



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



DISSERTAÇÃO

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

SECAGEM DE POLPA DE FIGO-DA-ÍNDIA

IREMAR ALVES MADUREIRA

Campina Grande – Paraíba

SETEMBRO – 2011

SECAGEM DE POLPA DE FIGO-DA-ÍNDIA

IREMAR ALVES MADUREIRA

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

Setembro - 2011



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

M183s Madureira, Iremar Alves.

Secagem de polpa do Figo-da-Índia / Iremar Alves Madureira. – Campina Grande, 2011.

104 f. : il. color.

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

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

Referências.

1. *Opuntia Ficus Indica* Mill - Figo-da-Índia.
2. Desidratação.
3. Isotermas.
4. Caracterização.
1. 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 DE MESTRADO

IREMAR ALVES MADUREIRA

SECAGEM DE POLPA DE FIGO DA ÍNDIA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Alexandre J M Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – Orientador

APROVADO

Rossana Mª F. de Figueirêdo
Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo – Orientadora

Aprovado

Ana Regina Campos
Dra. Ana Regina Nascimento Campos – Examinadora

Aprovado

Gilvanete Maria Ferreira
Dra. Gilvanete Maria Ferreira – Examinadora

Aprovado

SETEMBRO - 2011

Querem que vós ensineis o modo de chegar à ciência verdadeira? Aquilo que se sabe saber que se sabe; aquilo que não se sabe, saber que não se sabe; na verdade é, este o saber. Confúcio

DEDICÁTORIA

**A minha família, pela força e compreensão,
em especial a minha amada esposa, Edna, e a meus
queridos filhos Thalles e Thaís, pelo afeto e
carinho e, acima de tudo, por acreditarem
nos meus objetivos.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me dar vida e saúde.

A minha família, Inácio Alves Madureira (em memória) e Joaquina da Trindade Madureira (em memória), pela compreensão, educação, formação moral, amor, apoio e incentivo aos estudos. A minha esposa e filhos, Edna Rodrigues Costa Madureira, meus filhos Thalles Felipe Costa Madureira e Thais Maria Costa Madureira, pelo incentivo, apoio, amor e compreensão.

Aos meus orientadores, Prof.^a Rossana Maria Feitosa Figueirêdo e Prof. Alexandre José de Melo Queiroz, pela orientação, paciência, atenção e apoio, durante a realização deste trabalho.

À Facepe, pelo apoio à pesquisa e pelo incentivo financeiro. Aos funcionários do IFPE— Campus Belo Jardim, pela colaboração no desenvolvimento da pesquisa, de forma especial a Mayke, Wansostenes, João Tavares, Socorro, Verônica, Luizão, Zé Carlos e Divânio.

Ao ex-diretor geral do IFPE – Campus Belo Jardim, Prof. Henrique pela negociação do projeto MINTER com a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

À coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG e aos coordenadores do Projeto Minter, Profa. Josivanda e Prof. Francisco Braga.

À Corn Products do Brasil, pela doação do amido modificado.

Aos colegas alunos, professores e funcionários do mestrado, pelo companheirismo e amizade, Karla, Pablicia, Flávio, Juliana, Diego, Luizinho, Renato, Flávio e Salomé.

À Universidade Federal de Campina Grande e à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola na Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, pela disponibilidade de seus equipamentos.

A meus sobrinhos, Jorge, Gabriel, Jamila, Rômulo, Raissa, Flavio, Junior, Andressa e Deimo, motivo e coragem.

A Nilson, Marizete, Zé Preto, e Saulo, pelo fornecimento do fruto da palma forrageira.

Ao grande amigo e companheiro Edmilson.

Aos irmãos Ideildo, Ivanildo, Ivaneide, Ione e Ivanilda, pelo incentivo ao trabalho.

Aos colegas alunos, professores e funcionários do mestrado, pela amizade sincera.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DA FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivos	2
1.1.1- Objetivo geral	2
1.1.2 - Objetivos específicos	2
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 – Figo-da-índia	3
2.2 – Caracterização físico-química do figo-da-índia	4
2.2.1- Sólidos solúveis totais (SST).....	5
2.2.2- Teor de água	5
2.2.3 - pH	6
2.2.4 - Acidez total titulável (ATT).....	7
2.2.5 - Ácido ascórbico	8
2.2.6 - Açúcares.....	8
2.2.7 - Cinzas.....	9
2.2.8 - Atividade de água.....	9
2.2.9 – Densidade	10
2.2.10 - Cor.....	10
2.3 - Secagem	11
2.4 – Aditivos.....	13
2.5- Isotermas de adsorção de água	14
2.5.1 - Modelos matemáticos	15
3 - MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 - Matéria-prima	17
3.2 - Processamento do figo-da-índia	17
3.2. 1- Recepção	18
3.2.2 – Seleção	18
3.2.3 - Lavagem/Sanitização	18
3.2.4 – Descascamento/Despolpamento	18

3.2.5- Acondicionamento	18
3.2.6- Congelamento e armazenamento	19
3.3 - Caracterização da polpa integral do figo-da-índia	19
3.3.1 - Sólidos totais/Teor de água	19
3.3.2 - Sólidos solúveis Totais	19
3.3.3 - Acidez total titulável	19
3.3.4 – pH.....	19
3.3.5 - Ácido ascórbico.....	20
3.3.6 - Açúcares totais, redutores e não-redutores.....	20
3.3.7 – Cinzas.....	20
3.3.8 - Atividade de água.....	20
3.3.9 - Densidade.....	20
3.3.10 – Cor.....	20
3.4 - Processamentos do figo-da-índia em pó	21
3.4.1 - Preparo das formulações.....	21
3.4.2 - Secagem em estufa.....	21
3.4.2.1 - Cinética de secagem.....	22
3.5 - Preparo das amostras em pó.....	23
3.6 - Caracterização do pó.....	23
3.7 - Isotermas de adsorção de água.....	24
3.7.1 - Teor de água de equilíbrio.....	24
3.7.2 – Modelos de ajuste.....	24
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 - Caracterização físico-química do polpa de figo-da-índia.....	26
4.2- Cinética de secagem.....	28
4.2.1 - Modelos matemáticos.....	31
4.3 – Isotermas de adsorção de água.....	38
4.4 - Caracterização do pó.....	49
4.4.1 – pH.....	50
4.4.2 – Acidez total titulável.....	51
4.4.3 – Açúcares totais.....	52
4.4.4 – Ácido ascórbico.....	53
4.4.4 – Açúcares redutores	54
4.4.5 – Atividade de água.....	55

4.4.6 – Sólidos solúveis totais (°Brix).....	56
4.4.7- Luminosidade (L*).....	56
4.4.8 – Intensidade de vermelho (+a*)	57
4.4.9 - Intensidade de amarelo (+b*)	58
5 – CONCLUSÕES.....	59
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Figo-da-índia (Fonte: AMABIS, 2010).....	3
Figura 3.1 - Fluxograma das etapas do processamento da polpa figo-da-índia.....	17
Figura 3.2 - Fluxograma do processamento para obtenção do figo-da-índia em pó.....	22
Figura 4.1 - Curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa do figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C	29
Figura 4.2 - Curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa do figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C	30
Figura 4.3 - Curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa de figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C	31
Figura 4.4 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al.	33
Figura 4.5 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al.	36
Figura 4.6 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al.	38
Figura 4.7 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Peleg	44
Figura 4.8 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Peleg	47
Figura 4.9 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Peleg	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Composição físico-química do figo-da-índia.....	4
Tabela 4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa integral do figo-da-índia	26
Tabela 4.2 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa de figo-da-índia e 20% de amido modificado nas diferentes temperaturas	32
Tabela 4.3 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa de figo-da-índia e 25% de amido modificado nas diferentes temperaturas	34
Tabela 4.4 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa de figo-da-índia e 30% de amido modificado nas diferentes temperaturas.....	37
Tabela 4.5 - Valores de teores de água de equilíbrio (X_e) e atividade de água (a_w), a 20 °C, da formulação em pó com 20% de amido modificado seca nas diferentes temperaturas	39
Tabela 4.6 - Valores de teores de água de equilíbrio (X_e) e atividade de água (a_w), a 20 °C, da formulação em pó com 25% de amido modificado secada nas diferentes temperaturas	40
Tabela 4.7 - Valores de teores de água de equilíbrio (X_e) e atividade de água (a_w), a 20 °C, da formulação em pó com 30% de amido modificado secada nas diferentes temperaturas	41
Tabela 4.8 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados as isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C	42
Tabela 4.9 - Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção de água a 20 °C do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C	46

Tabela 4.10 - Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção de água a 20 °C do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C	48
Tabela 4.11 - Valores médios de pH do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem	51
Tabela 4.12 - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem	52
Tabela 4.13 - Valores médios dos açúcares totais (% glicose) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	53
Tabela 4.14 - Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	54
Tabela 4.15 - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	55
Tabela 4.16 - Valores médios da atividade de água do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	56
Tabela 4.17 - Valores médios dos sólidos solúveis totais do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	57
Tabela 4.18 - Valores médios da Luminosidade (L*) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	57
Tabela 4.19 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem	58
Tabela 4.20 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem.....	58

Dissertação de Mestrado: **Secagem de polpa de figo da índia**

Autor: **Iremar Alves Madureira**

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

Prof. Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, produzir figo-da-índia em pó por secagem em estufa em camada fina. A polpa integral do figo da índia foi produzida a partir de frutos maduros e caracterizada quanto ao teor de sólidos totais, teor de água, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, cinzas, atividade de água, densidade e cor. Foram elaboradas formulações compostas por polpa de figo da índia adicionadas de amido modificado nas proporções de 20, 25 e 30%, as quais foram colocadas em bandejas em camadas finas de 0,5 cm de espessura e secadas em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. As curvas de cinética de secagem foram determinadas e os modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli et al., foram ajustados às mesmas. Após as secagens as amostras secas foram retiradas das bandejas e trituradas para obtenção das amostras em pó. As amostras em pó foram caracterizadas quanto ao pH, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores, ácido ascórbico, atividade de água e sólidos solúveis totais, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$). As amostras em pó também foram avaliadas quanto ao seu comportamento higroscópico, determinando-se as isotermas de adsorção de água a 20 °C, com os modelos de Oswin, GAB e Peleg ajustados aos dados experimentais. A polpa de figo da índia integral apresentou alto teor de água e de atividade de água, baixo conteúdo de ácido ascórbico, pouco ácida e com considerável teor de sólidos solúveis totais. As diferentes formulações foram desidratadas satisfatoriamente, resultando em pós finamente granulados. Os modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli et al. se ajustaram bem aos dados experimentais, podendo ser utilizados na predição das cinéticas de secagem. O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água das amostras em pó foi o de Peleg; dependendo da formulação e da temperatura de secagem, as isotermas de adsorção de água foram classificadas com tipos I e II. Os sólidos solúveis totais, os açúcares totais e os redutores das amostras em pó, não sofreram influência da temperatura de secagem nem da concentração do amido; as amostras em pó apresentaram baixos teores de ácido ascórbico e foram consideradas alimentos de baixa umidade ($a_w < 0,60$).

Palavras chave: *Opuntia ficus indica* Mill., desidratação, isotermas, caracterização.

Master's Dissertation: **Drying of the cactus pear pulp**

Author: **Iremar Alves Madureira**

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

Prof .Dr.Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

This study aimed to produce cactus pear in powder form by thin-layer drying in an oven. Whole cactus pear pulp was manufactured from ripe fruit and characterized as to total solid content, water content, total soluble solids, titratable acidity, pH, ascorbic acid, total sugars, reducing sugars, ashes, water activity, density and color. Formulations composed of cactus pear pulp added with modified starch at concentrations of 20, 25 and 30% were prepared. Next, thin layers (0.5 cm thick) were placed in trays and dried in an air-circulation oven at temperatures of 50, 60 and 70 °C. Kinetic drying curves were determined and models proposed by Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarithmic and Midilli et al. were fit to these curves. The dry samples were removed from the trays and ground to obtain powder samples. The latter were characterized as to pH, titratable acidity, total sugars, reducing sugars, ascorbic acid, water activity, total soluble solids, luminosity (L^*), redness ($+a^*$) and yellowness ($+b^*$). Powder samples were also assessed for hygroscopic behavior, determining moisture adsorption isotherms at 20 °C and fitted the Oswin, GAB and Peleg models to experimental data. Whole cactus pear pulp exhibited high moisture content and water activity, low ascorbic acid content, low acidity and elevated total soluble solid content. The different formulations were satisfactorily dehydrated, resulting in finely-granulated powders. The Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logaritmico and Midilli et al. models fit well the experimental data, and can be used to predict drying kinetics. The model that best fit experimental data with respect to moisture adsorption isotherms of the powder samples was that proposed by Peleg. Depending on formulation and drying temperature, moisture adsorption isotherms were classified as type I or II. Total soluble solids, as well as total and reducing sugars of the powder samples were not influenced by drying temperature or starch concentration. Furthermore, they exhibited low ascorbic acid content and were considered low-moisture foods ($a_w < 0.60$).

Keywords: *Opuntia ficus indica* Mill., dehydration, isotherms, characterization.

1 - INTRODUÇÃO

A família cactácea tem aproximadamente 125 gêneros e 1900 espécies, ocorrendo nas regiões tropicais e temperadas do continente americano, produzido nas regiões áridas e até em florestas úmidas (HUNT & TAYLO, 1990; ARECES, 2004). No Brasil estão registrados 32 gêneros com 160 espécies, dentre os quais 18 ocorrem na região Nordeste (BARROSO et al., 1978; BARBOSA FILHO et al., 1994). Até esses dados as cactáceas exercem papel econômico importante para a região semiárida do Brasil, que representa uma área de 13% do total interno e de aproximadamente 74% da região Nordeste.

Dentre as cactáceas cultivadas no Brasil tem-se a palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) que produz frutos denominados figo-da-índia. O figo-da-índia é um fruto doce, suculento, rico em vitaminas (A e C) e minerais (cálcio e magnésio), podendo ser consumido *in natura* ou processado das mais variadas formas (geleias, doces, melaços, sucos e sorvetes, além de desidratado para fabricação de balas e sucos, entre outros produtos), motivos que o tornam bastante apreciado em alguns países e em determinadas regiões do Brasil. Externamente, o fruto é de cor esverdeada, alaranjada, vermelha ou vermelho escuro e a polpa tem cor laranja ou vermelha, dependendo da variedade. O aproveitamento do figo da Índia pode se estender, inclusive, ao campo dos corantes, utilização defendida por MOßHAMMER et al. (2005), em que a polpa em pó se presta como corante de cor amarelo-alaranjado, solúvel em água, utilizada para preparo de sobremesas, frutas ou cereais em barra, pratos instantâneos e chocolates.

A tecnologia de alimentos tem, entre seus elementos de estudo, o aumento da vida útil do produto alimentício. No sentido de criar condições nas quais o alimento esteja protegido e livre das ações maléficas dos fatores que condicionam sua deterioração, o principal objetivo do processamento de alimentos é convertê-los em produtos estáveis (JAYARAMAN & DAS GUPTA, 1992).

A desidratação é um procedimento relevante para conservação de alimentos, em virtude de diminuir a atividade de água. Considerando-se que as frutas são constituídas por mais de 80% de água, o processo de secagem implica na redução de custos com transporte, além de prolongar a vida útil. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais se tem a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos a temperatura ambiente, por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por

não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (GABAS, 1998).

Das formas existentes dos produtos desidratados os produtos em pó são, atualmente, cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, tendo em vista que reduzem significativamente os custos com certas operações, tais como: embalagem, transporte, armazenagem e conservação, elevando o valor agregado dos mesmos (COSTA et al., 2003).

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral estudar a transformação da polpa do figo-da-índia (*Opuntia ficus indica* Mill.) em um produto em pó, utilizando-se o processo de secagem em estufa.

1.1.2 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa do figo-da-índia integral quanto aos seguintes parâmetros químicos, físicos e físico-químicos: sólidos totais, teor de água, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, cinzas, atividade de água, densidade e cor;
- Secar em estufa, em camada fina e nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, amostras compostas por polpa de figo-da-índia adicionadas de amido modificado nas proporções de 20, 25 e 30% e ajustar os modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli et al. às curvas experimentais de cinética de secagem;
- Caracterizar as amostras em pó quanto aos seguintes parâmetros químicos, físicos e físico-químicos: pH, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores, ácido ascórbico, atividade de água, sólidos solúveis totais, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*);
- Determinar as isotermas de adsorção de água das amostras em pó na temperatura de 20 °C e ajustar os modelos de Oswin, GAB e Peleg às curvas experimentais.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Figo-da-índia

Dentre as frutas pertencentes à família das cactáceas tem-se o fruto da palma forrageira (Figura 2.1) também conhecido como figo da índia. De acordo com DONADIO et al. (1998) a palma é uma planta tipicamente tropical, de clima semiárido e se adapta ao frio e em solos calcários e pobres, pode ser cultivada também nos subtrópicos. Na Europa, onde foi introduzida há longo tempo pelos espanhóis, desenvolve-se bem na Sicília e em outras regiões do Mediterrâneo. A planta é caracterizada como arbusto típico, com até 5 m de altura podendo ser propagada por sementes mas, usualmente, o é por estacas de parte das “folhas” (cladódios), produz espinhos, mas há variedades sem espinhos. O fruto é conhecido, no Maésio, como “tuna”, tem de 5 a 10 cm de comprimento e é alongado, amadurecendo em 90 e 120 dias após a florada; externamente é de cor esverdeada, alaranjada, vermelha ou vermelho-escuro, dependendo da variedade e tem espinhos típicos; internamente, o fruto tem diferentes cores, isto é, do laranja ao vermelho; propagada vegetativamente, produz em 2 a 3 anos contra 5 anos, quando de sementes. Há vários tipos de variedades, com forma e cores diferentes. Utiliza-se a polpa, que contém muitas sementes pequenas, que pode ser consumida ao natural ou processada como geléia, doces e sucos, entre outros produtos.



Figura 2.1 – Figo-da-índia (Fonte: AMABIS, 2010)

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2006) o figo da índia é uma baga ovóide, aromática, com cerca de 120 g de peso e epicarpo espinhoso.

Conforme TORRES NETO et al. (2007) os frutos da palma são bastante ricos em vitaminas (principalmente A e C), cálcio, magnésio e muito valorizados na medicina natural, sendo recomendados na prevenção de doenças como a asma, tosse, vermes, doenças na próstata e dores reumáticas, entre outras.

No México o figo-da-índia é bastante consumido e utilizado em razão do seu valor nutritivo, como pode ser verificado através da sua composição na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Composição físico-química do figo-da-índia

Parâmetro	Valor
Umidade (%)	87,8
Cinzas (%)	0,44
Fibra total (%)	0,26
Pectina (%)	0,34
Proteína (%)	1,00
Cálcio (mg/%)	70,0
Nitrogênio (mg/%)	0,16
Potássio (mg/%)	31,6
Fósforo (mg/%)	24,3
Acidez titulável (%)	0,25
pH	6,00
Açúcares redutores (%)	11,43
Açúcares totais (%)	13,45

Fonte: CANUTO et al. (2007)

De acordo com MEDEIROS et al. (2006) no Brasil o cultivo da palma forrageira para a produção comercial de frutas se concentra no estado de São Paulo, por iniciativa dos colonos italianos, que trouxeram da terra natal não só gosto pelo figo-da-índia quanto em relação às técnicas de manejo.

2.2 - Caracterização química, física e físico-química

A caracterização química, física e físico-química da matéria-prima, sobretudo uma fruta ou polpa de fruta, é de grande importância no estudo dos processos de transformação

dos produtos, em razão de grandes diferenças entre a composição dos produtos, dependendo das condições edafoclimáticas de cultivo.

2.2.1 - Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis totais (SST), como o próprio nome indica, correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em determinado solvente o qual, no caso de alimentos, é a água. São comumente designados °Brix e podem ser medidos com auxílio de refratômetro. São constituídos principalmente por açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A importância dos sólidos solúveis totais é imprescindível para a agroindústria visto que auxilia no controle de qualidade do produto final, controle do processo, controle de ingredientes e de produtos utilizados na indústria de doces, sucos, polpas, néctares, açúcar, álcool, licores, sorvetes e bebidas em geral (CIABOTTI et al., 2000; LIMA, 2006).

Os sólidos solúveis totais são usados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de substâncias dissolvidas no suco, sendo constituído, na sua maioria, de açúcares e, em menor quantidade, por sais, proteínas, ácidos etc. (ALVES et al., 1996; MORAES, 2007). CHITARRA & CHITARRA (2005) informaram que os principais açúcares solúveis presentes em frutos são a glicose, a frutose e a sacarose.

NASCIMENTO et al. (1998), ressaltam que frutos produzidos em regiões tropicais tendem a apresentar maior teor de SST que em outras regiões, por se desenvolverem sob altas temperaturas e elevada intensidade luminosa, o que reflete positivamente na fotossíntese.

Segundo TELES (2001) a concentração dos sólidos solúveis totais é considerada uma variável de qualidade de frutas e hortaliças e pode indicar a ocorrência da desidratação do produto e/ou a alta taxa respiratória, resultando no consumo de reservas energéticas.

2.2.2 - Teor de água

CHITARRA & CHITARRA (2005) relataram que a água é o maior componente dos frutos e hortaliças, perfazendo o total de 80 até 95% de sua composição. Os produtos amiláceos, como raízes e tubérculos, apresentam teores menores, em torno de 50%. O conteúdo de água é responsável pela turgidez dos tecidos, conferindo-lhes boa aparência.

A determinação do teor de água é o ponto de partida da análise de alimentos, sendo de grande suma importância uma vez que a preservação do alimento depende da sua quantidade de água e, além disso, quando se compara o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, tem-se que levar em consideração os respectivos teores de água (MORETO et al., 2002).

A quantificação precisa do teor de água de um alimento é muito difícil, visto que a água ocorre nos alimentos de três diferentes maneiras: água ligada, disponível e água livre. A técnica gravimétrica com o emprego de calor é a mais utilizada e se baseia na determinação da perda de peso do alimento que se decompõe e só então se iniciam as transformações, na temperatura de 105 °C (ALDRIGUE et al., 2002).

De acordo com RIBEIRO & SERAVALLI (2004) a água ligada é definida como a água em contato com solutos e outros constituintes não aquosos, existindo em vários graus de ligação, podendo ser dividida em água constitucional, que é a água ligada mais fortemente aos constituintes não aquosos do alimento, através de ligações iônicas; água vicinal é aquela que ocupa os espaços mais próximos da maioria dos grupos hidrofílicos (afinidade pela água) presentes nos constituintes não aquosos do alimento e a água livre no alimento é a água que representa as mesmas propriedades da água pura, e que está disponível para o crescimento de micro-organismos e para reações enzimáticas.

