,9892	0,4219	3,40
0,904	24,7716	-0,1209	0,49

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.7 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,217	3,6569	0,8948	19,66
0,575	6,5491	0,5581	7,85
0,704	9,1524	-0,6882	8,13
0,727	9,8505	-0,4108	4,35
0,767	11,3283	-0,4253	3,90
0,779	11,8717	-0,1325	1,13
0,788	12,3147	0,0171	0,14
0,795	12,7009	0,2927	2,25
0,809	13,4892	0,3946	3,84
0,903	23,6630	0,0236	0,10

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.8 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,266	3,5497	-0,1923	5,73
0,452	4,7715	0,7037	12,85
0,609	6,6292	0,2406	3,50
0,686	8,1639	-0,5192	6,79
0,713	8,8729	-0,4535	5,39
0,723	9,1713	-0,9069	10,92
0,728	9,3388	-0,5061	5,73
0,732	9,4684	-0,5841	6,57
0,739	9,7041	0,0067	0,07
0,747	9,9881	0,1359	1,34
0,754	10,2505	0,2867	2,72
0,760	10,4866	0,5155	4,68
0,767	10,7478	0,6159	5,42
0,773	11,0075	0,7177	6,12
0,904	23,3690	-0,0736	0,31

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.9 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,254	2,9743	0,2313	7,21
0,487	5,2469	0,4840	8,44
0,605	7,0328	-0,3401	5,08
0,662	8,2730	-0,8070	10,81
0,680	8,7497	-0,6992	8,68
0,691	9,0494	-0,5354	6,29
0,706	9,4922	-0,2564	2,78
0,712	9,7063	-0,0231	0,24
0,725	10,1497	0,0147	0,14
0,744	10,8539	0,1698	1,54
0,751	11,1554	0,5403	4,62
0,757	11,4137	0,6259	5,20
0,764	11,7293	0,6540	5,28
0,899	23,9928	-0,1406	0,59

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.10 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,075	1,5235	-0,1036	7,29
0,500	5,3855	0,2250	4,01
0,617	6,6798	0,1645	2,40
0,701	8,4221	-0,2933	3,61
0,735	9,5117	-0,2504	2,70
0,753	10,2179	-0,1454	1,44
0,769	10,9543	-0,0198	0,18
0,782	11,6667	-0,0392	0,34
0,795	12,3837	0,0550	0,44
0,805	13,0219	0,0254	0,19
0,811	13,4546	0,2519	1,84
0,821	14,1605	0,1713	1,19
0,913	24,6196	-0,0799	0,32

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.11 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,202	2,7036	-0,2393	9,71
0,484	5,0072	0,7138	12,48
0,638	7,0715	0,0120	0,17
0,692	8,4248	-1,1929	16,49
0,713	9,1071	-0,4543	5,25
0,724	9,5214	-0,2709	2,93
0,731	9,7950	-0,0331	0,34
0,737	10,0271	0,1449	1,42
0,744	10,3422	0,3248	3,04
0,750	10,6129	0,4467	4,04
0,756	10,8637	0,6056	5,28
0,904	23,5982	-0,0870	0,37

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.12 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,271	2,4685	-0,1704	7,41
0,500	4,3956	0,4917	0,10
0,622	6,2528	-0,0295	0,47
0,675	7,5984	-0,4319	6,03
0,698	8,3528	-0,1586	1,93
0,718	9,0986	-0,1498	1,67
0,733	9,7536	-0,1019	1,05
0,743	10,2351	0,0166	0,16
0,753	10,7345	0,0655	0,61
0,761	11,1228	0,1059	0,94
0,766	11,4363	0,0494	0,43
0,772	11,7816	0,0642	0,54
0,778	12,1207	0,1024	0,84
0,780	12,2642	0,1990	1,60
0,904	24,0043	-0,0686	0,29