2.2.3 - pH

O controle e a determinação do pH de um alimento influenciam diretamente na palatabilidade, desenvolvimento de micro-organismos, na escolha da temperatura de esterilização, da embalagem que será utilizada para o alimento e do tipo de material de limpeza e desinfecção, entre outros (CHAVES, 1993). A concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é importante pela influência que exerce sobre tipos de micro-organismos aptos à sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente, deveriam produzir (GAVA, 1998).

GURRIERI et al. (2000) verificaram ao estudar as características físico-químicas do figo da Índia, que seu pH era muito alto (6,4-6,5), e que a legislação italiana exige, para armazenamento por longo prazo, que o pH de polpa de frutas, seja menor que 4,5, o que limita o desenvolvimento de micro-organismo patogênicos e, assim, aumentando, assim, a validade dos produtos alimentícios.

O pH dos alimentos depende não só da quantidade de substâncias ácidas e básicas que contenham mas também da capacidade tampão do produto que, em geral está associada à concentração de proteínas. Por esta razão é nas frutas ou legumes verdes onde adição de substâncias ácidas, de origem fermentativa ou não, acarreta grandes variações do pH (ALDRIGUE et al., 2002).

2.2.4 - Acidez total titulável (ATT)

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005) a acidez em produtos hortícolas é atribuída sobretudo aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinada com sais, ésteres, glicosídeos etc. Em alguns produtos os ácidos orgânicos não só contribuem para a acidez mas, também para o aroma característico, porque alguns elementos são voláteis. A variação da acidez pode ser um indicativo do estágio de maturação do fruto. Os ácidos orgânicos servem de substrato para a respiração, sendo fundamentais na síntese de compostos fenólicos, nos lipídios e aromas voláteis.

Conforme CIABOTTI et al. (2000) através da determinação da acidez total de um alimento é possível se obter informações dos ácidos orgânicos nele existentes no alimento, dos adicionados propositadamente e também daqueles provenientes das suas alterações químicas.

Segundo ALDRIGUE et al. (2002) a determinação da acidez pode ser usada como dado relevante com relação à apresentação do estado de conservação de um produto alimentício e como ponto de referência do estado de maturação de frutos. Conforme ALVES (1999) o teor de ácidos orgânicos para a maioria dos frutos tropicais diminui com o amadurecimento e este decréscimo é devido à utilização dos ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório.

A relação SST/ATT é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares ou acidez. Esta relação apresenta uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo dos sólidos e o máximo de acidez, para então se ter uma idéia real do sabor (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.2.5 - Ácido ascórbico

O conteúdo de ácido ascórbico das frutas oscila com as condições em que foram cultivadas e com aquelas em que foram armazenadas (KRAUSE & MAHAN, 1991).

COUTO et al. (1998) afirmaram que, por suas características físico-químicas, a vitamina C independente de sua ação biológica, é um parâmetro essencial de qualidade das matérias-primas e serve de base para a otimização dos processos tecnológicos aplicados à comercialização dos produtos alimentícios, destacando-se que uma porcentagem adequada de retenção de vitamina C implica em ótima retenção dos demais nutrientes.

Segundo BRASIL & GUIMARÃES (1998), a maior perda de vitamina C se dá com o aquecimento dos alimentos e de modo geral, sua estabilidade é aumentada com o abaixamento da temperatura, procedimento que não evita as possíveis perdas no congelamento ou armazenamento a baixas temperaturas.

2.2.6 - Açúcares

Açúcares são, comumente, sólidos cristalinos, incolores e de sabor doce; são compostos naturais com sabor doce mais conhecido e entre eles a sacarose é um dos adoçantes mais antigos uma vez que os primeiros documentos escritos encontrados já fazem referência a este composto (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

Segundo CHITARRA (1998) os principais açúcares encontrados nos frutos são a glicose (açúcar total), a frutose (açúcar redutor) e a sacarose (açúcar não redutor), nos quais as concentrações variam dependendo da espécie e da cultivar. A determinação individual do teor desses açúcares é importante quando se deseja quantificar o grau de doçura do produto, uma vez que o poder adoçante desses açúcares é variável; em geral, o teor dos açúcares aumenta com a maturação dos frutos; sabe-se ainda, que os açúcares solúveis presentes nos frutos, na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pelo sabor, através do balanço com ácidos; pela cor atrativa, como derivados das antocianidinas e pela textura, quando combinados adequadamente com os polissacarídeos estruturais.

Segundo BOBBIO & BOBBIO (1992) a sacarose é um dissacarídeo não redutor que, em solução aquosa e em meio ácido, é facilmente hidrolisado em monossacarídeos redutores, D-glucose e D-frutose.

2.2.7 - Cinzas

A dosagem de cinzas (resíduo por incineração) segue o princípio do método gravimétrico, baseado na determinação da perda de peso do material submetido ao aquecimento (ALDRIGUE et al., 2002).

A determinação de cinzas é considerada medida geral de qualidade além de ser utilizada frequentemente como critério na identificação de alimentos (OLIVEIRA et al., 1999). Fornece apenas uma indicação na riqueza da amostra em elementos minerais (cátions: cálcio, potássio, magnésio, ferro, cobre, cobalto, alumínio e ânions: sulfato, cloreto, silicato, fosfato etc.); assim sendo, a cinza de material, tanto de origem vegetal como animal, é o ponto de partida para a análise de minerais específicos (MORETTO et al., 2001).

Segundo OLIVEIRA (1997) a determinação de cinzas é considerada medida geral de qualidade e é frequentemente utilizada como critério na identificação dos alimentos. O teor muito alto de cinzas pode indicar presença de adulterantes.

2.2.8 - Atividade de água

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, capaz de afetar as propriedades físicas, químicas e microbiológicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre água e o meio, o que envolve a estrutura física e a composição química dos diversos solutos, incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas. É possível estabelecer uma relação entre o teor de água livre no alimento e sua conservação. O teor de água livre é expresso pela atividade de água (a_w) que é dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor de água pura, na mesma temperatura, ou seja, a umidade relativa em equilíbrio com o produto na temperatura considerada (PARK et al., 2006).

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

Segundo AZEREDO et al. (2004b) 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.

Nos alimentos a água se encontra em duas formas, ou seja, na forma de água livre e na forma de água ligada. De acordo com RIBEIRO & SERAVALLI (2004) a água ligada é definida como a água em contato com solutos e outros constituintes não aquosos, existindo em vários graus de ligação, podendo ser dividida em água constitucional, que é a água ligada mais fortemente aos constituintes não aquosos do alimento, através de ligações iônicas; água vicinal é aquela que ocupa os espaços mais próximos da maioria dos grupos hidrofílicos (afinidade pela água) presentes nos constituintes e água de multicamadas que representa a água ligada de forma mais fraca aos constituintes não aquosos do alimento. A água livre no alimento é a água que representa as mesmas propriedades da água pura e está disponível para o crescimento de micro-organismos e para reações enzimáticas.

O conhecimento experimental da atividade de água constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, armazenagem e embalagem de um alimento visto que o aumento da atividade de água acima de limites críticos pode ter, como consequência, um rápido crescimento do micro-organismo o que, por sua vez, obriga ao uso de preservativos químicos para evitar a deterioração do alimento (ARAÚJO et al., 2001).

Os efeitos da variação da atividade de água em alimentos não só estão ligados ao crescimento de micro-organismo nem à sua nem, tampouco a deterioração química, mas, também, à deterioração da sua consistência, tomando tais alimentos impróprios para o consumo ou, pelo menos, diminui sua aceitação (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

2.2.9 - Densidade

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

A densidade de líquidos e dos sólidos não varia significativamente com a pressão em condições comuns; no entanto muda, com a temperatura e a composição do produto (HIMMELBLAU, 1998). Dados de densidade e sua variação com a concentração e a temperatura são importantes para a indústria de alimentos em geral, visto que são necessários para projetos e otimização de várias operações de processos (bombeamento, evaporação, filtração, mistura, em cálculos de transferência de calor, etc.), e servem ainda como índice de qualidade (MOHSENIN, 1980; ALVARADO & ROMERO, 1989;

RAMOS & IBARZ, 1998); além disso, o conhecimento a respeito desta propriedade também é significativo na caracterização, identificação e utilização de substâncias ou de materiais. Muitos processos químicos, como a fermentação, são controlados através da medida de densidade (SILVA et al., 1990).

2.2.10 - Cor

A cor é uma das características de qualidade e da aparência dos alimentos de grande importância. Basta lembrar que em muitos produtos de coloração deficiente é permitida a adição de corantes naturais ou artificiais. Fisicamente, a cor é uma propriedade da aparência atribuída à distribuição espectral da luz (CHAVES, 1994).

A manutenção da cor original no produto processado ou armazenado é, muitas vezes, difícil, pelas possibilidades de reação que os vários tipos de pigmentos naturais têm (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

A cor é a resposta do olho humano refletida por qualquer substância; fisicamente, a cor é uma característica da luz, mensurável em termos de intensidade (energia radiante) e comprimento de onda; surge da presença de luz sendo em maior intensidade em alguns comprimentos que em outros; ocasionalmente, a inspeção visual dos alimentos tem oferecido resultados errôneos em virtude da fonte de luz não emitir energia radiante suficiente, dentre os valores críticos de comprimento de onda (CHAVES, 1994).

A cor é uma percepção visual da detecção da luz após interação com um objeto; no sistema CIELAB é descrita por um diagrama tridimensional em que o espaço é definido pelas componentes retangulares, luminosidade (L^*), componente vermelho-verde (a^*) e componente amarelo-azul (b^*), e pelas coordenadas cilíndricas do mesmo espaço, cromático (c^*) e tonalidade cromática (H^*) (LAWLESS & HEYMANN, 1998).

2.3 - Secagem

De acordo com FIOREZE (2004) secagem e desidratação são termos similares mas, em geral, na terminologia dos pesquisadores do tema secagem é utilizado principalmente quando o processo envolve a transferência de calor do ambiente para o produto e desidratação é mais amplo e mais adequado para descrever o processo de retirada de água de um produto sem que, necessariamente, haja transferência de calor e sem a evaporação

líquida; já para AZEREDO et al. (2004a), o termo desidratação é usado quando relacionado à remoção quase completa de água, sob condições controladas.

Para SPOTO (2006) a secagem ou desidratação pode ser definida como a aplicação de calor sob condições controladas, para remover a maior parte da água normalmente presente em um alimento, por evaporação. Quando o ar aquecido é soprado sobre o alimento, o calor é transferido para sua superfície e o calor latente de vaporização provoca a retirada de sua umidade. O vapor de água se difunde em uma película delimitante do ar e é carregado por este em movimento, o que cria uma região de menor pressão de vapor de água na superfície do alimento e um gradiente de pressão deste é estabelecido do seu interior úmido para o ar seco. Este gradiente provê a força motriz para remoção da água do alimento.

Segundo GAVA (1998) 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. Os meios de desidratação mais empregados são 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, na forma que se deseja dar ao produto, do fator econômico e das condições de operação (GAVA, 1998).

A secagem de produtos agrícolas pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção da umidade excessiva contida no interior do produto por meio da evaporação, geralmente causada por uma corrente forçada de ar aquecido, de modo a permitir a manutenção de sua qualidade durante o armazenamento por longos períodos de tempo (AFONSO JÚNIOR & CORRÊA, 1999).

A secagem é apontada como um dos procedimentos mais importantes para a diminuição da atividade de água (GABAS, 1998). A diminuição da quantidade de água disponível no material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o período de pós-colheita. A conservação pela secagem se baseia no fato de que tanto os micro-organismos como as enzimas e todo o mecanismo metabólico, necessitam de água para suas atividades. Com a redução da quantidade de água disponível

até níveis seguros para armazenagem, serão reduzidos a atividade de água, a velocidade das reações químicas no produto e o desenvolvimento de micro-organismos (CHRISTENSEN & KAUFMANN, 1974).

De conformidade com MELONI (2003) a desidratação de alimentos, como frutas e hortaliças, normalmente significa remoção da umidade do sólido por evaporação e tem, por objetivo, assegurar a conservação das frutas por meio da redução do seu teor de água. Esta redução deve ser efetuada até o ponto, em que a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes, seja suficientemente elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de micro-organismos; deve, ainda, conferir ao produto final características sensoriais próprias e manter ao máximo o seu valor nutricional.

Dentre os métodos de secagem utilizados para a desidratação de polpa de frutas e produção da amostra em pó, o processo de secagem em camada em espuma tem sido utilizado com sucesso; este processo é dividido em três etapas: produção do suco ou polpa em forma de espuma estável, utilizando-se aditivos; secagem do produto em camada fina até desidratação final e desintegração da massa seca em escamas e, finalmente, em pó (TRAVAGLINI et al., 2001; UBOLDI, 1971).

2.4 - Aditivos

Aditivos são produtos ou conjuntos 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 2.000-2.500 e os acidentais são em número menor mas muito variável, pois dependem quase que totalmente de circunstâncias incontroláveis 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).

Para FIOREZE (2004) aditivos são substâncias acrescentadas aos alimentos sem o propósito de alterar seu valor nutritivo mas com o objetivo de conservar e/ou melhorar o produto processado.

O amido é o principal polissacarídeo de reserva de muitas plantas, encontrado na forma de grânulos insolúveis em água fria. Ele apresenta propriedades únicas que

determinam sua funcionalidade em muitas aplicações alimentícias, tanto como fonte de energia na dieta humana quanto como agente para textura (VAN HUNG et al., 2006; ZOBEL & STEPHEN, 1995).

Do ponto de vista comercial, os dois aspectos mais significativo do amido são o seu custo e o fato de sua ocorrência em forma de grânulos, num arranjo que fornece propriedades distintas das outras gomas. Além de ser utilizado na forma nativa o amido pode ser modificado quimicamente gerando novas possibilidades de aplicações (BeMILLER, 1993).

Segundo DAIÚTO & CEREDA (2003) os amidos e seus derivados são os aditivos mais utilizados como suporte para desidratação por atomização de produtos alimentícios. Entre os suportes de amido e derivados podem ser citados: amidos ou féculas (nativos ou granulares), dextrinas (pirodextrinas ou dextrinas ácidas e dextrinas enzimáticas), maltodextrinas, ciclodextrinas e xaropes.

Um dos amidos mais utilizados em processos de secagem, principalmente a 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).

No processo de secagem em camada de espuma utilizam-se vários tipos de aditivos, principalmente com propriedades emulsificantes e estabilizantes com a finalidade de produzir uma espuma estável, facilitando a secagem e o resultando em produto em pó.

2.5 - Isotermas de adsorção de água

Isotermas de sorção de água são a representação gráfica do teor de água de equilíbrio da amostra em função da atividade de água, a temperatura constante. As isotermas de sorção são imprescindíveis na análise e no controle de vários processos na indústria de alimentos, tais como preservação, secagem, definição de embalagem e misturas. Essas curvas podem ser usadas para prever as mudanças na estabilidade do alimento e para selecionar o material de embalagem e os ingredientes apropriados para a formulação de um produto alimentício (ZHANG et al., 1996).

A isoterma de sorção tem importância particular no projeto de processos de desidratação de alimentos (MCLAUGHLIN & MAGGE, 1998). Além disso, a determinação das isotermas de adsorção/dessorção de água se faz oportuna devido à sua aplicação na predição do tempo de secagem, da vida de prateleira em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto.

Os produtos alimentícios são matérias capazes de absorver, reter ou eliminar água, os quais sempre estabelecem um equilíbrio de umidade com o ar ao seu redor. A água sempre causa aumento da pressão de vapor sobre a superfície das amostras e, quando esta pressão e a pressão de vapor de água da atmosfera são iguais, ocorre o equilíbrio da umidade (ARAÚJO et al., 2005).

2.5.1 - Modelos matemáticos

Existem, na literatura, vários modelos matemáticos para estimar as isotermas de sorção de água, dentre os quais se destacam os modelos GAB, Oswin e Peleg.

O modelo de GAB (Equação 2.1) é um modelo cinético baseado na adsorção de água nas multicamadas e no filme condensado (GOULA et al., 2008). É considerado um dos modelos mais versáteis para representação do comportamento das isotermas de sorção (AL-MUHTASED et al., 2004).

$$X_e = \frac{X_m CKa_w}{(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)} \quad (2.1)$$

em que:

X_e – teor de água de equilíbrio

a_w – atividade de água

X_m - teor de água na monocamada

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

O modelo de Oswin (Equação 2.2), puramente empírico, se baseia na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal e seus parâmetros se situam dentro dos seguintes limites $a > 0$ e $1 > b > 0$ (BLAHOVEC, 2004; PARK et al., 2008). SILVA et al. (2008a) ajustaram este modelo às isotermas de adsorção de água do açaí e do cupuaçu em pó e obtiveram $R^2 > 0,98$ e $P < 2\%$. O modelo de Oswin é uma série matemática expandida para curvas com formato S, em que o modelo não considera o efeito da temperatura (YAZDAMI et al., 2006).

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (2.2)$$

em que:

X_e – teor de água de equilíbrio

a_w - atividade de água

a e b- parâmetros de ajuste do modelo

O modelo de Peleg (Equação 2.3) é um modelo empírico de quatro parâmetros que tenta unir duas tendências em uma equação; pode ser usado em isotermas sigmóides e não sigmóides e geralmente suas constantes n_1 e n_2 têm os seguintes valores $n_1 < 1$ e $n_2 > 1$ (PELEG, 1993). ALEXANDRE et al. (2007) ajustaram o modelo de Peleg às isotermas de adsorção de água da pitanga em pó, determinadas na faixa de temperatura entre 10 e 40 °C, e obtiveram $R^2 > 0,98$ e $P < 5\%$. MELO et al. (2008) também ajustaram o modelo de Peleg às isotermas de adsorção de água, nas temperaturas entre 20-40 °C, do produto em pó elaborado com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina, e encontraram $R^2 > 0,99$ e $P < 2\%$.

$$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (2.3)$$

em que:

X_e - teor de água de equilíbrio

a_w - atividade de água

K_1, K_2, n_1 e n_2 – constantes da equação

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e no Laboratório de Agroindústria do Instituto Federal de Pernambuco, Campus de Belo Jardim, PE.

3.1 – Matéria-prima

Foi utilizado como matéria-prima o fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.), também denominado figo-da-índia, proveniente do município de Aroeiras, PB.

3.2 – Processamento do figo da índia

Os frutos foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 3.1.

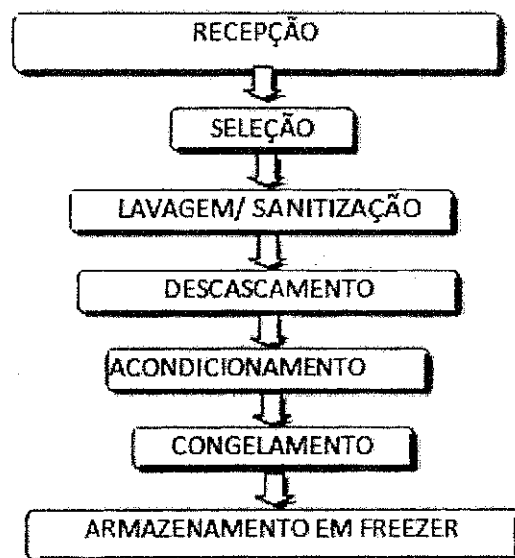


Figura 3.1 – Fluxograma das etapas do processamento do figo-da-índia

3.2.1 – Recepção

Os frutos foram transportados para o local de processamento em caixas de madeira rasas, para evitar o esmagamento das frutas das camadas inferiores e recepcionadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA).

3.2.2 – Seleção

A etapa de seleção teve por finalidade uniformizar as amostras quanto ao grau de maturação. No local de obtenção da matéria-prima foi realizada seleção prévia dos exemplares, de acordo com aparência, tamanho e firmeza. No laboratório esta seleção recebeu maior atenção e os frutos verdes, amassados ou atacados por micro-organismos foram eliminados.

3.2.3 – Lavagem/Sanitização

Nesta etapa, os frutos foram lavados em água corrente, em seguida sanitizados por imersão em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min) e posteriormente enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso de cloro. Esta etapa possui a finalidade de remover as sujidades grosseiras aderidas à superfície, além de retirar parte da microbiota presente, sendo realizada em água corrente da rede de abastecimento pública.

3.2.4 – Descascamento/Despolpamento

O descascamento foi manual, utilizando-se faca de aço inoxidável e se cortando as frutas nas extremidades e em seguida no comprimento, para extração da polpa com sementes. a seguir, o despolpamento foi realizado em despolpadeira para separar a polpa das sementes.

3.2.5- Acondicionamento

As polpas integrais foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade, contendo 500 g de polpa cada uma.

3.2.6 - Congelamento e armazenamento

As polpas embaladas foram congeladas e armazenadas em freezer a -18 °C, permanecendo até o momento da realização dos experimentos.

3.3 - Caracterização química, física e físico-química da polpa integral do figo da índia

3.3.1 - Sólidos totais/Teor de água

A determinação dos sólidos totais e do teor de água, foi realizada pelos métodos descritos no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), cujos resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.2 - Sólidos solúveis totais

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

3.3.3 - Acidez total titulável

Determinou-se a acidez total titulável através do método descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), com os resultados expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.3.4 - pH

O pH foi determinado através do método potenciométrico, com peagâmetro previamente calibrado com soluções tampão (pH 7,0 e 4,0), a 20 °C, imergindo-se o eletrodo em um béquer contendo a amostra e se lendo o valor no visor do aparelho.

3.3.5 - Ácido ascórbico

Realizou-se a análise do ácido ascórbico com base no método da AOAC (1997), modificado por BENASSI & ANTUNES (1988) no qual se utiliza ácido oxálico como solução extratora e se baseia na titulação da amostra, empregando-se 2,6 diclorofenol indofenol sódio, que dá cor azul em solução alcalina e cor rósea em solução ácida. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de amostra.

3.3.6 - Açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares redutores, totais e não-redutores foram determinados utilizando-se o método de redução alcalina, de acordo com as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.3.7 - Cinzas

As cinzas foram determinadas através da metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) e expressas em percentagem (%).

3.3.8 - Atividade de água

A determinação da atividade de água a 25 °C foi realizada em triplicata com auxílio do equipamento Aqualab 3TE, fabricado pela Decagon. Este equipamento tem por princípio a medida do ponto de orvalho da amostra acondicionada em cápsula plástica.

3.3.9 - Densidade

A densidade da polpa integral do ligo da índia foi determinada em triplicata pelo método picnométrico, na temperatura de 25 °C.

3.3.10 - Cor

A determinação da cor das amostras foi realizada em espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, no sistema de cor CieLab, com leituras de L*, a* e b*, em que L* é a

luminosidade, a^* a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

3.4 - Processamento do figo-da-índia em pó

Para a secagem da polpa do figo-da-índia foram realizados os procedimentos apresentados no fluxograma da Figura 3.2.

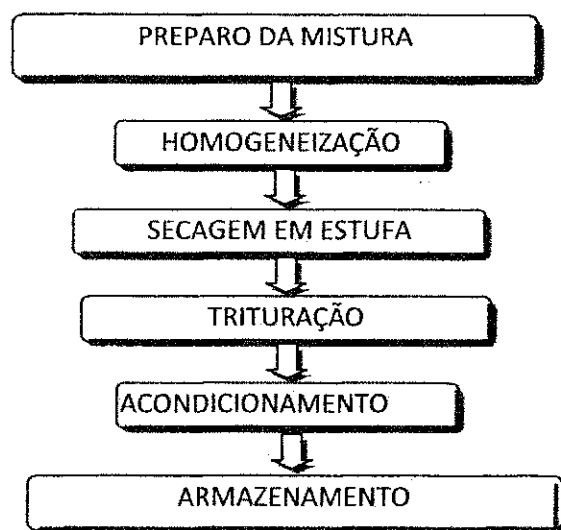


Figura 3.2 - Fluxograma do processamento para obtenção do figo-da-índia em pó

3.4.1 - Preparo das formulações

Foram preparadas três diferentes formulações preparadas com a polpa do figo da índia integral e amido modificado nas proporções de 20, 25 e 30%. Os ingredientes foram submetidos misturados, com a finalidade de formar uma solução homogênea para ser desidratada em camada fina, resultando, ao final do processo, em amostras em pó.

3.4.2 - Secagem em estufa

A desidratação das formulações (amostras de polpa do figo-da-índia com diferentes proporções de amido modificado) foi realizada em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Colocavam-se cerca de 400 gramas de polpa formulada em bandejas de aço inoxidável e se espalhava uniformemente com uma espátula de aço inoxidável, formando uma camada fina de aproximadamente 0,5 cm de espessura.

3.4.2.1 - Cinética de secagem

As curvas de cinéticas de secagem das formulações foram determinadas pesando-se as bandejas com as amostras, durante as secagens, até peso constante, em intervalos regulares. Com os dados experimentais foram calculados os valores da razão de água (Equação 3.3) e construídas as curvas de cinética de secagem da razão de água em função do tempo de secagem.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.3)$$

em que:

RX - razão de água, adimensional;

X - teor de água, base seca;

X_e - teor de água de equilíbrio, base seca;

X_0 - teor de água inicial, base seca.

Os modelos semiteóricos de Lewis (Equação 3.4), Page (Equação 3.5), Henderson & Pabis (Equação 3.6), Logarítmico (Equação 3.7) e Midilli et al. (Equação 3.8) foram ajustados às curvas experimentais de cinética de secagem.

Lewis

$$RX = \exp(-kt) \quad (3.4)$$

em que:

RX - razão de água;

k- constante do modelo;

t - tempo (min).

Page

$$RX = \exp(-kt^n) \quad (3.5)$$

em que:

RX – razão de água (adimensional);

k, n - constantes do modelo;

t - tempo (min).

Henderson & Pabis

$$RX = a \exp(-kt) \quad (3.6)$$

em que:

RX – razão de água (adimensional);

a, k - constantes do modelo;

t - tempo (min).

Logarítmico

$$RX = a \exp(-kt) + b \quad (3.7)$$

em que:

RX - razão de água (adimensional);

a, k, b - constantes do modelo;

t - tempo (min).

Midilli et al.

$$RX = a \exp(-kt^n) + bt \quad (3.8)$$

em que:

RX – razão de água;

k, t, n, b - constantes do modelo;

t - tempo (min).

3.5 – Preparo das amostras em pó

Após as secagens as amostras secas foram retiradas das bandejas com uma espátula de aço inoxidável e resfriadas em temperatura ambiente e trituradas em multiprocessador doméstico, até a formação do pó.

3.6 – Caracterização do pó

As amostras em pó foram submetidas às seguintes análises químicas, físicas e físico-químicas, usando-se as mesmas metodologias do item 3.3: pH, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores, ácido ascórbico, atividade de água, sólidos solúveis totais, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$).

3.7 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água da polpa figo-da-índia em pó na temperatura de 20 °C, foram determinadas utilizando-se o método estático indireto, segundo CAPRISTE & ROTSTEIN (1982). As medidas das atividades de água das amostras em pó, em triplicata, foram realizadas utilizando-se o equipamento *Aqualab*, modelo 3TE, da Decagon Devices.

As amostras em pó com aproximadamente 1,0 g, foram pesadas e acondicionadas nos porta-amostras do equipamento, medindo-se a atividade de água na temperatura de trabalho; em seguida, as mesmas foram levadas para a estufa a 70 °C, até peso constante, onde eram determinadas as massas secas e, a seguir, os teores de água de equilíbrio.

3.7.1 - Teor de água de equilíbrio

Os teores de água de equilíbrio foram calculados pelo emprego da Equação 3.9:

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (3.9)$$

em que:

X_e - teor de água de equilíbrio, % base seca;

m_e - massa da amostra no equilíbrio, g;

m_s - massa seca da amostra, g.

3.7.2 – Modelos de ajuste

Os modelos de Oswin (Equação 3.10), GAB (Equação 3.11) e Peleg (Equação 3.12) foram ajustados às isotermas de adsorção de água, que são a representação gráfica do teor de água de equilíbrio em função da atividade de água.

Oswin

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b \quad (3.10)$$

em que:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;
a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

GAB

$$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.11)$$

em que:

X_e - teor de água de equilíbrio;
 a_w - atividade de água;
 X_m - teor de água na monocamada molecular;
C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto.

Peleg

$$X_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (3.12)$$

em que:

X_e - teor de água de equilíbrio;
 K_1 e K_2 - constantes do modelo;
 a_w - atividade de água;
 n_1 e n_2 - constantes do modelo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa integral do figo-da-índia

Estão apresentados na Tabela 4.1 os valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos determinados na polpa integral do figo da índia.

O valor médio de sólidos totais da polpa do figo-da-índia foi semelhante ao valor encontrado por QUEIROZ et al. (2004), para a polpa do figo-da-índia de 11,82%, e superior ao valor obtido por MELO et al. (2008) para a polpa do fruto do mandacaru (cactácea) que foi de 9,29%.

Tabela 4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa integral do figo-da-índia

Parâmetro	Média e desvio padrão
Sólidos totais (%)	11,74 ± 0,19
Teor de água (%)	88,04 ± 0,19
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,33 ± 0,37
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,12 ± 0,01
Relação SST/ATT	94,42
pH	5,31 ± 0,01
Ácido ascórbico (mg/100 g)	11,93 ± 0,69
Açúcares totais (% glicose)	17,76 ± 0,06
Açúcares redutores (% glicose)	5,03 ± 0,05
Açúcares não redutores (% sacarose)	12,09 ± 0,06
Cinzas (%)	0,37 ± 0,04
Atividade de água (25 °C)	0,970 ± 0,001
Densidade a 25 °C (g/cm ³)	1,096 ± 0,001
Luminosidade (L*)	9,62 ± 0,27
Intensidade de vermelho (+a*)	11,06 ± 0,32
Intensidade de amarelo (+b*)	16,12 ± 0,43

Observa-se que o teor de água da polpa integral do figo-da-índia foi de 88,04%,

semelhante à média determinada por CANUTO et al. (2007), para o mesmo fruto, de 87,8%, e próximo ao encontrado por MELO et al. (2008), para a polpa do fruto do mandacaru, que foi de 90,71%.

Constata-se que o valor médio dos sólidos solúveis totais da polpa integral do figo-da-índia foi semelhante ao encontrado por LISBOA (2010), que foi de 11,58 °Brix para a polpa do figo-da-índia e inferior ao determinado por COELHO et al. (2004), que foi de 12,26 °Brix, para os mesmos frutos. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005) os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco e na polpa, e tem tendência de aumento com o progresso da maturação.

A acidez total titulável da polpa do figo-da-índia foi idêntica aos valores médios encontrados por GURRIERI et al. (2000), que foram de 0,11% de ácido cítrico para o figo-da-índia, e por CARVALHO et al. (2008), para o umbu-cajá, de 0,12% de ácido cítrico.

À relação SST/ATT da polpa do figo-da-índia apresentou um valor muito superior ao encontrado por CAVALCANTE MATA et al. (2005) para a polpa da graviola, que foi de 8,9. A relação SST/ATT é um parâmetro importante utilizado para avaliar o sabor em razão de representar o balanço entre os açúcares e os ácidos da polpa. Observa-se que o alto valor desta relação 94,42 obtido no presente trabalho-se deve ao baixo teor de acidez da polpa do figo-da-índia.

O pH determinado para a polpa integral do figo da índia apresentou-se menor que os valores reportados por COELHO et al. (2002), de 5,98, MEDINA et al. (2007), de 6,32 e CANUTO et al. (2007), de 6,00, todos trabalhando com o mesmo tipo de material. Com base nos resultados, observa-se que a polpa do figo-da-índia se classifica como um derivado de fruta com baixa acidez (pH > 4,5), de acordo com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998).

Quanto ao teor de ácido ascórbico da polpa do figo-da-índia indicado neste trabalho, constata-se que foi inferior ao determinado por LISBOA (2010), para a polpa do mesmo fruto, de 20,50 mg/100 g. Observa-se que o teor de ácido ascórbico da polpa do presente estudo foi superior ao da polpa congelada de maracujá (7,3 mg/100 g) e ao da melancia (6,1 mg/100 g) e inferior ao da polpa de manga congelada (24,9 mg/100 g) e ao do limão taiti (38,2 mg/100 g) mencionados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006).

Constata-se que o teor médio dos açúcares totais da polpa do figo-da-índia foi superior ao determinado por LIMA et al. (2001) para o cupuaçu cuja média obtida foi de 7,84%.

O teor de açúcares redutores, expresso em glicose, encontrado na polpa do figo-da-índia foi de 5,03% glicose, sendo próximo ao da polpa integral de umbu-cajá (6,09%) e inferior ao encontrado por CANUTO et al. (2007), de 11,43% para o figo-da-índia.

Verifica-se que o teor dos açúcares não redutores da polpa do figo da índia foi superior ao determinado por SALATA (2003) para o maracujá que foi de 2,63%;

já o teor de cinzas determinado para a polpa do figo-da-índia foi de 0,37%, inferior ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2011) para o figo-da-índia cultivado na cidade de Afrânio, PE, que foi de 0,4394%.

A atividade de água para a polpa do figo-da-índia, de 0,970, foi próximo ao indicado por BRANDÃO et al. (2003) para a manga *in natura*, de 0,98. De acordo com AZEREDO et al. (2004c) a polpa do figo-da-índia integral pode ser classificada como alimento de alta umidade ($a_w > 0,85$), sendo muito propenso a deteriorações microbiológicas em geral.

Observa-se que o valor da densidade da polpa do figo-da-índia ($1,096 \text{ g/cm}^3$) foi inferior ao determinado por OLIVEIRA et al. (2006) para a polpa de pitanga ($1,190 \text{ g/cm}^3$), e superior ao encontrado por GOMES (2009), para a polpa do buriti, que foi ($1,040 \text{ kg/m}^3$).

Quanto aos parâmetros de cor encontrados para a polpa do figo-da-índia, de 9,62 para a luminosidade (L^*), de 38,47 para a intensidade de vermelho ($+a^*$) e de 11,05 para intensidade de amarelo ($+b^*$), constata-se que esses valores foram diferentes dos resultados encontrados por LISBOA (2010) para a polpa de figo da índia, em que os valores reportados foram de 26,29 para Luminosidade (L^*), 12,20 para a intensidade de vermelho ($+a^*$) e de 37,75 para a intensidade de amarelo ($+b^*$). Essas diferenças podem estar relacionadas às diferenças existentes entre variedades, estágio de maturação e condições edafoclimáticas de cultivo.

4.2 - Cinética de secagem

Na Figura 4.1 estão representadas as cinéticas de secagem da polpa do figo-da-índia com adição de 20% de amido modificado, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C na forma do adimensional de umidade (razão de água) em função do tempo. Observa-se a temperatura teve influência que a temperatura exerceu sobre as curvas de secagem das polpas de figo-da-índia conforme é possível perceber no gráfico. O tempo de secagem da polpa do figo-da-índia com adição de 20% de amido modificado na temperatura de 50 °C, foi de 578 minutos; a 60 °C foi de 500 minutos e a 70 °C foi de 405 minutos, significando que a

velocidade de secagem aumenta com o aumento da temperatura; comportamento também foi verificado por CHAVES et al. (2003) ao avaliarem a secagem de fatias de berinjela nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C; por KROKIDA et al. (2003) ao determinarem a cinética de secagem de alguns vegetais (batata, cenoura, cebola, tomate, pimentão, cogumelo e milho) a 65, 75 e 85 °C e por LOUREIRO et al. (2006) para a polpa do buriti, que constataram que a temperatura foi o fator que exerceu maior influência no processo de secagem.

SOARES et al. (2001) ao produzir acerola em pó pelo processo de secagem em camada de espuma a 70 °C, conseguiram realizar os experimentos em menor tempo (90 min).

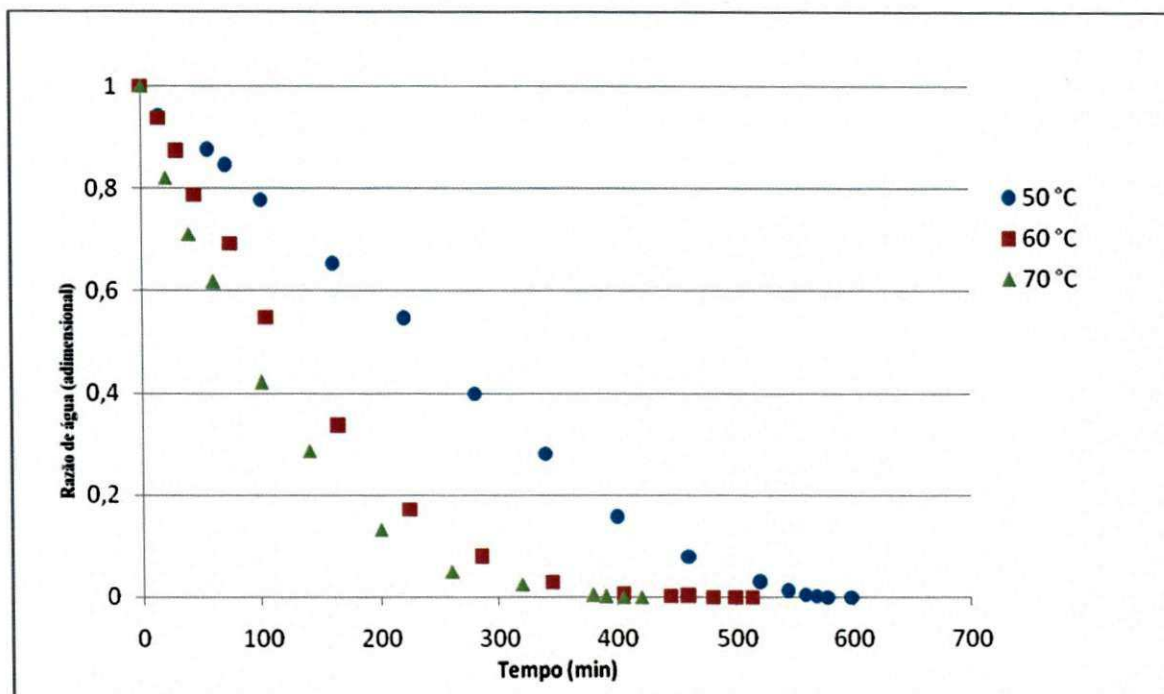


Figura 4.1 - Curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa do figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C

Na Figura 4.2 se encontram as representações das cinéticas de secagem da polpa de figo-da-índia com adição de 25% de amido modificado, na forma do adimensional de umidade (razão de água) em função do tempo. Também se observa que o aumento da temperatura exerceu influência sobre as curvas de secagem das polpas de figo-da-índia. O tempo de secagem da polpa do figo-da-índia com adição de 25% de amido modificado na temperatura de 50 °C, foi de 600 minutos; a 60 °C foi de 540 minutos e a 70 °C foi de 480 minutos. Constatou-se que, quando a temperatura passa de 50 °C para 60 °C, o tempo de secagem diminuiu e quando a temperatura passa de 60 °C para 70 °C sofre diminuição no

tempo; comportamento semelhante foi verificado por PRADO (1998) e FARIAS et al. (2002) secando tâmaras e cajá, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

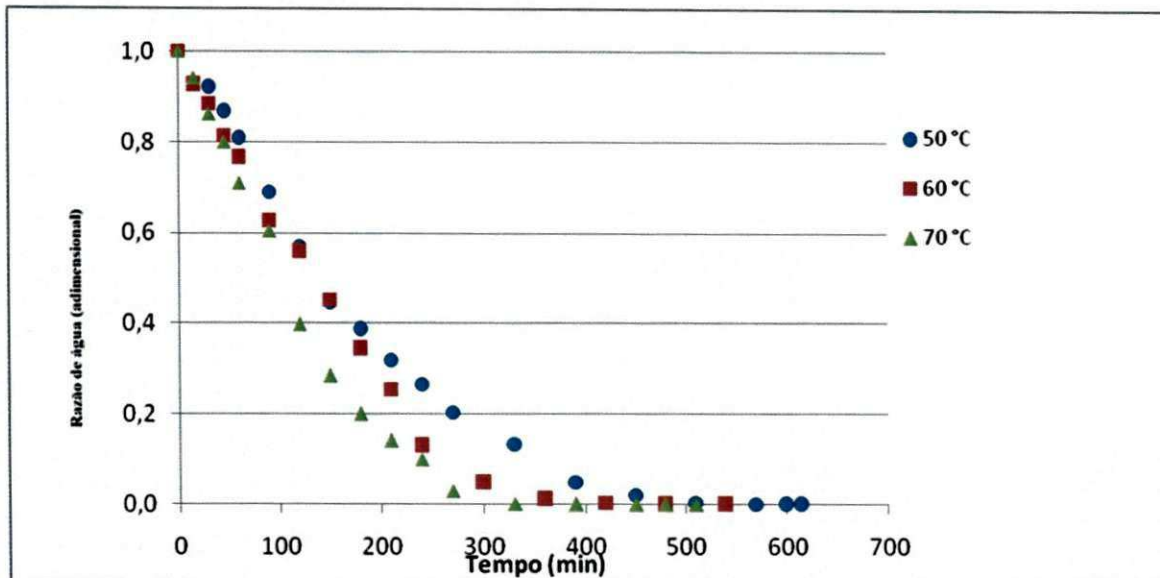


Figura 4.2 - Curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa de figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C

Na Figura 4.3 tem-se a representação das cinéticas de secagem da polpa de figo-da-índia com adição de 30% de amido modificado na forma do adimensional de umidade em função do tempo. Mais uma vez ficou patente que o aumento da temperatura teve influência sobre as curvas de secagem das polpas de figo-da-índia, ocorrendo diferenças nos tempos de secagem das polpas. O tempo de secagem da polpa do figo-da-índia com adição de 30% de amido modificado na temperatura de 50 °C, foi de 570 minutos; a 60 °C foi de 450 minutos e a 70 °C foi de 240 minutos. Quando a temperatura passa de 50 °C para 60 °C o tempo de secagem diminuiu e quando a temperatura passa de 60 °C para 70 °C o tempo de secagem também sofre redução. Tempo de secagem superior foi verificado por PEREIRA et al. (2007) na secagem em camada fina (espessura de 0,8 cm) da polpa de graviola com adição de amido modificado na temperatura de 70 °C, com um tempo de secagem de 855 min, fato também verificado por FURTADO et al. (2010) ao secar em seriguela em camada fina a 60, 70 e 80 °C, quando então o tempo de secagem diminuiu com o aumento da temperatura.

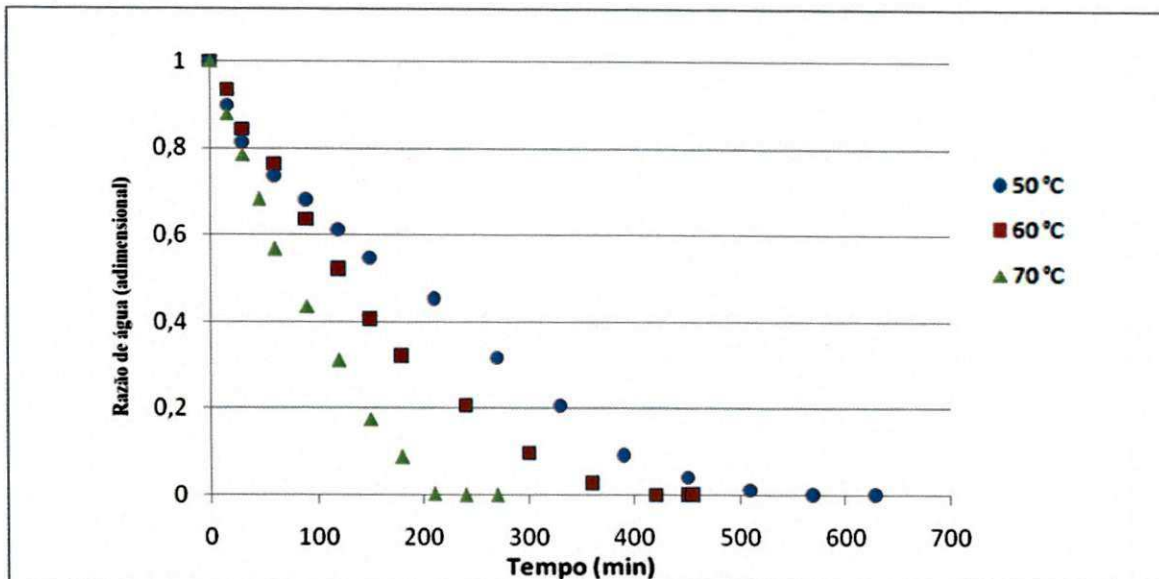


Figura 4.3 - Curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa de figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C

Constata-se que, dentre todas as amostras secadas nas diferentes temperaturas, o menor tempo de secagem ocorreu na amostra com 30% de amido modificado e temperatura de 70 °C, comportamento previsto em razão da maior concentração de sólidos totais e maior temperatura de secagem.