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.13 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,130	2,8679	-0,0410	1,45
0,615	6,4173	0,5899	8,42
0,707	8,6611	-0,4374	5,32
0,732	9,6252	-0,4421	4,81
0,751	10,4670	-0,2388	2,33
0,770	11,4565	-0,2860	2,56
0,777	11,8584	0,0145	0,12
0,778	12,5128	0,1480	1,17
0,795	13,0162	0,2784	2,09
0,807	13,8636	0,0821	0,59
0,815	14,4193	0,1602	1,10
0,821	14,9508	0,2456	1,62
0,829	15,5944	0,0645	0,41
0,913	25,3956	-0,1426	0,56

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.14 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,360	4,1207	-0,1147	2,86
0,577	5,8400	0,4801	7,60
0,667	7,5017	-0,0058	0,08
0,710	8,8123	-0,2435	2,84
0,724	9,3380	-0,2156	2,36
0,738	9,9232	-0,1951	2,00
0,749	10,3969	-0,1315	1,28
0,758	10,8748	-0,0371	0,34
0,766	11,2611	-0,0437	0,39
0,777	11,9212	-0,0620	0,52
0,788	12,5980	-0,0117	0,09
0,796	13,0807	0,0962	0,73
0,802	13,4953	0,1313	0,96
0,808	13,9777	0,1166	0,83
0,813	14,3552	0,1550	1,07
0,818	14,7200	0,1705	1,14
0,921	26,6921	-0,0914	0,34

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.15 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,262	3,1445	-0,1359	4,52
0,485	4,8176	0,3868	7,43
0,605	6,4036	0,0700	1,08
0,660	7,6545	-0,2201	2,96
0,685	8,3976	-0,2764	3,40
0,703	9,0192	-0,2117	2,40
0,719	9,6278	-0,0817	0,85
0,729	10,0524	-0,0435	0,43
0,742	10,6536	-0,0429	0,40
0,751	11,0971	0,0281	0,25
0,757	11,4284	0,0402	0,35
0,764	11,7930	0,1721	1,44
0,765	11,8679	0,2688	2,21
0,773	12,3122	0,0989	0,80
0,904	24,7113	-0,0606	0,24

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.16 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,217	4,6038	-0,0521	1,14
0,575	6,7455	0,3617	5,09
0,704	8,8596	-0,3954	4,67
0,727	9,5635	-0,1237	1,31
0,767	11,1653	-0,2623	2,40
0,779	11,7775	-0,0383	0,33
0,788	12,2814	0,0505	0,41
0,795	12,7225	0,2710	2,08
0,809	13,6241	0,2597	1,87
0,903	23,7598	-0,0732	0,31

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.17 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,266	3,6530	-0,2956	8,80
0,452	4,9477	0,5275	9,63
0,609	6,4575	0,4123	6,00
0,686	7,9543	-0,3097	4,05
0,713	8,7257	-0,3063	3,64
0,723	9,0613	-0,7968	9,64
0,728	9,2518	-0,4191	4,74
0,732	9,4002	-0,5160	5,81
0,739	9,6721	0,0386	0,40
0,747	10,0026	0,1214	1,20
0,754	10,3101	0,2271	2,15
0,760	10,5880	0,4140	3,76
0,767	10,8966	0,4670	4,11
0,773	11,2041	0,5211	4,44
0,904	23,3959	-0,1004	0,43

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.18 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,254	3,4022	-0,1966	6,13
0,487	5,0656	0,6653	11,61
0,605	6,6296	0,0631	0,94
0,662	7,9533	-0,4873	6,53
0,680	8,4990	-0,4486	5,57
0,691	8,8497	-0,3357	3,94
0,706	9,3757	-0,1398	1,51
0,712	9,6327	0,0505	0,52
0,725	10,1688	-0,0044	0,04
0,744	11,0257	-0,0020	0,02
0,751	11,3928	0,3029	2,59
0,757	11,7068	0,3328	2,76
0,764	12,0893	0,2940	2,37
0,899	23,9553	-0,1032	0,43