No Apêndice A, Figuras A.1 a A.3, tem-se as curvas de cinética de secagem nas três temperaturas, com visualização do efeito da concentração do amido modificado para a mesma temperatura de secagem. Constate-se que as curvas foram próximas em todas as temperaturas.

4.2.1 - Modelos matemáticos

Na Tabela 4.2 se encontram os valores dos parâmetros dos modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli et al., os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios ajustados aos dados experimentais de secagem da formulação elaborada com polpa do figo-da-índia adicionada de 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Verifica-se que todos os modelos podem ser utilizados para representar o processo de secagem da formulação, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,94 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,1. Constata-se que dentre os modelos testados o de Midilli et al. foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, por apresentar os maiores valores de R^2 e os menores desvios quadráticos médios (DQM).

MELO et al. (2008) obtiveram ao estudar a secagem do mandacaru nas temperaturas 70, 80 e 90 °C, para o modelo de Page $R^2 > 0,98$ e DQM $< 0,001$; BABALIS et al. (2006) ao estudando a secagem de figo-da-índia nas temperaturas de 55 a 85 °C, utilizaram o modelo de Henderson & Pabis, obtendo $R^2 > 0,99$; ALEXANDRE et al. (2006) encontraram, ajustar os modelos de Page e Henderson & Pabis aos dados de secagem da polpa de pitanga formulada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, valores $R^2 > 0,96$; ALEXANDRE (2005) verificou-se para polpa de pitanga secada a 70 °C, que dentre os diversos modelos testados o de Page apresentou os maiores valores de R^2 proporcionando os melhores ajustes.

Tabela 4.2 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa de figo-da-índia e 20% de amido modificado nas diferentes temperaturas

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetro			R^2	DQM	
		k					
Lewis	50	0,0040			0,9457	0,0876	
	60	0,0068			0,9825	0,0504	
	70	0,0092			0,9945	0,0258	
Page	Temp. (°C)	k	n	R^2	DQM		
	50	0,0004	1,3870	0,9859	0,0446		
	60	0,0012	1,3515	0,9985	0,0147		
	70	0,0051	1,1235	0,9973	0,0179		
Henderson & Pabis	Temp. (°C)	a	k	R^2	DQM		
	50	1,0861	0,0043	0,9549	0,0799		
	60	1,0668	0,0074	0,9875	0,0427		
	70	1,0167	0,0094	0,9948	0,0250		
Logarítmico	Temp. (°C)	a	k	b	R^2	DQM	
	50	1,2222	0,0035	-0,1372	0,9786	0,0550	
	60	1,1215	0,0060	-0,0790	0,9944	0,0285	
	70	1,0461	0,0083	-0,0452	0,9982	0,0147	
Midilli et al.	Temp. (°C)	A	k	n	b	R^2	DQM
	50	1,0477	0,0030	1,0061	-0,00028	0,9901	0,0374
	60	0,9815	0,0010	1,3754	-0,00002	0,9991	0,0114
	70	0,9847	0,0054	1,0995	-0,00006	0,9985	0,0135

Analisando o modelo de Page, constata-se que o parâmetro k, que representa a constante da taxa de secagem (min^{-1}), aumentou com o aumento da temperatura enquanto o parâmetro n diminuiu com o aumento da temperatura. Comportamento semelhante ao do

parâmetro k foi avaliado por GURJÃO et al. (2008), ao estudarem a secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

O parâmetro k do modelo de Lewis, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, aumentou com o aumento da temperatura.

Para o modelo de Midilli et al. não houve comportamento padrão dos parâmetros deste modelo com o aumento da temperatura. FURTADO et al. (2010) verificaram, com o modelo de Midilli, que o parâmetro k aumentou com o aumento da temperatura e n diminuiu, ao ajustarem este modelo às curvas de secagem da polpa de seriguela nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Tem-se na Figura 4.4 as curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia integral e 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al., considerado o melhor modelo. Observa-se que as curvas ajustadas ficaram próximas aos dados experimentais. DANTAS et al. (2008) também constataram que o modelo matemático que melhor representou o processo de secagem para a obtenção da polpa em pó da jaca foi, o de Midilli.

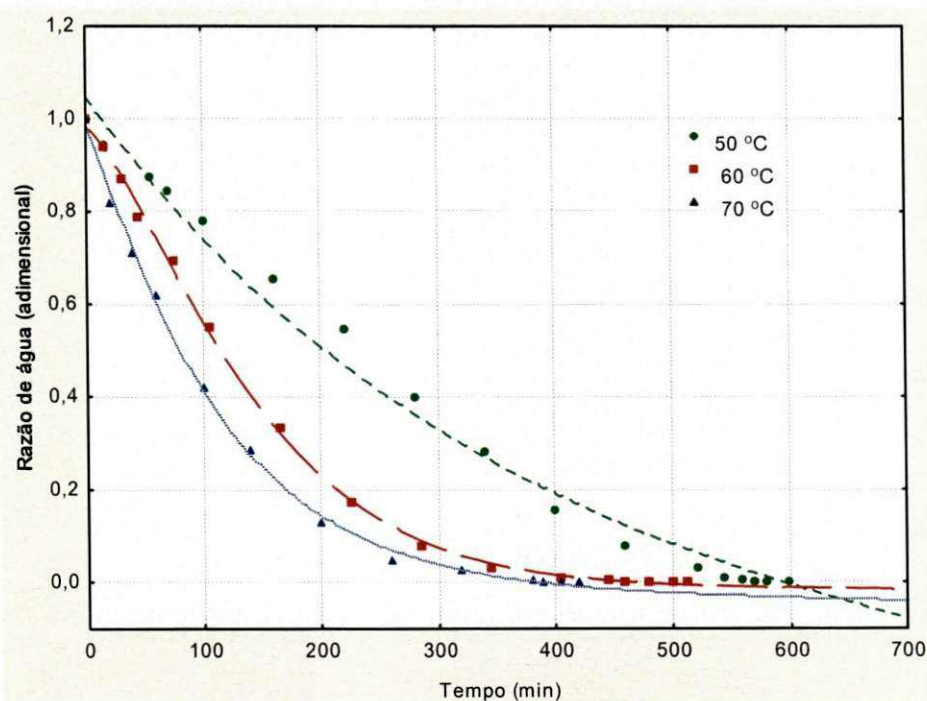


Figura 4.4 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al

No Apêndice A, Figuras A.4 a A.7, estão dispostas as curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia integral e 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelos modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico.

Na Tabela 4.3 se apresentam os valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios dos modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli et al., ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da formulação elaborada com polpa do figo-da-índia adicionada de 25% de amido modificado, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tabela 4.3 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa de figo-da-índia e 25% de amido modificado nas diferentes temperaturas

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM	
		k					
Lewis	50	0,0054			0,9784	0,0509	
	60	0,0062			0,9690	0,0637	
	70	0,0078			0,9726	0,0606	
Page	Temperatura (°C)	k	n	R^2	DQM		
	50	0,0009	1,3474	0,9986	0,0128		
Page	60	0,0008	1,4121	0,9930	0,0302		
	70	0,0009	1,4445	0,9978	0,0172		
Henderson & Pabis	Temperatura (°C)	a	k	R^2	DQM		
	50	1,0922	0,0059	0,9872	0,0392		
Henderson & Pabis	60	1,0685	0,0067	0,9753	0,0569		
	70	1,0894	0,0086	0,9812	0,0501		
Logarítmico	Temperatura (°C)	a	k	b	R^2	DQM	
	50	1,1477	0,0049	-0,0834	0,9947	0,0253	
Logarítmico	60	1,1738	0,0051	-0,1320	0,9869	0,0415	
	70	1,1323	0,0079	-0,0457	0,9864	0,0426	
Midilli et al.	Temperatura (°C)	a	k	n	b	R^2	DQM
	50	1,0064	0,0011	1,2988	-0,00003	0,9990	0,0108
Midilli et al.	60	0,9599	0,0004	1,5169	-0,00004	0,9953	0,0249
	70	0,9933	0,0010	1,4222	-0,00002	0,9979	0,0167

Verifica-se todos os modelos testados podem ser utilizados para representar o processo de secagem desta formulação, em virtude de apresentarem coeficientes de

determinação (R^2) superiores a 0,96 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,1. Verifica-se, dentre os modelos testados, que o de Midilli et al. foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, devido aos maiores valores de R^2 e os menores DQM.

MARQUES et al. (2007) também obtiveram, ao ajustarem os modelos de Page e de Henderson & Pabis às curvas de secagem de caju, com pré tratamento osmótico, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, excelentes ajustes com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99; DOYMAZ (2008), ao estudar a secagem do morango nas temperaturas de 50, 55 e 65 °C obteve, para o modelo de Page, $R^2 > 0,99$; BABALIS et al. (2006) estudando a secagem de figo nas temperaturas de 55 a 85 °C e velocidade de ar de secagem de 1 m/s, encontraram para o modelo de Henderson & Pabis, $R^2 > 0,99$. MEDEIROS (2007) obteve ao ajustar o modelo de Page as curvas de secagem da mangaba nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, $R^2 > 0,99$.

No modelo de Page o parâmetro n aumentou com o aumento da temperatura. MELO et al. (2008) verificaram, ao estudar o fruto do mandacaru, para o modelo de Page, que o parâmetro k aumentou e o n diminuiu com o aumento da temperatura. No modelo de Henderson & Pabis o parâmetro k diminuiu com o aumento da temperatura, comportamento também verificado por FREITAS et al. (2007) ao estudarem a cinética de secagem de manga em fatias nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C. Para ALEXANDRE et al. (2006) os parâmetros n do modelo de Page, k do modelo de Henderson & Pabis e k do modelo de Lewis apresentaram aumento com o aumento de temperatura no ajuste das curvas de secagem da polpa de pitanga formulada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Na Figura 4.5 tem-se as curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia integral e 25% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al., considerado o melhor modelo; observa-se que as curvas ajustadas ficaram próximas aos dados experimentais.

No Apêndice A, Figuras A.8 a A.11, se encontra as curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia integral e 25% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelos modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico.

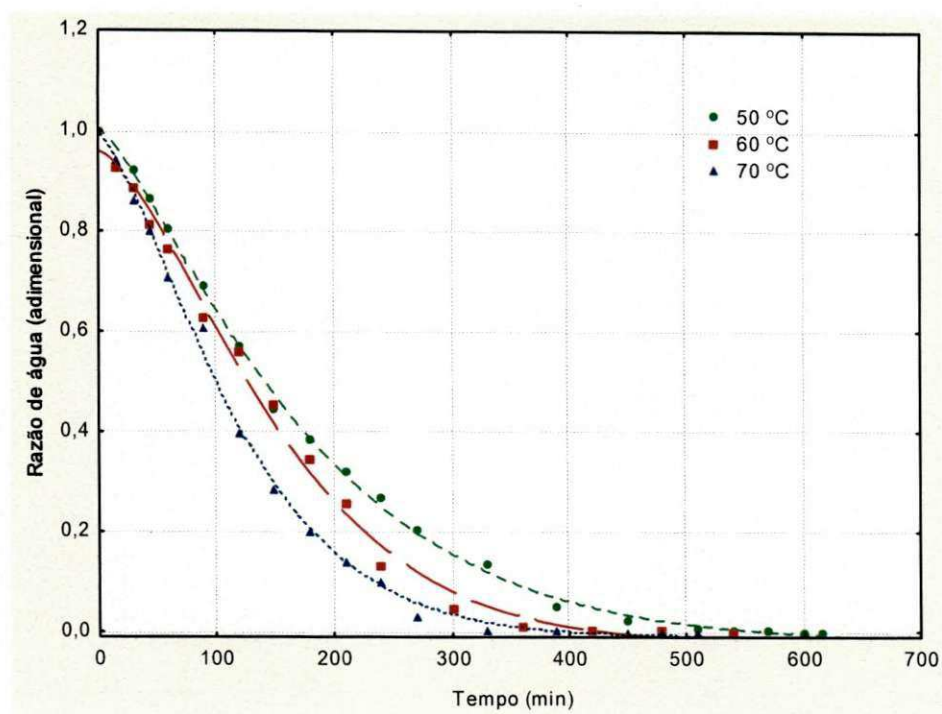


Figura 4.5 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al.

Na Tabela 4.4 são apresentados os valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios dos modelos de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Midilli et al. e Logarítmico, ajustados aos dados de secagem da formulação elaborada com polpa do figo-da-índia e 30% de amido modificado, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Verifica-se que todos os modelos podem ser utilizados para representar o processo de secagem desta formulação em virtude de por apresentarem coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,97 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,1. Dentre os modelos testados o de Midilli et al. foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais nas temperaturas de 60 e 70 °C e o Logarítmico na temperatura de 50 °C por apresentar os maiores valores de R^2 e os menores DQM.

LAHSASNI et al. (2002) constataram, testando os modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli, que o modelo que melhor se ajustou às curvas de secagem do figo-da-índia foi o de Midilli, com $R^2 = 0,9996$.

Tabela 4.4 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa de figo-da-índia e 30% de amido modificado nas diferentes temperaturas

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM	
		k					
Lewis	50	0,0047			0,9765	0,0526	
	60	0,0063			0,9806	0,0498	
	70	0,0106			0,9745	0,0560	
Page	Temperatura (°C)	k	n	R^2	DQM		
Page	50	0,0022	1,1419	0,9808	0,0476		
	60	0,0014	1,3001	0,9963	0,0217		
	70	0,0026	1,3014	0,9923	0,0307		
Henderson & Pabis	Temperatura (°C)	a	k	R^2	DQM		
Henderson & Pabis	50	0,9975	0,0047	0,9765	0,0526		
	60	1,0500	0,0066	0,9841	0,0451		
	70	1,0556	0,0112	0,9788	0,0511		
Logarítmico	Temperatura (°C)	a	k	b	R^2	DQM	
Logarítmico	50	1,1768	0,0031	-0,2149	0,9921	0,0304	
	60	1,1050	0,0064	-0,0445	0,9897	0,0363	
	70	1,2044	0,0078	-0,1832	0,9956	0,0233	
Midilli et al.	Temperatura (°C)	a	k	n	b	R^2	DQM
Midilli et al.	50	0,9570	0,0028	1,0483	-0,00020	0,9916	0,0314
	60	0,9876	0,0017	1,2314	-0,00010	0,9985	0,0140
	70	0,9883	0,0038	1,1870	-0,00031	0,9967	0,0203

Tem-se, na Figura 4.6, as curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia integral e 30% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al., considerado um dos melhores modelos; que as curvas ajustadas se mantiveram próximas aos dados experimentais.

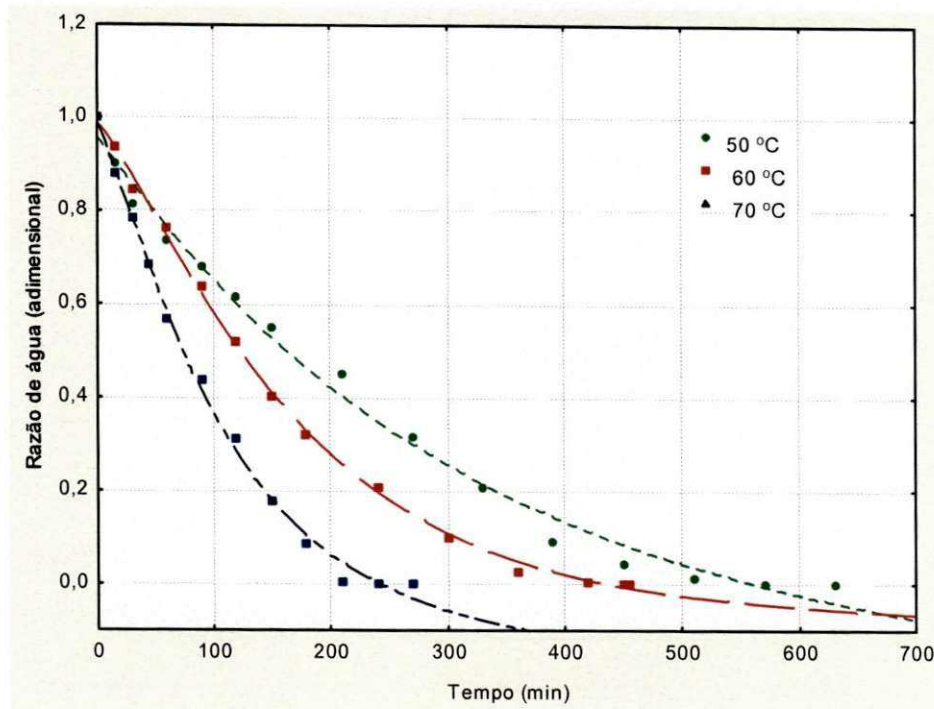


Figura 4.6 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Midilli et al.

No Apêndice A, Figuras A.12 a A.15, se acham as curvas de cinética de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia integral e 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelos modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico.

4.3 - Isotermas de adsorção de água

Observa-se, na Tabela 4.5, 4.6 e 4.7, o caráter higroscópico das amostras em pó, verificado pelo aumento do teor de água de equilíbrio com o aumento da atividade de água, comportamento comumente constatado em produtos biológicos ou alimentícios, comportamento verificando também por LOUREIRO (2006), ao avaliar as isotermas de adsorção de água do buriti em pó nas temperaturas de 10, 20 30 e 40 °C.

Verifica-se que as amostras em pó apresentaram teores de água de equilíbrio (X_e) variando entre 2,014 e 73,844% b.s. para a faixa de a_w entre 0,377 e 0,941. BENEDETTI et al. (2011) encontraram valores de X_e variando entre 45,4 a 104,5% b.s. para $a_w = 0,907$, para as isotermas de adsorção de água a 20 °C do caqui em pó secado em estufa a vácuo

sem aditivos, com adição de maltodextrina e de goma arábica, ficando evidente que as amostras em pó são produtos muito higroscópicos.

Tabela 4.5 - Valores de teores de água de equilíbrio (X_e) e atividade de água (a_w), a 20 °C, da formulação em pó com 20% de amido modificado secada nas diferentes temperaturas

Temperatura de secagem (°C)					
50		60 °C		70 °C	
a_w	X_e	a_w	X_e	a_w	X_e
0,377	2,014	0,362	8,084	0,415	8,162
0,433	3,767	0,420	9,072	0,441	11,096
0,474	4,890	0,445	10,139	0,469	12,135
0,535	6,315	0,471	12,073	0,498	13,092
0,591	7,933	0,524	13,960	0,551	14,159
0,626	10,535	0,560	15,458	0,578	15,589
0,672	10,811	0,584	16,654	0,600	16,745
0,715	14,017	0,618	18,145	0,633	18,063
0,748	15,007	0,667	19,848	0,667	20,306
0,770	17,023	0,702	22,194	0,702	23,499
0,800	18,909	0,733	23,991	0,745	25,218
0,819	21,126	0,754	25,953	0,776	26,837
0,837	25,832	0,778	27,893	0,797	28,446
0,905	41,699	0,802	30,322	0,824	31,746
0,920	46,555	0,838	38,273	0,935	71,401
		0,907	49,069	0,941	73,844
		0,933	55,028		

Tabela 4.6 - Valores de teores de água de equilíbrio (X_e) e atividade de água (a_w), a 20 °C, da formulação em pó com 25% de amido modificado secada nas diferentes temperaturas

Temperatura de secagem (°C)					
50		60 °C		70 °C	
a_w	X_e	a_w	X_e	a_w	X_e
0,364	2,057	0,474	4,419	0,362	2,739
0,438	3,350	0,536	7,353	0,414	4,098
0,465	4,354	0,583	9,902	0,453	5,233
0,503	5,460	0,623	12,745	0,486	6,173
0,532	6,563	0,653	14,314	0,512	7,404
0,559	7,613	0,671	15,980	0,552	8,694
0,591	8,477	0,725	19,412	0,590	10,639
0,626	9,732	0,776	19,706	0,627	12,427
0,675	12,112	0,79	21,863	0,658	13,589
0,714	14,069	0,817	23,431	0,699	15,533
0,741	15,842	0,828	24,706	0,737	17,705
0,771	17,705	0,839	26,765	0,763	19,517
0,788	19,187	0,851	28,137	0,782	20,941
0,807	20,622	0,911	45,725	0,807	23,528
0,915	37,159	-	-	0,908	44,620
0,920	44,825	-	-	0,931	47,012

Tabela 4.7 - Valores de teores de água de equilíbrio (X_e) e atividade de água (a_w), a 20 °C, da formulação em pó com 30% de amido modificado secada nas diferentes temperaturas

Temperatura de secagem (°C)					
50		60 °C		70 °C	
a_w	X_e	a_w	X_e	a_w	X_e
0,348	3,424	0,408	5,225	0,353	3,518
0,408	4,786	0,425	5,956	0,419	3,865
0,451	5,615	0,451	7,235	0,454	4,857
0,489	6,810	0,484	8,437	0,482	5,750
0,526	8,535	0,541	9,442	0,526	6,644
0,557	9,364	0,570	11,370	0,581	7,836
0,589	10,259	0,604	12,427	0,609	10,363
0,644	11,851	0,641	14,145	0,653	12,050
0,675	13,574	0,685	15,755	0,682	13,042
0,724	15,430	0,727	20,130	0,724	15,424
0,753	17,453	0,756	21,377	0,754	17,061
0,772	19,276	0,790	23,301	0,782	18,847
0,793	20,203	0,821	24,767	0,843	20,186
0,819	22,191	0,838	25,914	0,866	22,021
0,912	47,994	0,880	40,149	0,905	40,925
0,936	54,167	0,915	58,213	0,922	46,982

Na Tabela 4.8, apresentam os parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg às isotermas de adsorção de água da polpa do figo-da-índia em pó com 20% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tabela 4.8 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

	Temp. de			R^2	P (%)
	secagem	a	b		
Oswin	(°C)				
	50	6,0122	0,8488	0,9949	12,35
	60	13,7073	0,5492	0,9861	6,72
	70	12,4022	0,6493	0,9968	4,89

	Temp. de	X_m	C	K	R^2	P (%)
	secagem					
GAB	(°C)					
	50	5,9975	0,9496	0,9646	0,9964	8,10
	60	11,0027	2,2374	0,8787	0,9965	3,59
	70	7,1382	13,0259	0,9621	0,9963	5,22

	Temp. de	K_1	n_1	K_2	n_2	R^2	P (%)
	secagem						
Peleg	(°C)						
	50	78,5887	14,2580	28,1399	2,3786	0,9974	5,57
	60	31,6983	1,3452	46,7777	8,1351	0,9967	3,08
	70	118,5812	17,9066	38,8638	1.6192	0,9985	3,63

Observa-se, para o modelo de Oswin, que os coeficientes de determinação (R^2) foram maiores que 0,98 e os desvios percentuais médios (P) menores que 13%, apresentaram resultados satisfatórios para as temperaturas de secagem de 60 e 70 °C ($P < 10\%$), podendo-se considerar um bom ajuste do modelo aos dados experimentais das amostras secadas nessas temperaturas. BOQUET et al. (1978) consideram que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais, quando $P < 10\%$. PENA et al. (2000) encontraram, ao ajustar o modelo de Oswin às isotermas de adsorção do guaraná em pó nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, $R^2 > 0,99$. Observa-se que, com o aumento de temperatura de secagem das amostras, o parâmetro **a** aumentou entre 50 e 60 °C, enquanto **b** sofreu redução entre 50 e 60 °C. MEDEIROS (2007) também ajustou o modelo de Oswin às isotermas de adsorção de água da mangaba em pó nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, obtendo altos valores dos

coeficientes de determinação ($R^2 > 0,99$) e baixos valores para os desvios percentuais médios ($P < 5\%$).

O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das amostras secadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C foi de o Peleg apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,99$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 6\%$). O modelo de Peleg também foi considerado o que melhor se ajustou aos dados experimentais, por LOUREIRO (2006) e GURJÃO (2006), ao determinarem as isotermas de adsorção de água do buriti em pó e do tamarindo em pó, respectivamente.

O modelo de GAB também proporcionou bons ajustes, com valores de $R^2 > 0,99$ e de $P < 10\%$. LAHSASNI et al. (2004) obtiveram ao determinar as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C, do figo da índia desidratado a 50 °C para o modelo de GAB $R^2 > 0,99$ e $P < 6\%$. No parâmetro K do modelo de GAB, que representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido, observam-se valores entre 0,8787 e 0,9646; valor inferior foi encontrado por TELIS & SOBRAL (2001) ao avaliarem as isotermas de adsorção de água a 25 °C do abacaxi liofilizado em pó ($K = 0,815$) e dentro desta faixa, por AL-MUHTASEB et al. (2004) ao determinarem a isoterma de adsorção de água do amido da batata a 30 °C que obteve valor de K de 0,907.

O valor de X_m é de interesse particular uma vez que indica a quantidade de água que está fortemente adsorvida aos sítios específicos na superfície dos alimentos e é considerado o valor ótimo para assegurar a estabilidade dos alimentos (BENEDETTI et al., 2011). O valor de X_m do modelo de GAB variou entre 5,9975 e 11,0027% b.s. PEDRO et al. (2010) encontraram X_m , para isoterma a 20 °C, dentro desta faixa (6,38% b.s.) para o maracujá em pó secado em bandejas em estufa a vácuo a 60 °C, durante 24 horas com adição de 55% de maltodextrina.

De acordo com a classificação de BLAHOVEC (2004) as isotermas são do tipo II quando os valores dos parâmetros do modelo de GAB estão dentro da seguinte faixa $0 < K \leq 1$ e $C > 2$ e do tipo III quando $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$, sendo assim as isotermas de adsorção de água do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado secado a 50 e 60 °C são classificadas como tipo III e a amostra secada a 70 °C como tipo II. SILVA et al. (2008a) também verificaram, para as isotermas de adsorção do açaí e cupuaçu em pó nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, comportamento típico de isotermas do tipo III.

Tem-se, na Figura 4.7, as isotermas de adsorção de água da polpa do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60

e 70 °C) com ajustes com o modelo de Peleg. Observa-se que as curvas das amostras secadas a 60 e 70 °C tiveram comportamento semelhante até atividade de água próxima a 0,8, e a amostra secada a 50 °C demonstrou na faixa de a_w entre 0 e 0,85, ser menos higroscópica do que as amostras secas a 60 e 70 °C; constata-se, então que as curvas estimadas pelo modelo de Peleg ficaram próximas aos dados experimentais.

No Apêndice B, Figuras B.1 e B.2, se encontram as isotermas de adsorção de água do figo da índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelos modelos de GAB e Oswin.

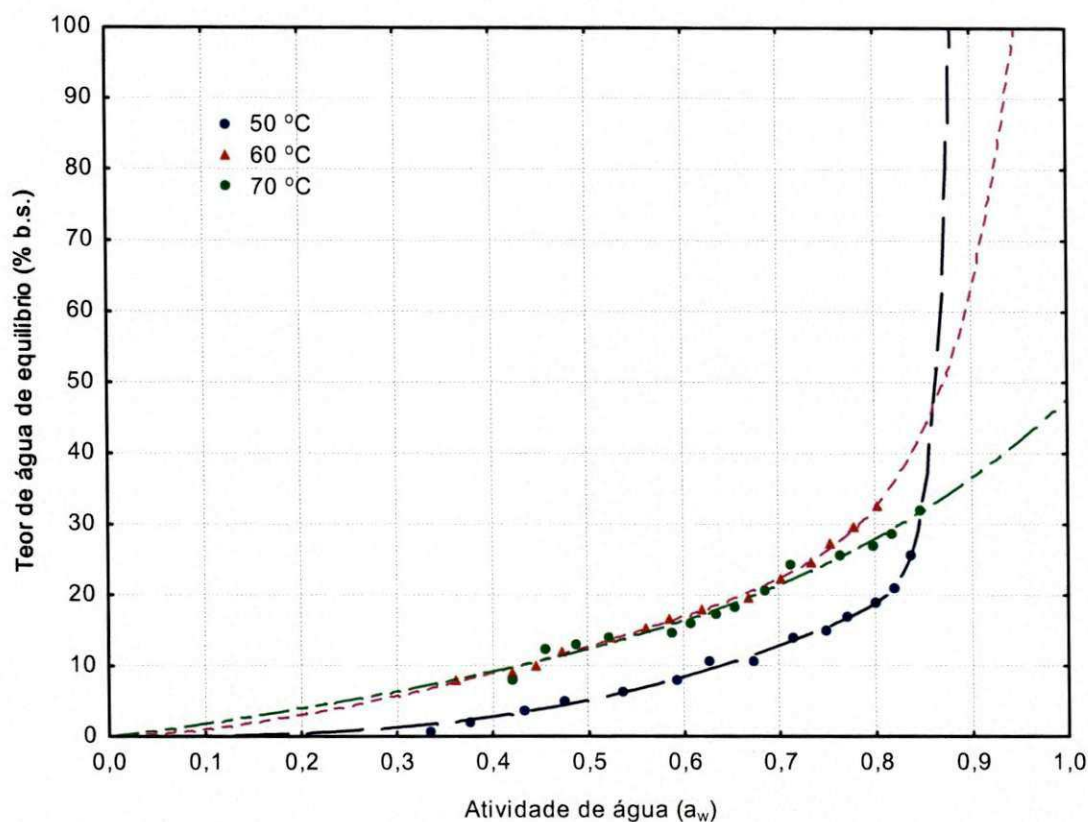


Figura 4.7 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Peleg

Na Tabela 4.9 se apresentam-se os parâmetros dos modelos de GAB, Oswin e Peleg ajustados as isotermas de adsorção de água da polpa do figo da índia em pó com 25% de amido modificado, seca nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

No ajuste com o modelo de Oswin verifica-se que os valores dos coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 0,98 considerados, portanto satisfatórios, mas os

valores dos desvios percentuais médios (P) foram acima de 10% nas amostras secadas a 60 e 70 °C, considerados altos. CEBALLOS et al. (2009) obtiveram, com o modelo de Oswin, desvio percentual médio de 5,332% em isotermas de adsorção de água de graviola em pó determinada na temperatura de 20 °C. O parâmetro **a** aumentou com o aumento da temperatura de secagem e **b** diminuiu com o aumento da temperatura de secagem. GOMES et al. (2002) verificaram que o parâmetro **a** do modelo de Oswin aumentou com o aumento da temperatura de determinação das isotermas de adsorção de água da acerola em pó (20, 25 e 30 °C).

Com o modelo de GAB os R^2 foram maiores que 0,97 e os valores de P menores que 12%, representando satisfatoriamente as isotermas para as amostras secadas nas temperaturas de 50 e 70 °C ($P < 10\%$). OLIVEIRA et al. (2011) encontraram, o modelo de GAB à isoterma de adsorção de água a 23 °C do sapoti liofilizado, $R^2 = 0,990$ e $E = 18,01\%$ e GUERRA et al. (2005) ao determinar a isoterma de adsorção do leite de búfala em pó a 25 °C, obtiveram com o modelo de GAB, $R^2 = 0,9946$ e $P = 8,4\%$; os parâmetros K, C e X_m não demonstraram comportamento bem definido com a temperatura. De acordo com BLAHOVEC (2004), as isotermas de adsorção de água do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado secado a 50, 60 e 70 °C, são do tipo III ($0 < K \leq 1$ e $0 < C \leq 2$).

O valor de X_m do modelo de GAB variou entre 5,6659 e 13,6372% b.s, valores próximos ao da amostra secada com 25% de amido modificado. Valor de X_m , determinado para a isoterma de adsorção de água a 20 °C superior, foi encontrado por GABAS et al. (2007) para o abacaxi em pó, de 16,6% b.s, secado em secador a vácuo.

Verificam-se no modelo de Peleg, os parâmetros de ajuste com os melhores valores, com $R^2 > 0,99$ e $P < 7\%$, valores semelhantes aos reportados por OLIVEIRA et al. (2006) para as isotermas de adsorção de água de pitanga em pó ($R^2 > 0,98$ e $P < 7\%$), obtida por secagem por aspersão, e por GURJÃO (2006) ao estudar as isotermas de adsorção de pó de tamarindo, nas temperaturas 20, 30, 40 e 50 °C, encontrando, para este modelo, $R^2 > 0,99$ e $P = 7\%$. Os parâmetros do modelo não apresentaram padrão de comportamento dependente da temperatura. CEBALLOS et al. (2009) verificaram que o parâmetro K_1 do modelo de Peleg aumentou com o aumento da temperatura (20, 30, 40 e 50 °C) de determinação das isotermas de adsorção de água da graviola em pó e os parâmetros K_2 e n_2 diminuíram com o aumento da temperatura.

Tabela 4.9 - Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção de água a 20 °C do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, secado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

	Temp. de			R²	P (%)		
	secagem (°C)	a	b				
Oswin	50	6,5187	0,7713	0,9852	2,27		
	60	8,0769	0,7384	0,9811	11,70		
	70	8,2000	0,6991	0,9801	18,66		
	Temp. de	X_m	C	K	R²	P (%)	
	secagem (°C)						
GAB	50	8,4781	0,6679	0,9154	0,9904	9,16	
	60	5,6659	2,8556	0,9652	0,9794	11,80	
	70	13,6372	0,5099	0,8675	0,9945	7,39	
	Temp. de	K₁	n₁	K₂	n₂	R²	P (%)
	secagem (°C)						
Peleg	50	37,3032	2,8237	97518,98	105,0217	0,9997	2,27
	60	433,8709	36,7202	39,9815	2,5279	0,9911	6,92
	70	45,8122	10,5243	31,4962	2,2072	0,9952	5,13

Tem-se, na Figura 4.8, as isotermas de adsorção de água da polpa do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes com o modelo de Peleg, considerado o melhor modelo dentre os testados. Constata-se que as três curvas são muito próximas, principalmente as curvas das amostras secadas a 60 e 70 °C; a amostra secada a 50 °C demonstrou, na faixa de a_w entre 0 e 0,90, ser menos higroscópica que as amostras secadas a 60 e 70 °C; no Apêndice B. Figuras B.3 e B.4, se encontram as isotermas de adsorção de água do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelos modelos de GAB e Oswin.

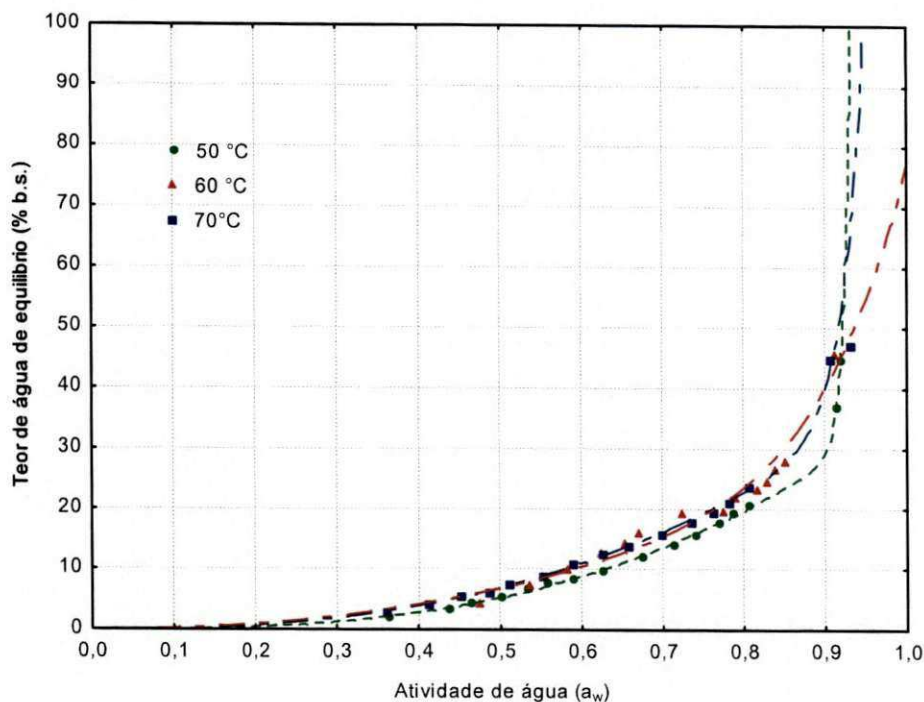


Figura 4.8 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Peleg

Na Tabela 4.10 estão os parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção de água pelos modelos de GAB, Oswin e Peleg da polpa do figo-da-índia em pó com 30% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Para o modelo de Oswin verificaram valores de $R^2 > 0,96$ e $P > 11\%$, podendo ser usado na estimativa das isotermas de adsorção de água das amostras secadas com 30% de amido modificado. SANTOS et al. (2004) obtiveram melhores ajustes com o modelo de Oswin para as isotermas de adsorção de água de mandioca, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com $R^2 > 0,99$ e $P < 10\%$.

O modelo de GAB resultou em ajustes com $R^2 > 0,97$ e $P < 16\%$. BEZERRA et al. (2010) encontraram, para a isoterma de adsorção de água da manga espada em pó na temperatura de 23 °C, obtida por secagem em estufa a vácuo a 61 °C, $R^2 = 0,999$ e $P = 2,861\%$. Nota-se, para as amostras com 30% de amido secadas a 50 e 60 °C, que se pode usar o modelo de GAB na estimativa das isotermas ($P < 10\%$); os parâmetros X_m e C diminuíram com o aumento da temperatura de secagem.

O valor de X_m do modelo de GAB variou entre 3,8485 e 6,0557% b.s, com o menor valor inferior ao das amostras secadas com 20 e 25% de amido modificado. OLIVEIRA et

al. (2011) encontraram, para o sapoti liofilizado, valor superior de X_m , para a temperatura de 23 °C, de 8,345% b.s.

De acordo com a classificação de BLAHOVEC (2004) a isoterma de adsorção de água do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado secado a 50 °C, é do tipo III ($0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$) e as amostras secadas a 60 e 70 °C são do tipo II ($0 < K \leq 1$ e $C > 2$).

O modelo de Peleg com $R^2 > 0,98$ e $P < 9\%$ foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. ALEXANDRE et al. (2007) também verificaram, para as isotermas de adsorção de água da pitanga em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C que, dentre os modelos testados, o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Peleg ($R^2 > 0,98$ e $P < 4\%$).

Tabela 4.10 - Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção de água a 20 °C do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, secada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

	Temp. de secagem (°C)	a	b	R ²	P(%)		
Oswin	50	7,5326	0,7530	0,9907	7,57		
	60	8,0390	0,8143	0,9848	7,71		
	70	6,2199	0,8093	0,9697	10,93		
	Temp. de secagem (°C)	X _m	C	K	R ²	P(%)	
GAB	50	6,0557	1,6490	0,9599	0,9932	6,01	
	60	4,9489	7,5645	0,9995	0,9875	9,26	
	70	3,8485	6,4392	0,9970	0,9707	15,43	
	Temp. de secagem (°C)	K ₁	n ₁	K ₂	n ₂	R ²	P(%)
Peleg	50	24,3406	1,7376	75,3600	12,0613	0,9954	4,79
	60	35,5852	2,0533	243,3635	24,0895	0,9951	4,25
	70	271,9082	29,6805	29,1780	2,1659	0,9850	8,15

Na Figura 4.9 tem-se as isotermas de adsorção de água da polpa do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes com o modelo de Peleg, considerado o melhor modelo dentre os

testados. Verifica-se que as três curvas são muito próximas, com pequena diferença na curva da amostra secada a 70 °C demonstrando na, faixa de a_w entre 0 e 0,90, ser menos higroscópica que as amostras secadas a 50 e 60 °C; no Apêndice B, Figuras B.5 e B.6, se encontram as isotermas de adsorção de água do figo da índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelos modelos de GAB e Oswin.

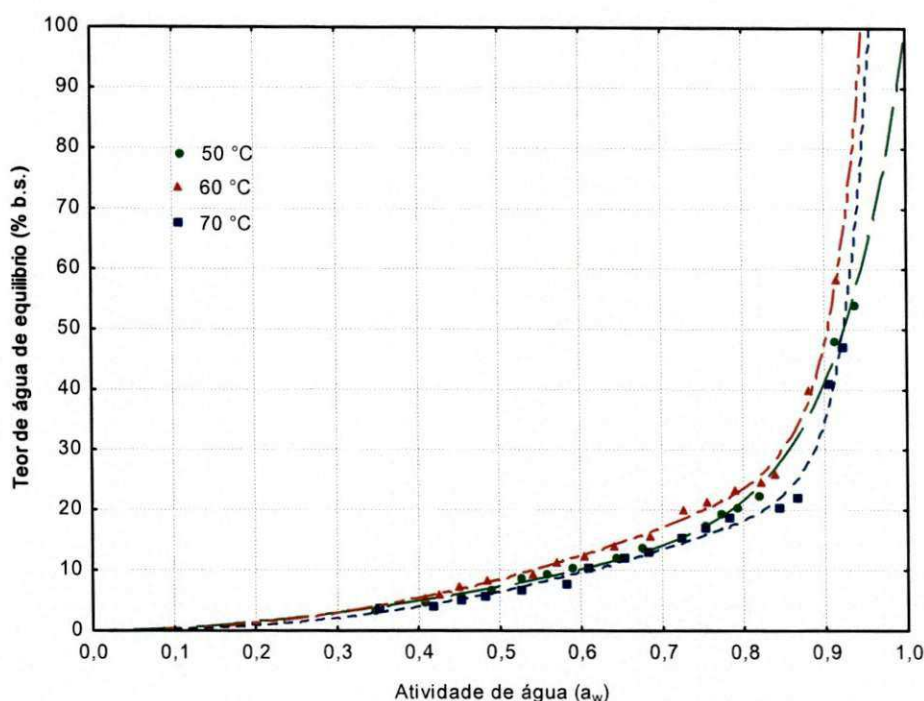


Figura 4.9 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, secada nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Peleg

4.4 - Caracterização das amostras em pó

Nas Tabelas C.1 a C.10 (Apêndice C), tem-se as análises de variância dos parâmetros avaliados (pH, acidez total titulável, açúcares totais e redutores, ácido ascórbico, atividade de água, sólidos solúveis totais, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo), nas amostras de figo-da-índia em pó, usando-se esquema fatorial 3 (concentração de amido) x 3 (temperatura de secagem). Observa-se que houve efeito significativo dos fatores avaliados (temperatura de secagem e concentração de amido) e sua interação a 1% de probabilidade pelo teste F, para os parâmetros pH e ácido ascórbico do figo-da-índia em pó; para a acidez total titulável e atividade de água foram

significativos a 1% de probabilidade pelo teste F, os fatores foram avaliados e a interação significativa a 5% de probabilidade; para os açúcares totais apenas a variável temperatura foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F a concentração de amido e a interação não foram significativos; para os açúcares redutores apenas a variável temperatura foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F, mas a concentração de amido e a interação não foram significativos; para os sólidos solúveis totais as variáveis, temperatura e concentração de amido, a interação não foram significativos; para a luminosidade a variável temperatura foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F e a concentração de amido foi significativa a 5% de probabilidade mas a interação não foi significativa; para a intensidade de vermelho a variável temperatura e a concentração de amido não foram significativas e mas interação foi significativa a 1% de probabilidade; para a intensidade de amarelo a variável temperatura foi significativa a 5% de probabilidade e a concentração de amido foi significativa a 1% de probabilidade enquanto a interação não foi significativa.

4.4.1 - pH

Observam-se na Tabela 4.11, os valores médios do pH do figo-da-índia em pó com diferentes concentrações de amido modificado e secada nas diferentes temperaturas. Analisando a influência da temperatura de secagem nos valores médios do pH para as formulações com as concentrações de 20, 25 e 30% de amido, verifica-se tendência de aumento do pH na temperatura de secagem de 70 °C com relação às demais temperaturas. Contrariamente, BASTOS et al. (2005) observaram que não houve influência estatisticamente significativa do aumento da temperatura de secagem de 70 °C para 85 °C sobre o pH das mangas em pó produzidas, obtendo os valores de 4,58 e 4,59, respectivamente. MELO (2008) verificou com o aumento da temperatura de secagem, uma tendência de aumento do pH das amostras em pó produzidas a partir da polpa do fruto do mandacaru, obtendo valores de pH de 5,11 a 5,51, próximos aos das amostras do figo-da-índia em pó do presente trabalho.

Com o aumento da concentração de amido não houve alteração significativa do pH das amostras em todas as temperaturas de secagem.

Os valores de pH das amostras em pó variaram entre 4,80 e 6,21, sendo superiores ao determinado por BEZERRA et al. (2011) para as mangas em pó das variedades Rosa e Tommy Atkins, que apresentaram valores de 3,44 e 3,80, respectivamente, secadas em estufa a vácuo a 61 °C, por 18 horas. Observa-se que as amostras em pó do figo-da-índia se

classificam como produtos com baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$), de acordo com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998).