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.19 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,075	0,8613	0,5587	39,34
0,500	4,8660	0,7444	13,27
0,617	6,7560	0,0884	1,29
0,701	8,7650	-0,6362	7,83
0,735	9,8292	-0,5679	6,13
0,753	10,4771	-0,4046	4,02
0,769	11,1306	-0,1961	1,79
0,782	11,7487	-0,1212	1,04
0,795	12,3624	0,0763	0,61
0,805	12,9052	0,1421	1,09
0,811	13,2728	0,4337	3,16
0,821	13,8738	0,4580	3,19
0,913	24,5635	-0,0238	0,10

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.20 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,202	1,8994	0,5649	22,92
0,484	4,7101	1,0109	17,67
0,638	7,2965	-0,2130	3,01
0,692	8,6444	-1,4125	19,53
0,713	9,2690	-0,6162	7,12
0,724	9,6367	-0,3863	4,18
0,731	9,8760	-0,1140	1,17
0,737	10,0770	0,0950	0,93
0,744	10,3477	0,3193	2,99
0,750	10,5784	0,4812	4,35
0,756	10,7911	0,6783	5,91
0,904	23,4336	0,0776	0,33

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.21 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da unidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 130 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,271	2,2592	0,0388	1,69
0,500	4,6840	0,2034	4,16
0,622	6,7535	-0,5301	8,52
0,675	8,0049	-0,8384	11,70
0,698	8,6589	-0,4647	5,67
0,718	9,2856	-0,3368	3,76
0,733	9,8258	-0,1742	1,80
0,743	10,2194	0,0323	0,31
0,753	10,6259	0,1741	1,61
0,761	10,9417	0,2870	2,55
0,766	11,1969	0,2888	2,51
0,772	11,4785	0,3674	3,10
0,778	11,7560	0,4672	3,82
0,780	11,8736	0,5895	4,73
0,904	24,2308	-0,2950	1,23

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.22 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,130	1,3505	1,4764	52,22
0,615	6,9769	0,0303	0,43
0,707	9,2750	-1,0513	12,78
0,732	10,1183	-0,9352	10,18
0,751	10,8250	-0,5968	5,83
0,770	11,6364	-0,4659	4,17
0,777	11,9630	-0,0901	0,76
0,778	12,4935	0,1673	1,32
0,795	12,9021	0,3925	2,95
0,807	13,5938	0,3519	2,52
0,815	14,0519	0,5277	3,62
0,821	14,4946	0,7018	4,62
0,829	15,0381	0,6208	3,96
0,913	25,6003	-0,3473	1,37

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.23 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,360	3,4219	0,5841	14,58
0,577	6,2633	0,0568	0,90
0,667	8,1371	-0,6413	8,55
0,710	9,3400	-0,7712	9,00
0,724	9,7899	-0,6675	7,32
0,738	10,2769	-0,5488	5,64
0,749	10,6634	-0,3980	3,88
0,758	11,0484	-0,2107	1,94
0,766	11,3570	-0,1396	1,24
0,777	11,8809	-0,0217	0,18
0,788	12,4164	0,1699	1,35
0,796	12,7988	0,3781	2,87
0,802	13,1283	0,4982	3,66
0,808	13,5138	0,5806	4,12
0,813	13,8173	0,6929	4,77
0,818	14,1126	0,7779	5,22
0,921	27,0164	-0,4157	1,56

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.24 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 10% de maltodextrina (DE = 10), secada a 150 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,262	2,4029	0,6057	20,13
0,485	4,8022	0,4023	7,73
0,605	6,7915	-0,3178	4,10
0,660	8,0456	-0,6112	8,22
0,685	8,7222	-0,6010	7,40
0,703	9,2642	-0,4567	5,18
0,719	9,7804	-0,2343	2,45
0,729	10,1345	-0,1256	1,25
0,742	10,6301	-0,0194	0,18
0,751	10,9929	0,1323	1,19
0,757	11,2630	0,2056	1,79
0,764	11,5600	0,4050	3,38
0,765	11,6210	0,5156	4,25
0,773	11,9832	0,4279	3,45
0,904	24,7573	-0,1066	0,43

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.25 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,217	2,2071	2,3447	51,51
0,575	6,3779	0,7292	10,26
0,704	9,2978	-0,8336	9,85
0,727	10,0275	-0,5878	6,23
0,767	11,5254	-0,6224	5,71
0,779	12,0636	-0,3243	2,76
0,788	12,4983	-0,1664	1,35
0,795	12,8746	0,1190	0,91
0,809	13,6361	0,2477	1,78
0,903	23,1654	0,5213	2,20

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.26 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 30 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,266	2,3073	1,0501	31,28
0,452	4,1168	1,3584	24,81
0,609	6,4577	0,4121	6,00
0,686	8,1987	-0,5541	7,25
0,713	8,9666	-0,5472	6,50
0,723	9,2844	-1,0200	12,34
0,728	9,4615	-0,6289	7,12
0,732	9,5980	-0,7137	8,03
0,739	9,8448	-0,1341	1,38
0,747	10,1403	-0,0163	16,10
0,754	10,4114	0,1258	1,19
0,760	10,6539	0,3482	3,16
0,767	10,9207	0,4429	3,90
0,773	11,1845	0,5407	4,61
0,904	23,0075	0,2880	1,24

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

Tabela C.27 – Resíduo, erro percentual e valores estimados usando-se o modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 40 °C, da amostra em pó, elaborada com adição de 15% de maltodextrina (DE = 10), secada a 170 °C coletada na câmara do secador

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,254	2,4281	0,7775	24,25
0,487	4,9850	0,7459	13,01
0,605	6,9604	-0,2676	4,00
0,662	8,2794	-0,8134	10,89
0,680	8,7765	-0,7260	9,02
0,691	9,0867	-0,5727	6,73
0,706	9,5418	-0,3060	3,31
0,712	9,7606	-0,0774	0,80
0,725	10,2114	-0,0470	0,46
0,744	10,9215	0,1023	0,93
0,751	11,2235	0,4722	4,04
0,757	11,4815	0,5581	4,63
0,764	11,7957	0,5876	4,74
0,899	23,8955	-0,0433	0,18

DE – Dextrose equivalente; a_w – atividade de água

APÊNDICE D

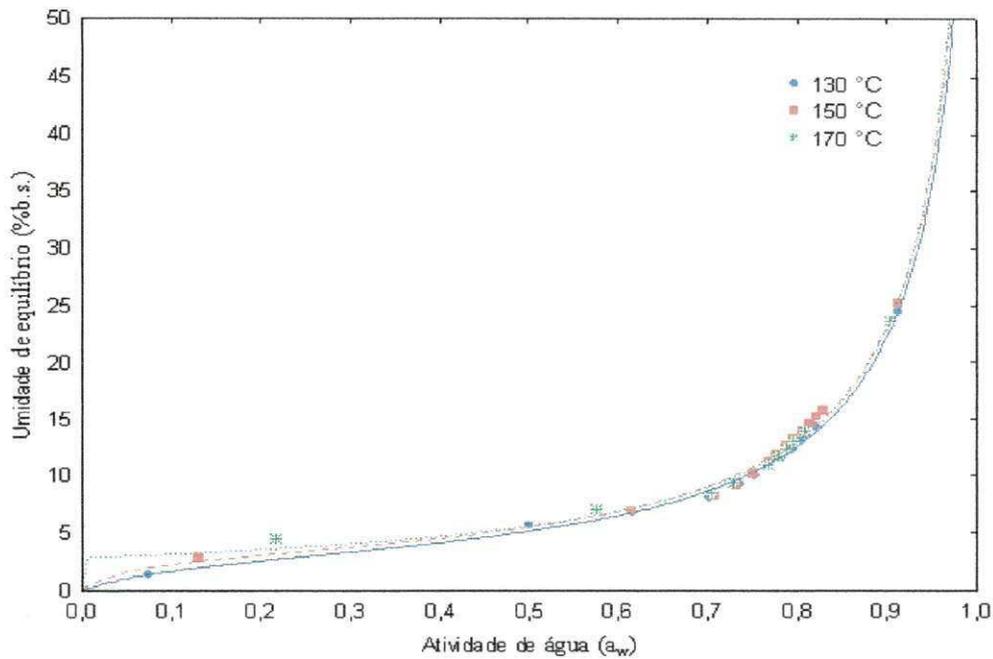


Figura D.1 - Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das amostras em pó produzidas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de GAB