Tabela 4.11 - Valores médios de pH do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	4,94 ± 0,00 bA	4,90 ± 0,00 bA	4,95 ± 0,00bA
60	4,80 ± 0,00 bA	4,86 ± 0,00 bA	4,88 ± 0,00bA
70	6,14 ± 0,00 aA	6,21 ± 0,00 aA	6,08 ± 0,00aA

DMS para colunas = 0,14; DMS para linhas = 0,14; MG = 4,88; CV% = 1,40

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

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

4.4.2 - Acidez total titulável

Observam-se que na Tabela 4.12, os valores médios da acidez total titulável (ATT) das amostras do figo-da-índia em pó. Analisando a influência do aumento da temperatura de secagem nos valores médios da acidez total titulável das amostras com adição de 20, 25 e 30% de amido modificado, constata-se que não houve comportamento padrão. Nas amostras com 20% de amido modificado, a diferença significativa apenas entre a ATT da amostra secada a 50 °C e a secada a 60 °C; nas amostras com 25% de amido modificado as médias da ATT das amostras seca a 50 °C e a 60 °C foram consideradas estatisticamente iguais e nas amostras com 30% de amido modificado as médias da ATT das amostras secada a 50 °C e a 70 °C também foram consideradas estatisticamente iguais.

Analisando a influência do aumento da concentração de amido modificado nos valores médios da acidez total titulável das amostras secadas a 50, 60 e 70 °C, constata-se que não houve comportamento padrão de redução nem aumento da ATT.

Nota-se pouca variação da acidez das amostras com médias entre 0,50 e 0,73% de ácido cítrico. BASTOS et al. (2005), verificaram que houve tendência de diminuição da acidez da manga em pó em função do aumento da temperatura de secagem, valores diferentes ao encontrados para o figo-da-índia em pó. SILVA et al. (2008b) constataram que não houve influência significativa do aumento da temperatura de secagem (50, 60, 70 e

80 °C) sobre a acidez total titulável das amostras de tamarindo em pó produzidas com valores variando entre 11,93 e 13,03 g_{at}/100 g_{ms}.

Tabela 4.12 - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	0,7000 aA	0,6000 bB	0,6000 aB
60	0,6000 bA	0,6000 bA	0,5000 bB
70	0,6667 abAB	0,7333 aA	0,6000 aB

DMS para colunas = 0,0897; DMS para linhas = 0,0897 ; MG = 0,6222; CV = 6,92%

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

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

A menor acidez total titulável obtida foi na temperatura de 60 °C e concentração de 30% de amido e a maior acidez foi na temperatura de 70 °C e com concentração de 25% de amido.

4.4.3 - Açúcares totais

Observam-se na Tabela 4.13, os valores médios dos açúcares totais das amostras do figo-da-índia em pó. Analisando o comportamento da temperatura de secagem e da concentração de amido nos valores médios dos açúcares totais constata-se que de modo geral, não houve influência dos mesmos nos resultados dos açúcares totais do figo-da-índia em pó.

As médias dos açúcares totais variaram entre 2,0000 e 2,4333% de glicose com o menor teor de açúcares obtido na temperatura de secagem de 50 °C e concentração de 25% amido e o maior teor na temperatura de 60 e 70 °C com concentração de 25% de amido. RAJKUMAR et al. (2007) encontraram, para flocos de manga desidratada valores de açúcares totais de 13,23 e 13,75% superiores portanto, aos das amostras do figo-da-índia em pó.

Tabela 4.13 - Valores médios dos açúcares totais (% glicose) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	2,1333 aA	2,0000 bA	2,1000 aA
60	2,2333 aA	2,4333 aA	2,4000 aA
70	2,2333 aA	2,4333 aA	2,2667 aA

DMS para colunas = 0,3991; DMS para linhas = 0,3991; MG = 2,2482% glicose; CV = 8,52%

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

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

4.4.4 - Ácido ascórbico

Observam-se na Tabela 4.14, os valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) das amostras do figo-da-índia em pó. Analisando a influência da temperatura nos valores médios do ácido ascórbico verifica-se, para as amostras com 20% de amido, que o menor valor foi obtido na temperatura de 50 °C devido provavelmente, ao maior tempo de secagem enquanto entre as temperaturas de 60 e 70 °C não houve diferença significativa entre as médias do teor de ácido ascórbico. SILVA et al. (2008b) verificaram que não houve influência significativa do aumento da temperatura de secagem entre 60, 70 e 80 °C sobre o teor de ácido ascórbico das amostras de tamarindo em pó produzidas e obtiveram valores entre 23,54 e 29,66 mg/100 g.

Para as amostras com 25% de amido o maior teor de ácido ascórbico foi verificado na temperatura de 60 °C e para as amostras com 30% de amido e os maiores teores foram nas temperaturas de 50 e 60 °C, demonstrando a proteção do amido sobre este parâmetro.

Com relação ao aumento da concentração de amido constata-se, na temperatura de 50 °C, que as médias foram estatisticamente iguais; nas temperaturas de 60 e 70 °C observa-se tendência de redução do teor de ácido ascórbico com o aumento da concentração de amido.

O menor teor de ácido ascórbico obtido foi encontrado na amostra secada a 70 °C (2,3000 mg/100 g) com 25% de amido e o maior na temperatura de 60 °C com 20% de amido (3,6333 mg/100 g). Constata-se que as amostras de figo-da-índia em pó

apresentaram baixos teores de ácido ascórbico, o que era previsto em razão da polpa integral ter apresentado baixo teor. FURTADO et al. (2010) também verificaram baixos teores de ácido ascórbico para a seriguela em pó secada com aditivos nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, que variaram entre 2,38 e 3,87 mg/100 g; UCHOA et al. (2008) constataram para o pó alimentício obtido da casca do maracujá na secagem a 65 °C, um valor de ácido ascórbico de 11,76 mg/100 g e OLIVEIRA et al. (2006) determinaram, no pó de pitanga obtido na secagem por aspersão teor de 36 mg/100 g.

Tabela 4.14 - Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	2,8667 bA	2,7333 bA	2,7667 aA
60	3,6333 aA	3,4000 aB	2,8000 aC
70	3,5333 aA	2,3000 cB	2,4667 bB

DMS para colunas = 0,1838; DMS para linhas = 0,1838 ; MG = 2,9444 mg/100 g; CV = 2,99%

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

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

4.4.4 - Açúcares redutores

Na Tabela 4.15 se acham os valores médios dos açúcares redutores das amostras do figo da índia em pó. Analisando os resultados, constata-se que não houve influência do aumento da temperatura de secagem nem do aumento da concentração de amido nas médias dos açúcares redutores.

As médias dos açúcares redutores das amostras do figo-da-índia em pó variaram em valores absolutos entre 0,83 e 1,10% de glicose. Comparando-se esses valores com a polpa integral, observa-se uma redução nos açúcares redutores das amostras em pó, provocada pela adição de amido. SOARES et al. (2001) encontraram conteúdo de açúcares redutores para a acerola em pó de 43.22%, para a amostra secada com adição de pectina cítrica, Emustab e Super liga neutra a 70 °C, valor este muito superior aos determinados no presente trabalho. LOUREIRO (2006) obteve valores médios dos açúcares redutores para o

buriti em pó variando entre 4,72 e 5,52% de glicose, sendo todos superiores aos encontrados no estudo do pó do figo-da-índia.

Tabela 4.15 - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	0,8333 aA	0,9333 aA	0,9333 aA
60	1,0333 aA	1,1000 aA	1,0667 aA
70	0,9000 aA	1,0667 aA	1,0000 aA

DMS para colunas = 0,3991; DMS para linhas = 0,3991; MG = 0,9852 % glicose; CV = 10,15%

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

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

4.4.5 - Atividade de água

Nota-se na Tabela 4.16, os valores médios da atividade de água das amostras do figo da índia em pó. Constata-se, para as amostras secadas com concentrações de 20 e 30% de amido, tendência de redução da atividade de água com o aumento da temperatura de secagem; para a amostra secada com 25% de amido não houve influência significativa do aumento da temperatura de secagem sobre a atividade de água.

Para as amostras secadas a 50 e 70 °C nota-se tendência de redução da atividade de água com o aumento da concentração de amido. Na temperatura de 60 °C as médias da atividade de água foram estatisticamente iguais com o aumento da concentração de amido.

Verifica-se que a menor média foi obtida na amostra secada a 70 °C com 30% de amido e a maior média foi para a amostra secada a 50 °C com 20% de amido.

As atividades de água das amostras de figo-da-índia em pó variaram entre 0,148 e 0,291, sendo consideradas alimentos de baixa umidade ($a_w < 0,60$) nos quais não há crescimento de micro-organismos (AZEREDO et al., 2004c). Valores próximos de atividade de água foram encontrados por PUA et al. (2007) para a jaca em pó, variando de 0,226 a 0,274.

Tabela 4.16 - Valores médios da atividade de água do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	0,291 aA	0,203 aB	0,232 aB
60	0,230 bA	0,217 aA	0,211 aA
70	0,238 bA	0,181 aB	0,148 bB

DMS para colunas = 0,051; DMS para linhas = 0,051; MG = 0,217; CV = 11,21%

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

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

4.4.6 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

Observa-se, na Tabela 4.17 que os valores médios dos sólidos solúveis totais do figo-da-índia em pó, não houve influência da temperatura e da concentração sobre este parâmetro. SOARES et al. (2001) encontraram teor de sólidos solúveis totais para a acerola em pó de 62,30 °Brix, para a amostra secada com adição de pectina cítrica, Emustab e Super liga neutra a 70 °C, sendo este valor superior aos determinados no presente trabalho.

Tabela 4.17 - Valores médios dos sólidos solúveis totais do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	50,00	50,00	50,00
60	50,00	50,00	50,00
70	50,00	50,00	50,00

4.4.7 - Luminosidade (L*)

Observam-se, na Tabela 4.18, os valores médios da luminosidade das amostras do figo-da-índia em pó. Constata-se, para as amostras secadas com concentrações de 20, 25 e 30% de amido, que não houve comportamento padrão da luminosidade com o aumento da temperatura. Verifica-se que, apesar das diferenças estatísticas entre as médias os, valores

foram muito próximos, indicando que essas pequenas diferenças podem ser devidos às diferenças naturais entre as partículas das amostras e não a uma tendência de comportamento.

Com relação ao aumento da concentração de amido nas amostras verifica-se para as amostras secadas a 50 °C, que não houve tendência de comportamento mas para as amostras secadas a 60 e 70 °C ocorreu tendência de aumento da luminosidade com o aumento da concentração de amido.

Tabela 4.18 - Valores médios da Luminosidade (L*) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	71,77 aC	73,59 aA	72,63 bB
60	69,28 bB	72,27 bA	72,46 bA
70	71,34 aB	71,75 bB	73,60 aA

DMS para colunas = 0,84; DMS para linhas = 0,84; MG = 72,07; CV = 0,56%

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

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

4.4.8 – Intensidade de vermelho (+a*)

Observam-se na Tabela 4.19, os valores médios intensidade de vermelho (+a*) das amostras do figo-da-índia em pó. Constata-se que não houve influência significativa do aumento da temperatura sobre os valores da intensidade de vermelho verificando-se que as médias são estatisticamente iguais, em todas as concentrações de amido. Com relação ao aumento da concentração de amido também não foi observada influência significativa sobre a intensidade de vermelho, com as médias apresentando valores estatisticamente iguais, em todas as temperaturas de secagem.

Tabela 4.19 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	0,35 aA	0,63 aA	0,48 aA
60	0,24 aA	0,55 aA	0,35 aA
70	0,21 aA	0,38 aA	0,28 aA

DMS para colunas = 0,6155; DMS para linhas = 0,6155; MG = 0,385; CV = 76,67%

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

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

4.4.9 – Intensidade de amarelo (+b*)

Observam-se, na Tabela 4.20, os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) das amostras do figo-da-índia em pó. Constata-se, com o aumento da temperatura de secagem, tendência de manutenção da intensidade de amarelo com as médias estatisticamente iguais nas amostras com 20 e 25% de amido e, nas amostras com 30% de amido, ocorreu apenas uma pequena diferença estatística da amostra secada a 50 °C com relação às demais temperaturas. QUEK et al. (2007) observaram, estudando a polpa da melancia secada por aspersão nas temperaturas de 145, 155, 165 e 175 °C, que com o aumento da temperatura foi notória uma tendência de aumento da intensidade de amarelo.

Com referência ao efeito do aumento da concentração de amido, verifica-se que houve tendência de redução da intensidade de amarelo, em todas as temperaturas de secagem.

Tabela 4.20 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó para as diferentes concentrações de amido modificado e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Concentração de amido modificado (%)		
	20	25	30
50	33,89 aA	32,61 aA	29,30 bB
60	34,28 aA	32,63 aAB	31,75 aB
70	35,18 aA	32,39 aB	31,51 aB

DMS para colunas = 1,71; DMS para linhas = 1,71; MG = 32,61; CV = 2,52%

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

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

5 - CONCLUSÕES

Caracterização da polpa do figo-da-índia integral

➤ A polpa do figo-da-índia integral apresentou alto teor de água (88,26%) e de atividade de água (0,970), baixo conteúdo de ácido ascórbico (11,934 mg/100 g), pouco ácida (pH > 4,5) e com considerável teor de sólidos solúveis totais.

Cinéticas de secagem

➤ A temperatura exerceu influência significativa sobre as cinéticas de secagem das polpas de figo-da-índia com adição de diferentes concentrações de amido, com os tempos de secagem diminuindo com o aumento da temperatura.

➤ A temperatura do processo de secagem das polpas de figo-da-índia com adição de diferentes concentrações de amido, através da qual se obtiveram os menores tempos de secagem, foi a 70 °C, em que os tempos foram de 405, 480 e 240 minutos para as amostras com 20, 25 e 30% de amido, respectivamente;

➤ Os modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli et al. se ajustaram bem aos dados experimentais das secagens das polpas de figo-da-índia com adição de diferentes concentrações de amido, podendo ser utilizados na predição das cinéticas de secagem, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Isotermas de adsorção de água

➤ Verificou-se, para todas as amostras em pó secadas a 50, 60 e 70 °C e com diferentes concentrações de amido, que o teor de água de equilíbrio aumentou com o aumento da atividade de água;

➤ O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água do pó desidratado a 50, 60 e 70 °C com concentração de 20, 25 e 30% de amido foi o de Peleg;

➤ As isotermas de adsorção de água do figo-da-índia em pó adicionado de 20 e 30% de amido modificado, foram classificadas dependendo da temperatura de secagem, como tipo II e III e todas as isotermas com concentração de 25% de amido foram classificadas como de tipo III.

Caracterização das polpas do figo-da-índia em pó

- A acidez total titulável das amostras em pó não apresentou comportamento padrão de aumento ou de redução em relação à temperatura de secagem e concentração de amido;
- O pH das amostras em pó secadas a 70 °C apresentou valores superiores em relação às demais temperaturas de secagem;
- Os sólidos solúveis totais (°Brix), os açúcares totais e os redutores das amostras de figo-da-índia em pó, não sofreram influência da temperatura de secagem nem da concentração do amido;
- As amostras de figo-da-índia em pó apresentaram baixos teores de ácido ascórbico;
- Baseado nos valores das atividades de água das amostras de figo-da-índia em pó as mesmas foram consideradas alimentos de baixa umidade ($a_w < 0,60$).

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JUNIOR, P. C.; CORREA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n. 3, p. 349-353, 1999.

ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, W. O.; SOUZA, C. P. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: UFPB, 2002. v. 1, 198 p.

ALEXANDRE, H. V. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MELO, K. S. Cinética de secagem da polpa de pitanga formulada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. CD.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

AL-MUHTASEB, A. H.; McMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders Part 1: mathematical description of experimental data. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 297-307, 2004.

ALVARADO, J. D.; ROMERO, C. H. Physical properties of fruits: I-II Density and viscosity of juices as functions of soluble solids and content and temperature. **Latin American Applied Research**, v. 19, n. 15, p. 15-21, 1989.

ALVES, R. E. **Qualidade de acerola submetida a diferentes condições de congelamento, armazenamento e aplicações pós-colheita de cálcio**. 1999. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALVES, R. M. V.; BORDIM, M. R.; GARCIA, E. E. C. Aplicações de um modelo matemático na estimativa da vida-de-prateleira de biscoitos “cream craker”. **Coletânea do ITAL**, v. 26, n. 1, p. 89-101, 1996.

AMABIS, J. M. *Biologia*. 3ª Ed. São Paulo: Moderna, 2010. Disponível em: <<http://aphoenicopterus.wordpress.com>> Acesso: 5 fev. de 2012.

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

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. Ed. Gaithersburg: Patricia Cunniff, 1997. v.2, 1141 p.

ARAÚJO, M. E. R.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M. Atividade de água em goiaba (*Psidium guajava* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD.

ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, L. S. C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, F. L. H. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótica para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n. 3, p. 379-384, 2005.

ARECES, A. Cactaceae. In: SMITH, N.; MORI, S. A.; HENDERSON, A.; STEVENSON, W. D.; HEALD, S. V. **Flowering plants of the Neotropics**. Princeton and Oxford University Press, 2004. p. 73-76.

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. Cap. 5. p. 97-133.

AZEREDO, H. M. C.; BRUTO, E. S.; GARRUTI, D. S. Alterações químicas durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004b. Cap. 2, p. 37-64.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbiológicas durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004c. Cap. 1. p. 19-35.

BABALIS, S. J.; PAPANICOLAOU, E.; KYRIAKIS, N.; BELESSIOTIS, V. G. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214, 2006.

BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; FAGEIA, N. K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 71 p. (Embrapa CNPAF, Documentos, 49)

BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F.; ICHASO, C. L. F.; COSTA, C. G.; PEIXOTO, A. L. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, EDUSP, 1978. v. 1, 255 p.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Ed. Atheneu, 1998. v. 3., 317 p.

BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAUJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Desidratação da polpa de manga "Tommy Atkins" utilizando a técnica de foam mat drying: avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.

BeMILLER, J. N. Starch-based gums. In: WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. **Industrial gums: polysaccharides and their derivatives**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 1993. p. 579-600.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BENEDETTI, P. C. D.; PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Influence of encapsulating materials on water sorption isotherms of vacuum-dried persimmon pulp powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, n. 4, p. 423-431, 2011.

BEZERRA, S. B. L.; VERAS, A. S. C.; SILVA, D. K. A.; FERREIRA, M. A.; PEREIRA, K. P.; ALMEIDA, J. S.; SANTOS, J. C. A. Componentes não integrantes da carcaça de cabritos alimentados em pastejo na Caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 751-757, 2010.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v. 58, n.3, p. 278-283, 2011.

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, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 222 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 306 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992.

BOQUET, R; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: II. Evaluation of various two-parameter models. **Journal of Food Technology**, v. 3, n. 4, p. 319-327, 1978.

BRANDAO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUZA, P. H. M. Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 139-145, 2003.

BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. **Química e bioquímica do processamento**. Brasília: ABEAS, 1998. 109 p. (Curso de tecnologia em processamento de sucos e polpas tropicais - Módulo 5).

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

CANUTO, T. M.; PIRES, V. C. F.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; BARBOSA, A. S. Avaliação da composição físico-química da polpa do fruto da palma. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTINO DE QUÍMICA, 1., 2007, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2007. CD.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CARVALHO, F. F. R.; BELTRÃO FILHO, E. M. Característica químicas e sensoriais do leite de cabra Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 694-702, 2008.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ZANINI, H. L. H. T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) em diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixa temperatura. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 488-498, 2005.

CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Evaluación de varios modelos de isotermas de adsorción de agua en um polvo de fruta deshidratada. **Vector**, v. 4, p. 107 – 116, 2009.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

- CHAVES, J. B. P. **Controle de qualidade para indústria de alimentos**. Viçosa: UFV, 1994. 31 p.
- CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos**. Viçosa: UFV, 1993. 133 p.
- CHAVES, M. G.; SGROPPO, S. C.; AVANZA, J. R. Cinética de secado de berenjenas (*Solanum melongena* L.). **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, Corrientes, E-060, p. 1-4, 2003.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.
- CHITARRA, M. I. F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 1-58.
- CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. Microflora. I: CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1974. p. 158-192.
- CIABOTTI, E. D.; BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamento inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 51-60, 2000.
- COELHO, R. R. P.; FERREIRA-NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Características físicas e físico-químicas do fruto da palma cultivado na região do Curimataú Paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD-ROM.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.

COUTO, S. R. L. M.; BOTTINO, T. R.; GREGORIO, S. R. Identificação de fontes de vitamina C em polpas de frutas comerciais congeladas e concentradas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA. CD.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos de potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3. Cap. 16, p. 449-474. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino americanas).

DANTAS, H. J.; SILVA, A. S.; LIMA, E. E.; FARIAS, P. A.; ANDRADE, M. A. Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat drying). In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3., 2008, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2008. CD. p. 1-4.

DONADIO, L. C.; NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: Funep, 1998. 279 p.

DOYMAZ, I. Convective drying kinetics of strawberry. **Chemical Engineering and Processing**, v. 47, n. 5, p. 914-919, 2008.

FARIAS, E. S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, L. A.; NASCIMENTO, J. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Ed. Universitária / UFPB, 2004. 229 p.

FREITAS, J. C. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MELO K. S. Cinética de secagem de manga fatiada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Bonito: SBEA, 2007.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 9-14, 2010.

GABAS, A. L. **Secagem de uva Itália em leite fixo**. 1998. 135 f. Dissertação (Mestrado em 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**, v. 82, n. 2, p. 246-252, 2007.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998. 284 p.

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

GOMES, W. C. **Secagem por aspersão da polpa de buriti**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 1, p. 73-83, 2008.

GUERRA, R. B.; NEVES, E. C. A.; ENA, R. S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 443-447, 2005.

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

GURJÃO, K. C. O.; SILVA, A. S. A.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma (foam-mat drying). In: ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Proceedings...** Vitória: ISTH, 2008. v. 54. p. 1-5.

GURRIERI, S.; MICELI, L.; LANZA, C. M.; TOMASELLI, F.; BONOMO, R. P.; RIZZARELLI, E. Chemical characterization of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus Indica*) and perspectives for the storage of its juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 11, p. 5424-5431, 2000.

HIMMELBLAU, D.M. **Engenharia química: princípios e cálculos**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998. 592 p.

HUNT, D.; TAYLOR, N. The genera of cacteaceae: progress toward consensus. **Bradleya**, v. 8, p. 85-107, 1990.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. Dehydration of fruits and vegetables: recent developments in principles and techniques. **Drying Tecnology**, v.10, n. 1, p. 1-50, 1992.

KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 7. ed. São Paulo: Roca, 1991. 981 p.

KROKIDA, M. K.; KARATHAMOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MAROULIS-KOURIS, D. Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 4, p. 391-403, 2003.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; KECHAOU, N. Experimental study and modeling of adsorption and desorption isotherms of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 3, p. 201-207, 2002.

LAHSANNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M. Adsorption-desorption isotherms and heat sorption of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). **Energy Conversion and Management**, v. 45, n. 2, p. 249-261, 2004.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman & Hall, 1998. 819 p.

LIMA, E. E. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

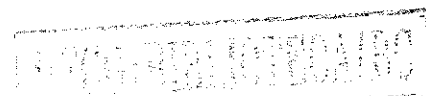
LIMA, J. R.; MARTINS, S. C. S.; SILVA, J. L. A. Avaliação de polpas de frutas congeladas comercializadas no estado do Ceará através de indicadores microbiológicos. **Revista Higiene Alimentar**, v. 15, n. 88, p. 62-66, 2001.

LISBOA, C. G. C. Armazenamento de figo-da-índia em pó sob atmosfera controlada. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Campina Grande, Campina Grande.

LOUREIRO, M. N. Desidratação da polpa de buriti e armazenamento do produto seco. 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB.

MARQUES, L. F.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCATI MATA, M. E. R. M; NUNES, L. S.; COSTA, T. L.; COSTA, P. B. S.; DUARTE, S. T. G. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 161-170, 2007.

MCLAUGHLIN, C. P.; MAGEE, T. R. A. The determination of sorption isotherm and the isosteric heats of sorption for potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 3, p. 267-280, 1998.



MEDEIROS, J. **Secagem e armazenamento de polpa de mangaba**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MEDEIROS, D. C.; CAVALCANTE, A. J.; ALSINA, S. L. O. Estudo da desidratação osmótica da fruta da palma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 2, p. 153-162, 2006.

MEDINA, E. M. D.; RODRÍGUEZ, M. R.; ROMERO, C. D. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits. **Food Chemistry**, v. 103, n. 1, p. 38-45, 2007.

MELO, J. C. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, 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, 1., 2008. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. CD.

MELO, K. L. **Secagem de polpa do fruto do mandacaru**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto frutal, 2003. 87 p.

MOßHAMMER, M. R.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Development of a process for the production of a betalain-based colouring foodstuff from cactus pear. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 2, p. 221-231. 2005.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York: Gordon and Breach, 1980. 407 p.

MORAES, R. R. Refratometria. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/ciência/documentos/REFRAT%D4METRO.PDF>>. Acesso em: 27 Mar. 2007.

MORETTO, A. S.; DISTEL, R.A.; DIDONE, N. G. Decomposition and nutrient dynamic of leaf litter and roots from palatable and unpalatable grasses in a semi-arid grassland. **Applied Soil Ecology**, v. 18, n. 1, p. 31-37. 2001.

NASCIMENTO, T. E.; RAMOS, J. D.; MENEZES, J. B. Características físico-químicas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 20, n. 1, p. 33-38, 1998.

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

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos das polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p.326-332, 1999.

OLIVEIRA, R. P. S. **Determinação das propriedades físicas e de transporte de suco de acerola**. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 83-94, 2008.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Seleção de processos e equipamentos de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006.

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**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 993-1000, 2010.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering**, v. 16, n. 1, p. 21-37, 1993.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicações de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição das isotermas de adsorção de umidade de guaraná (*Paullinia cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 8-11, 2000.

PEREIRA, T. B. B.; FIGUEIRÉDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Secagem de polpa de graviola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007. **Anais...** Bonito: SBEA, 2007. v. CD Rom. p. 1-4.

PRADO, M. E. T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L) para obtenção de tâmara passa**. 1998. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PUA, C. K.; HAMID, N. S. A.; RUSUL, G.; RAHMAN, R. A. Production of drum-dried jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder with different concentration of soy lecithin and gum Arabic. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 2, p. 630–636, 2007.

QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; GRANDEIRO, A. A. Características físico-químicas de polpa de figo-da-índia concentradas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004.CD.

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.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 452-459, 2007.

RAMOS, A. M.; IBARZ, A. Density of juice and fruit purê as a function of soluble solids content and temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 1, p. 57-63, 1998.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher/Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

SALATA, C. C. **Produção de resfriante a partir de suco integral congelado e suco desidratado de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*): avaliação físico-química, sensorial e econômica**. 2003. 176 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UNESP, Botucatu.

SANTOS, F. S. A.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade de farinhas de mandioca temperadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 2, p. 149-155, 2004.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 895-901, 2008a.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.6, p. 1899-1905, 2008b.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA FILHO, R. C. **Introdução à química experimental**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 296 p.

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

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças, In: OETTERER, M; D'ARCE, M. A. B. R.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. Cap. 12, p. 565-604.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2. ed. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2006. 113 p.

TELES, C. S. **Avaliação física, química e sensorial de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *Acephala*) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada**. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A. Glass transitions and state diagram for freeze-dried pineapple. **Lebensmittel Wissenschaft & Technology**, v. 34, n. 4, p. 199-205, 2001.

TORRES NETO, A. B.; FEITOZA, A. C. O.; SILVA, W. B.; SILVA, F. L. H. Estudo da produção de vinagre da fruta da palma forrageira por Processo de fermentação batelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2007.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma (foam-mat) de suco de tomate**. 1971. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

VAN HUNG, P. V.; MAEDA, T.; MORITA, N. Waxy and high-amylose wheat starches and flours –characteristics, functionality and application. **Food Science and Technology**, v. 17, n.8, p. 448-456, 2006.

YAZDAMI, M.; SAZANDEHCHI, P.; AZIZI, M.; GHOBADI, P. Moisture sorption isotherms and isosteric heat for pistachio. **European Food Research Technology**, v. 223, n. 5, p. 577-584, 2006.

ZHANG, X. W.; LIU, X.; GU, D.X; ZHOU, W.; WANG, R. L.; LIU, P. Desorption isotherm of some vegetables. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 70, n. 3, p. 303-306, 1996.

ZOBEL, H. F.; STEPHEN, A. M. Starch: structure, analysis, and application. In: STEPHEN, A. M. **Food polysaccharides and their applications**. (Ed.) STEPHEN, A. M. (Ed.) New York, p. 19-65, 1995.

APÊNDICE A

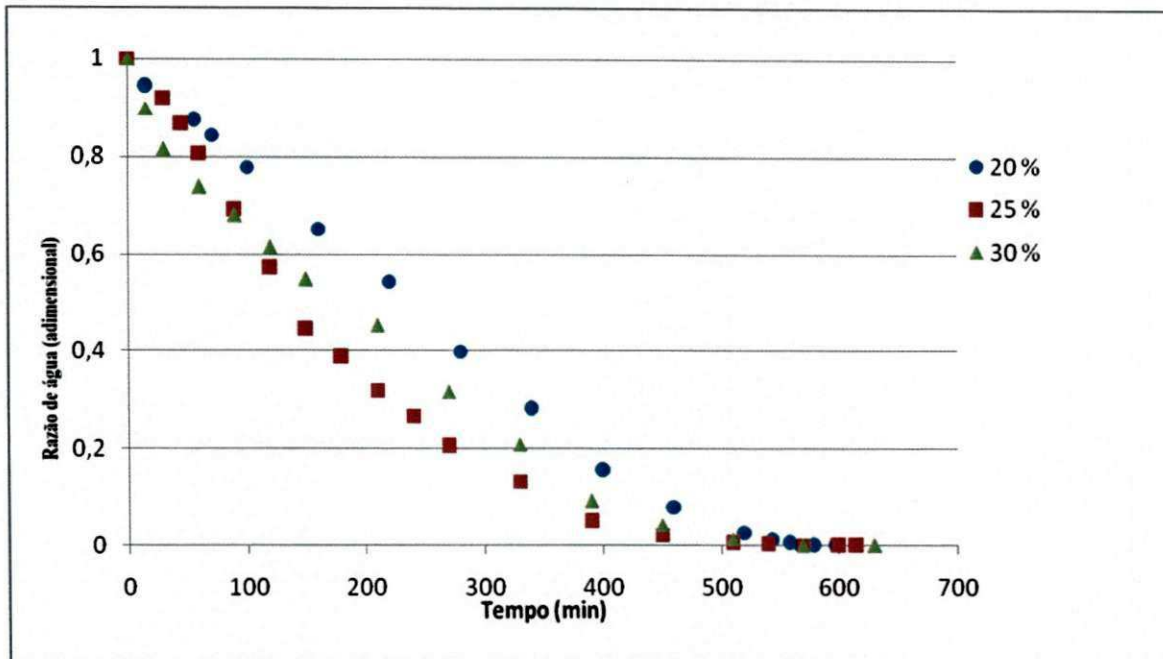


Figura A.1 - Curvas de cinética de secagem, a 50 °C, das formulações elaboradas com a polpa de figo-da-índia e diferentes concentrações de amido modificado (20, 25 e 30%)

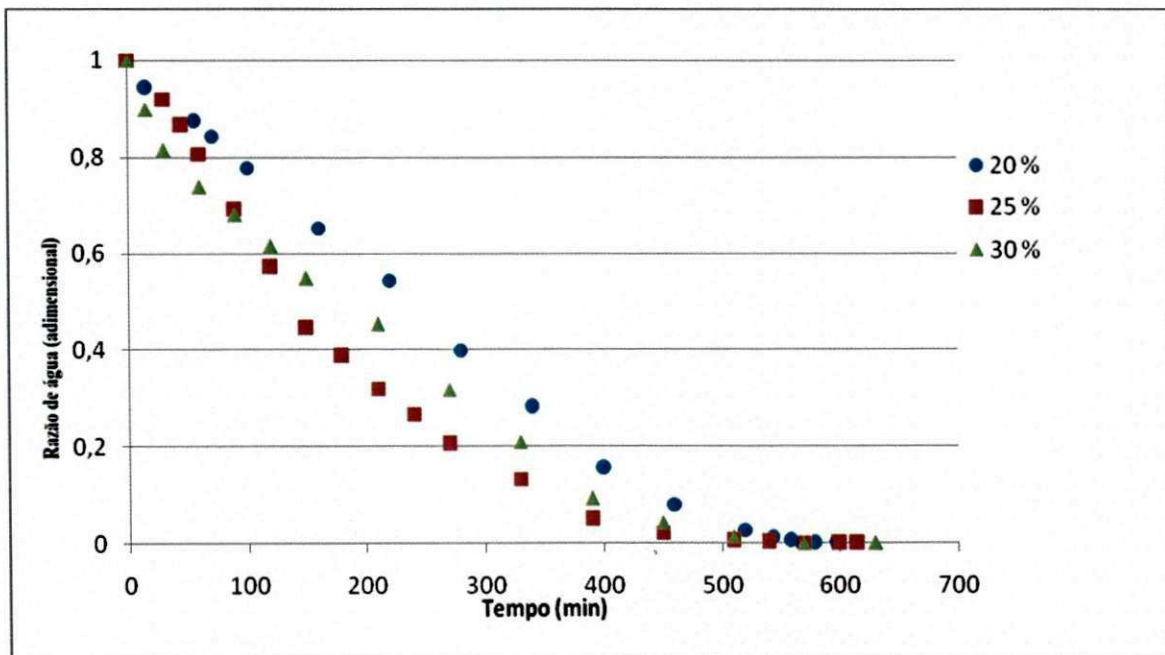


Figura A.2 - Curvas de cinética de secagem, a 60 °C, das formulações elaboradas com a polpa de figo-da-índia e diferentes concentrações de amido modificado (20, 25 e 30%)

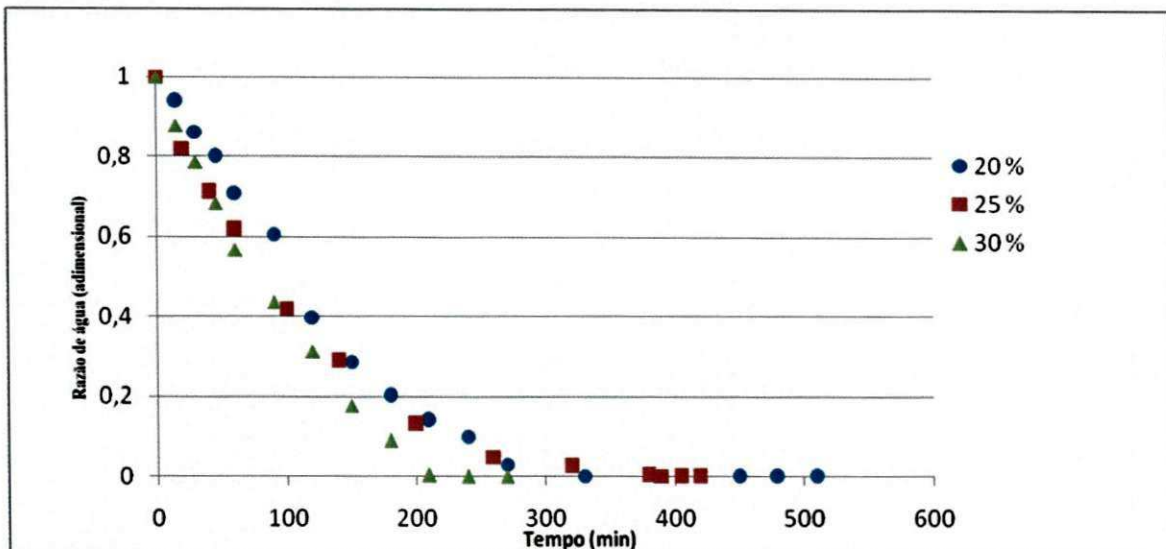


Figura A.3 - Curvas de cinética de secagem, a 70 °C, das formulações elaboradas com a polpa de figo-da-índia e diferentes concentrações de amido modificado (20, 25 e 30%)

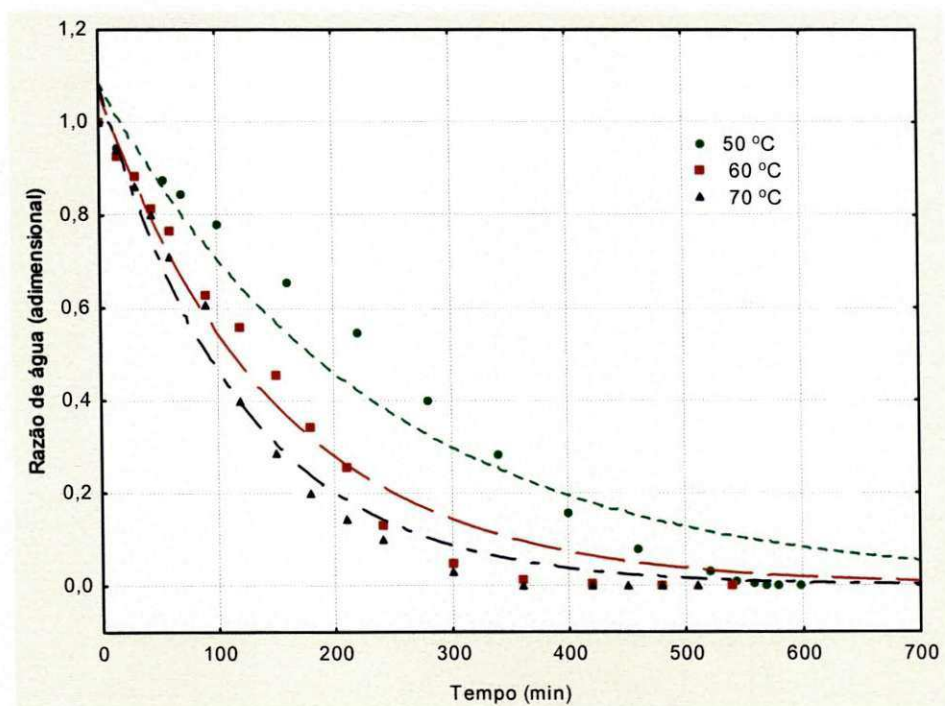


Figura A.4 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

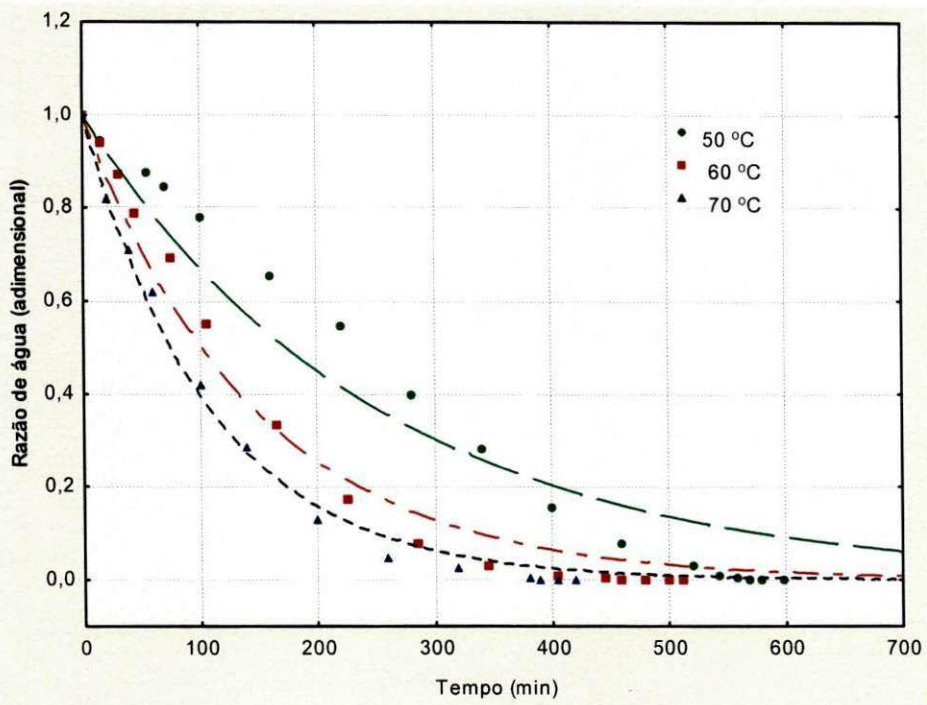


Figura A.5 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Lewis

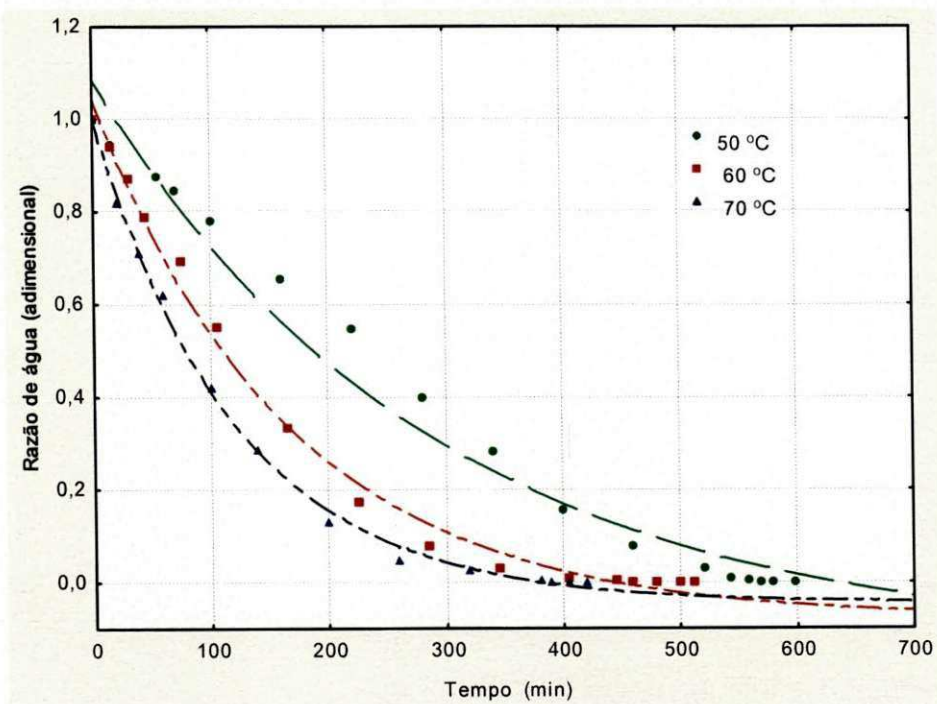


Figura A.6 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Logarítmico

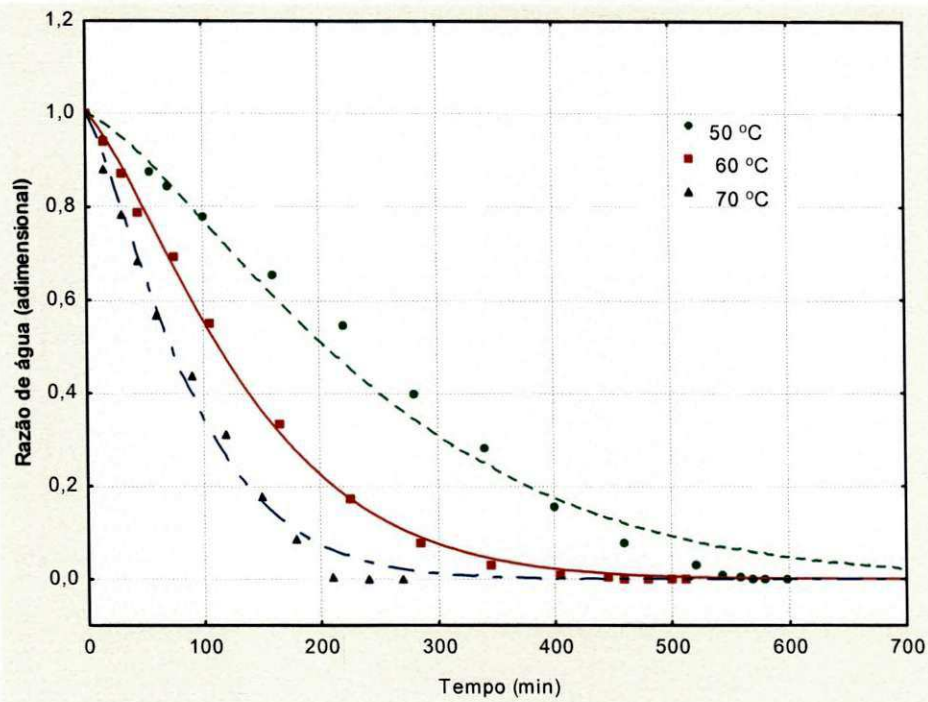


Figura A.7 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 20% de amido modificado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelo modelo de Page