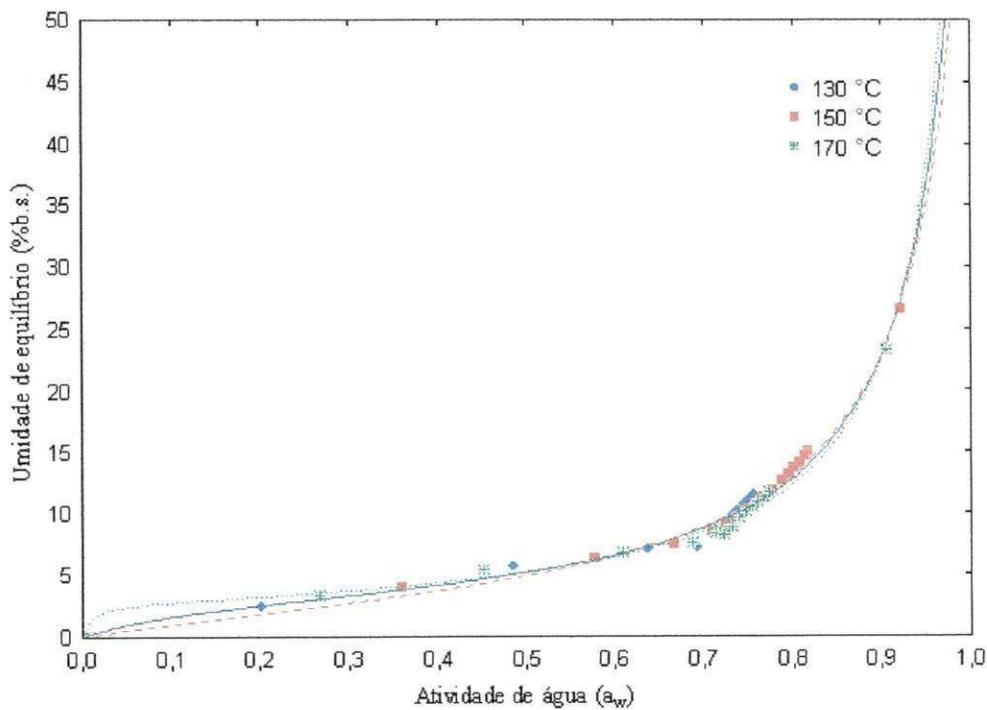


Figura D.2 - Isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das amostras em pó produzidas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de GAB

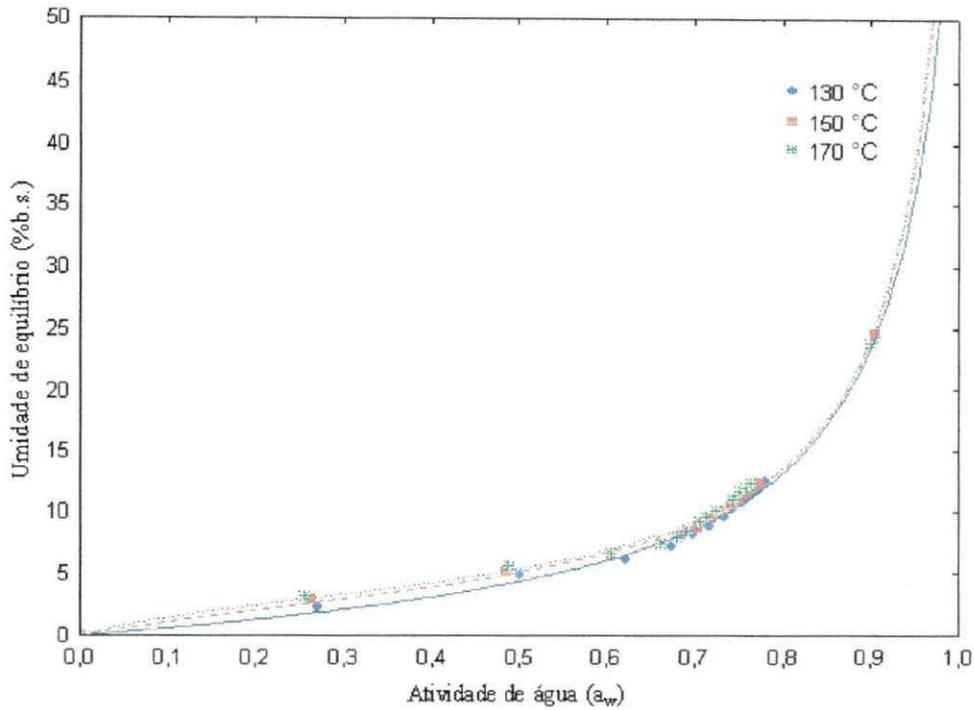


Figura D.3 - Isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das amostras em pó produzidas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de GAB

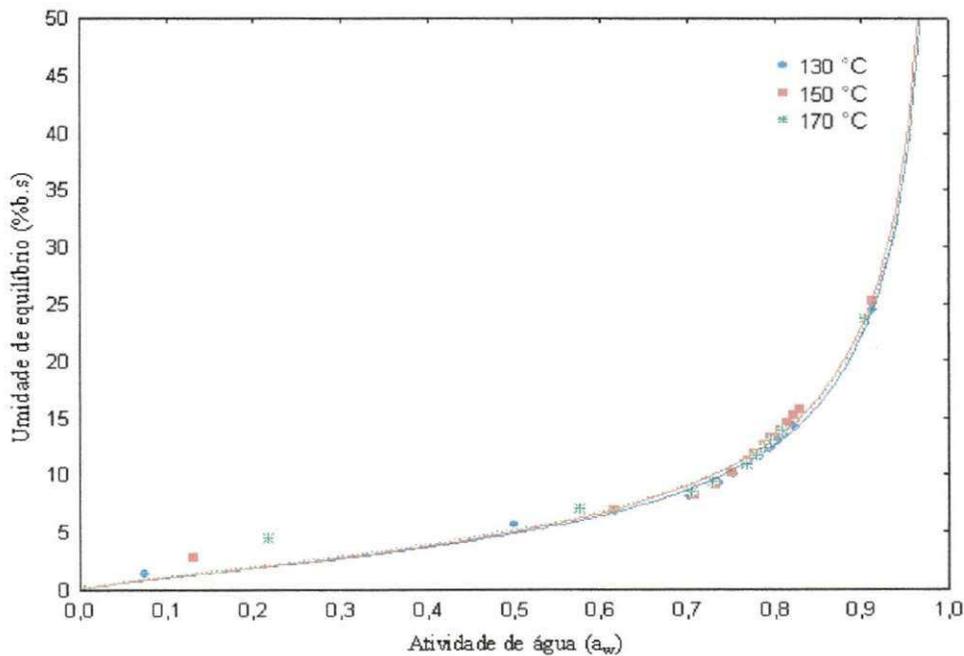


Figura D.4 - Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C das amostras em pó produzidas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Oswin

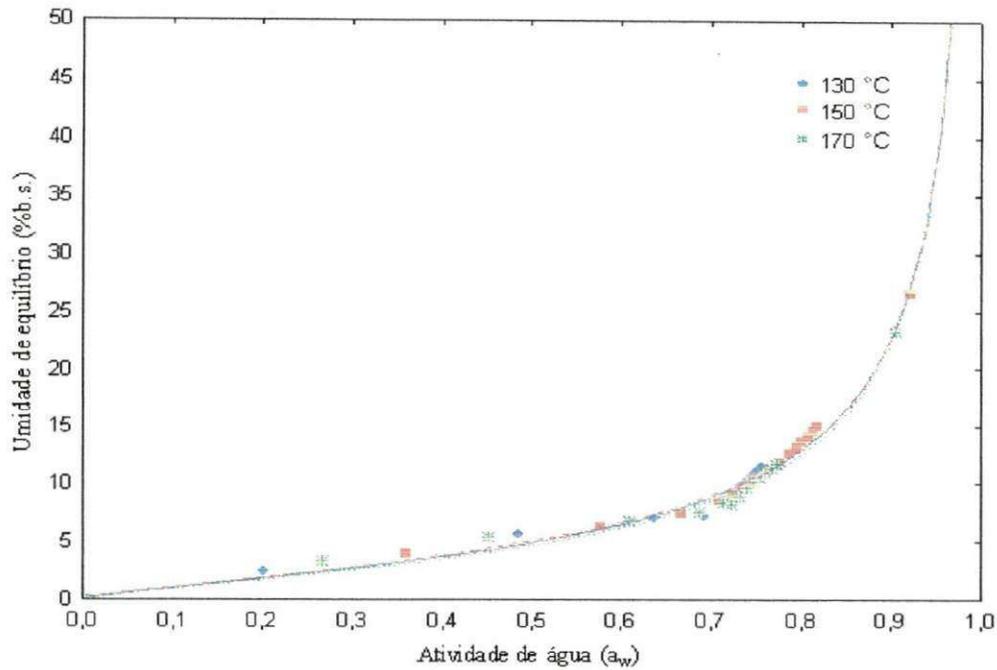


Figura D.5 - Isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das amostras em pó produzidas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Oswin

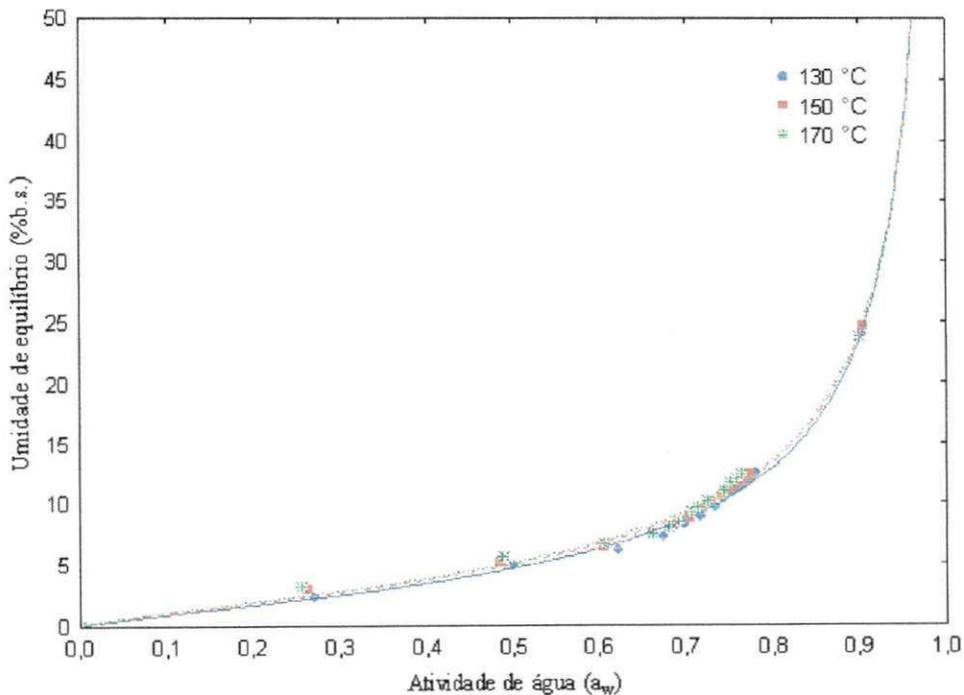


Figura D.6 - Isotermas de adsorção de umidade a 40 °C das amostras em pó produzidas nas temperaturas de 130, 150 e 170 °C com 15, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10), respectivamente, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de Oswin