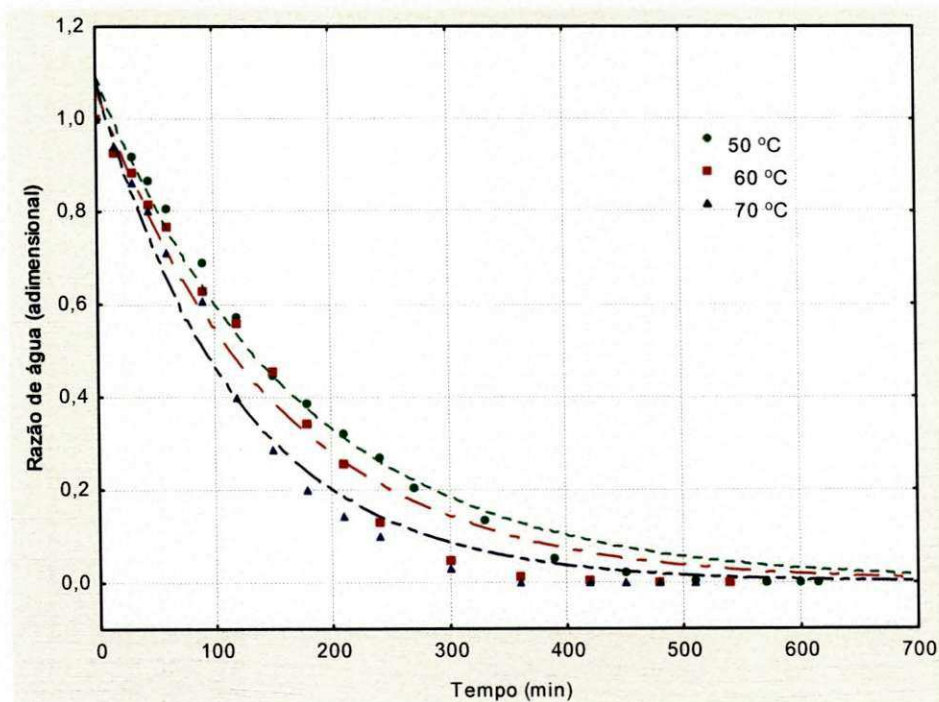


Figura A.8 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

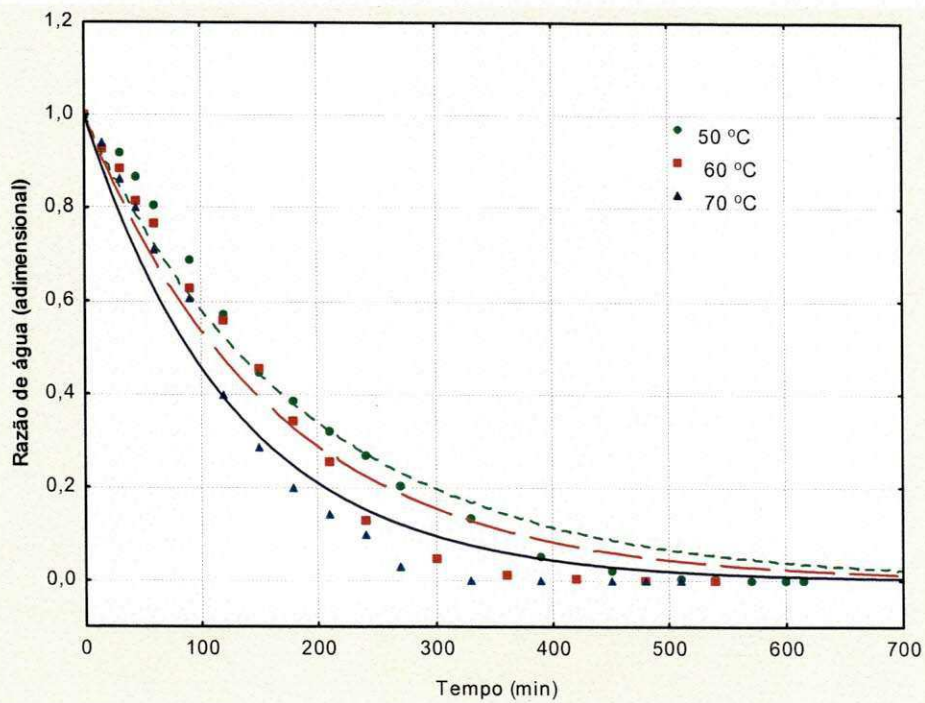


Figura A.9 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Lewis

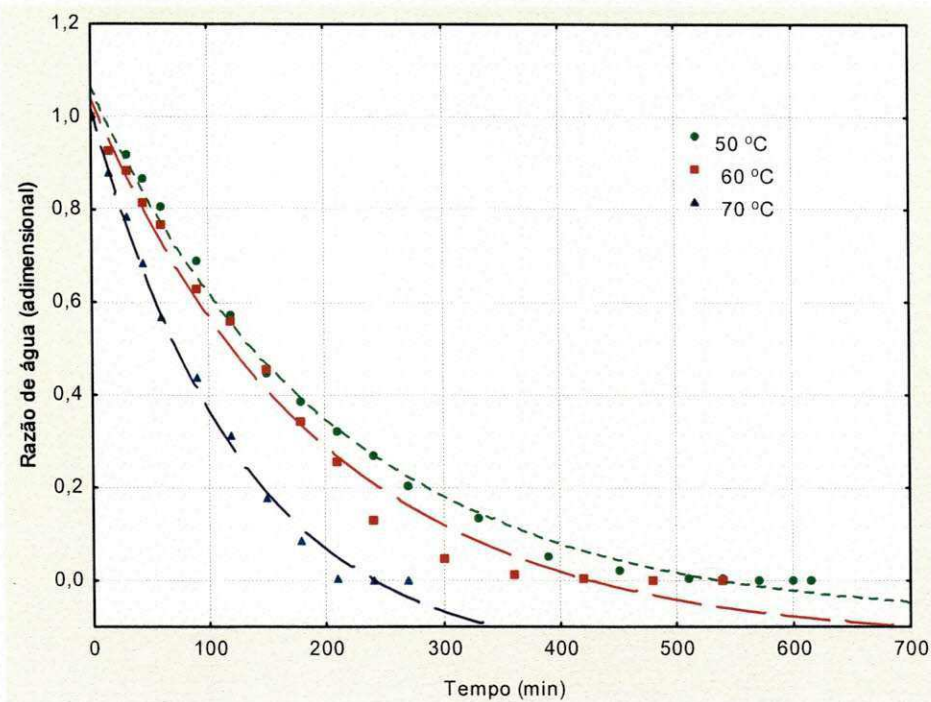


Figura A.10 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Logarítmico

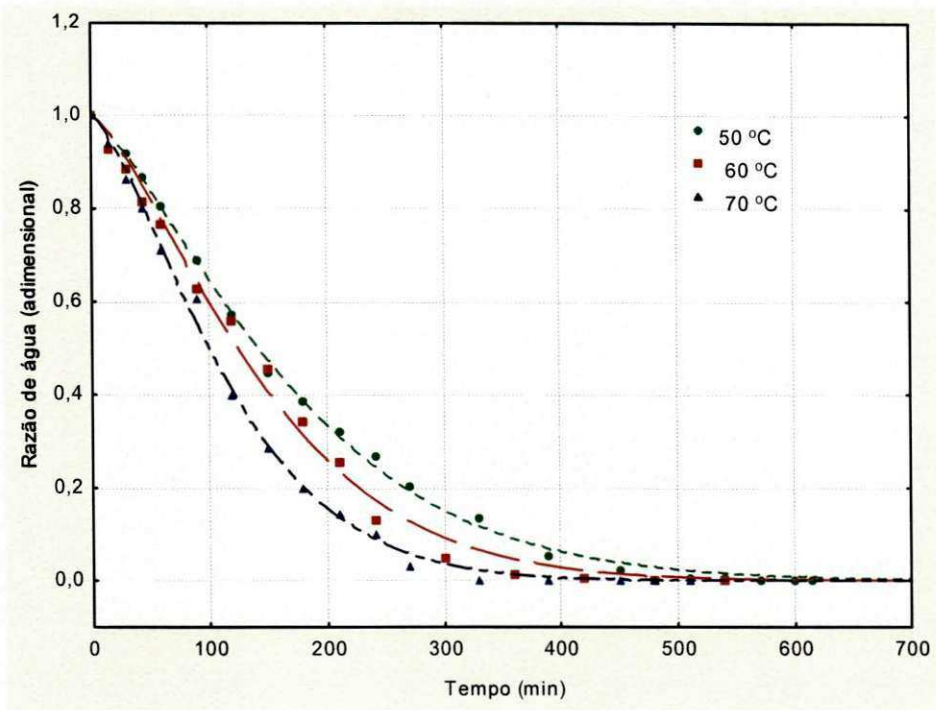


Figura A.11 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 25% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Page

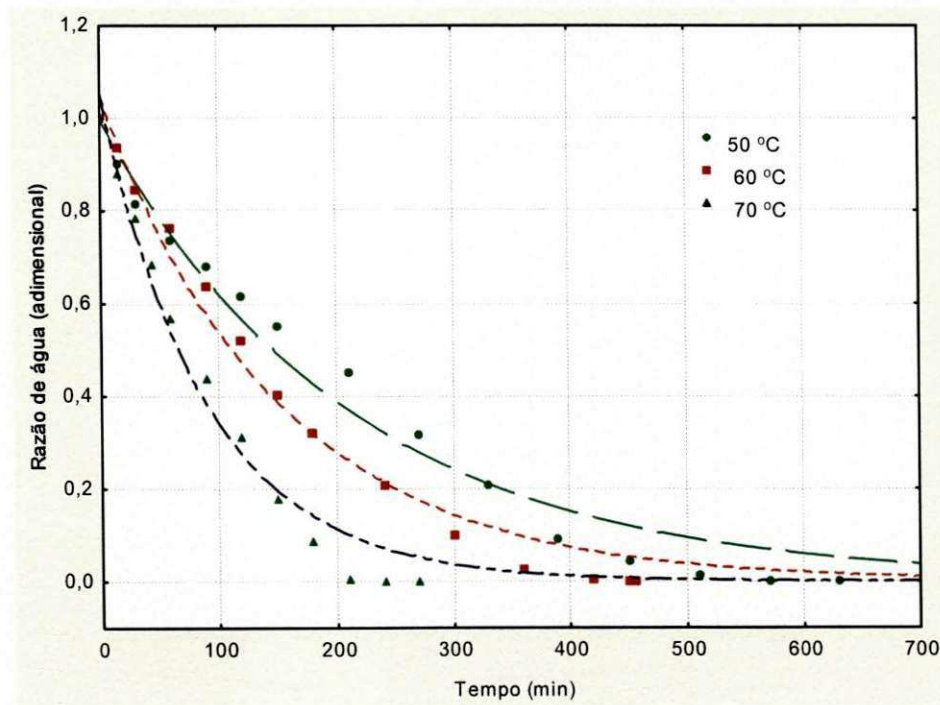


Figura A.12 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50,60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

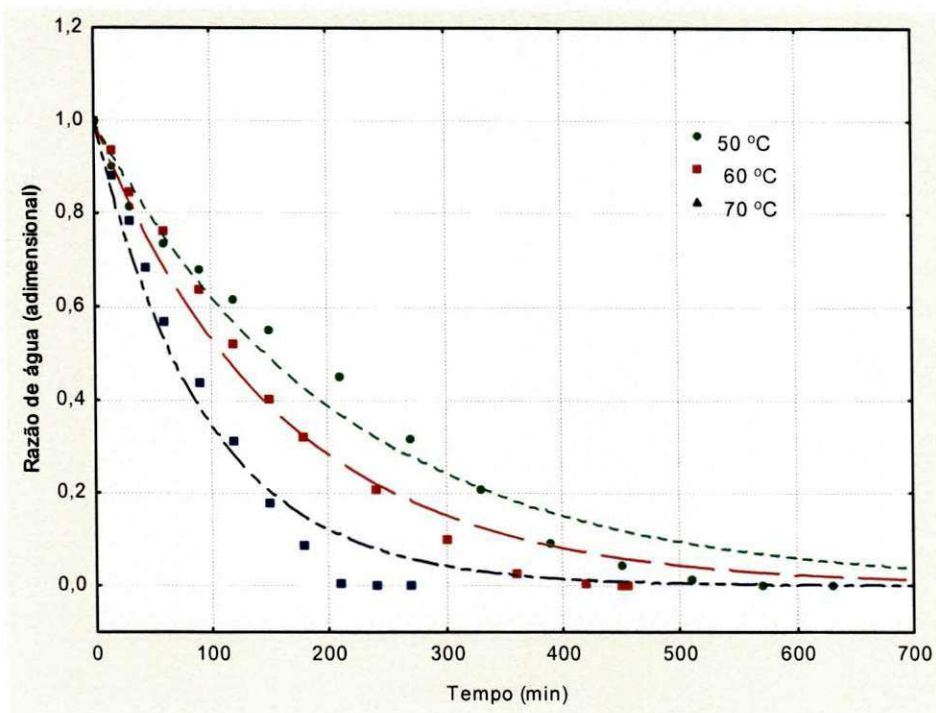


Figura A.13- Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Lewis

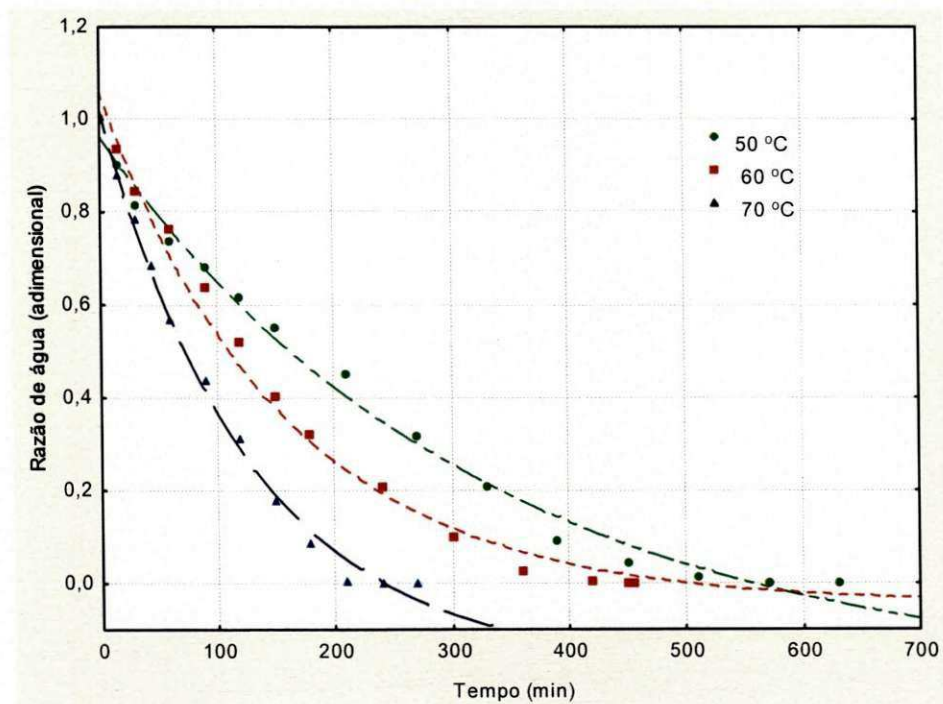


Figura A.14 - Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Logarítmico

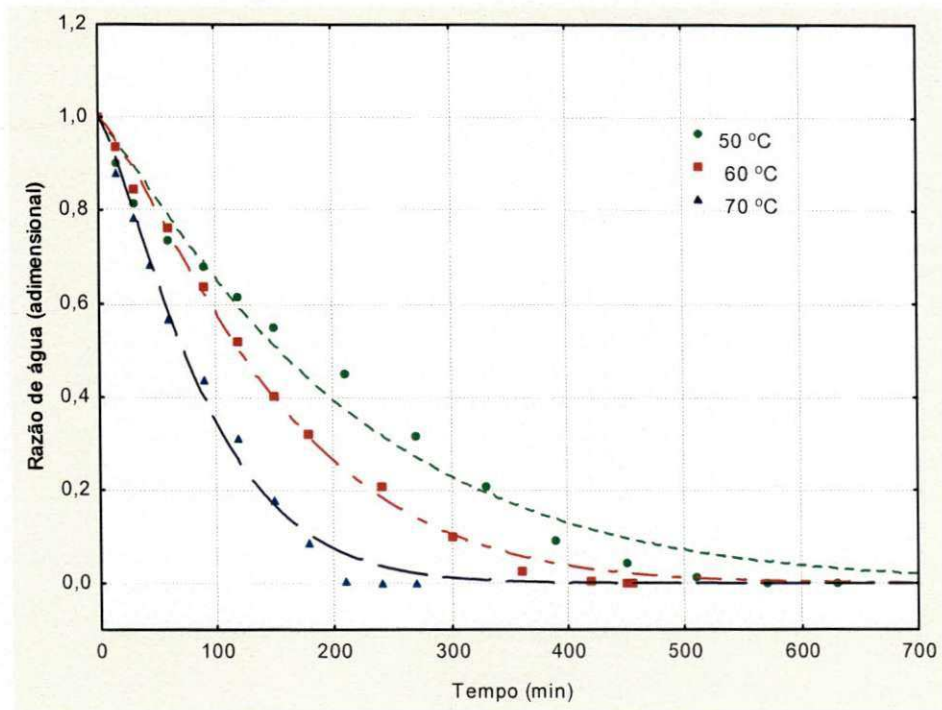


Figura A.15- Cinética de secagem da formulação elaborada com a polpa e figo-da-índia e 30% de amido modificado nas temperaturas 50, 60 e 70°C, com ajustes pelo modelo de Page

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de Oswin, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 20% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
0,00000	0,00000	0,00000	-1,99318	0,00000	0,00000
3,92996	-1,91547	10,04916	-0,78695	9,93280	-1,77065
4,78234	-1,01583	11,48925	-0,50094	10,62328	0,47226
5,50378	-0,61388	12,13232	-0,17862	11,45161	0,68323
6,77219	-0,45703	12,86038	0,13923	12,33799	0,75395
8,21735	-0,28470	14,46064	0,29242	14,15294	0,00578
9,29812	1,23694	15,63696	-0,24267	15,22615	0,36298
11,06620	-0,25484	16,51440	0,23001	16,13751	0,60769
13,10707	0,90975	17,85243	0,12227	17,65264	0,40989
15,13934	-0,13233	20,09085	0,62073	19,48973	0,81606
16,76750	0,25532	21,96375	0,56988	21,65550	1,84356
19,50205	-0,59334	23,86895	0,80255	24,85024	0,36747
21,61238	-0,48641	25,33268	4,47127	27,82358	-0,98669
24,15799	1,67408	27,32304	1,28881	30,10093	-1,65508
40,73559	0,96309	29,51915	-3,20205	33,84150	-2,09581
47,79530	-1,24018	33,80192	-1,99318	69,78813	1,61324
		47,78049	-0,78695	74,60194	-0,75807
		58,22977	-0,50094		

Tabela B.2 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de GAB, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 20% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3,32003	-1,30554	8,24841	-0,16453	10,65916	-2,49701
4,17265	-0,40614	9,89437	-0,82259	11,22128	-0,12574
4,91058	-0,02068	10,64124	-0,50210	11,90478	0,23005
6,23539	0,07976	11,49451	0,57892	12,64835	0,44359
7,77529	0,15735	13,39436	0,56534	14,21235	-0,05362
8,94116	1,59389	14,80798	0,65037	15,16356	0,42557
10,86410	-0,05274	15,86935	0,78427	15,98631	0,75889
13,09417	0,92266	17,49549	0,64935	17,38323	0,67930
15,31307	-0,30606	20,22310	-0,37493	19,12224	1,18355
17,08281	-0,06000	22,49709	-0,30334	21,22908	2,26998
20,02834	-1,11963	24,78819	-0,79696	24,43035	0,78736
22,27151	-1,14554	26,52555	-0,57214	27,48765	-0,65077
24,93587	0,89620	28,84668	-0,95377	29,86651	-1,42066
40,93993	0,75875	31,34144	-1,01973	33,81952	-2,07383
47,00431	-0,44919	35,96920	2,30399	70,23074	1,17063
		48,56585	0,50345	74,53846	-0,69459
		55,59122	-0,56370		

Tabela B.3 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de Peleg, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 20% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
2,77037	-0,75588	8,10234	-0,018461	14,79344	-0,63471
3,84358	-0,07706	9,91936	-0,847576	16,01912	-0,42998
4,76764	0,12225	10,71978	-0,580639	17,00778	-0,26258
6,36659	-0,05143	11,61545	0,457983	18,55112	-0,48859
8,09774	-0,16508	13,54516	0,414540	20,27403	0,03176
9,32182	1,21322	14,93601	0,522333	22,14329	1,35577
11,21862	-0,40726	15,96375	0,689872	24,71585	0,50186
13,30935	0,707477	17,52389	0,620958	27,06743	-0,23055
15,35700	-0,34999	20,13899	-0,290814	28,92023	-0,47438
17,00443	0,018389	22,34682	-0,153063	32,15477	-0,40908
19,81361	-0,90490	24,61069	-0,619460	70,20164	1,19973
22,01758	-0,89160	26,35492	-0,401511	74,85799	-1,01412
24,69956	1,132504	28,71799	-0,825075		
41,12717	0,571517	31,28951	-0,967809		
47,01328	-0,45816	36,09872	2,174467		
		48,86405	0,205254		
		55,48359	-0,455872		

Tabela B.4 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de Oswin, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 25% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
4,23868	-2,18152	7,47931	-3,06048	5,51195	-2,77295
5,37003	-2,01996	8,98469	-1,63175	6,43151	-2,33343
5,84135	-1,48700	10,34445	-0,44249	7,19396	-1,96094
6,56915	-1,10893	11,70380	1,04130	7,87769	-1,70491
7,19605	-0,63290	12,88252	1,43120	8,48779	-1,08401
7,81453	-0,20143	13,67110	2,30929	9,47956	-0,78583
8,64509	-0,16761	16,52423	2,88753	10,56590	0,07344
9,69842	0,03363	20,21640	-0,51052	11,78992	0,63695
11,43462	0,67714	21,48497	0,37777	12,97058	0,61817
13,17653	0,89229	24,38069	-0,94931	14,77874	0,75460
14,66463	1,17714	25,77597	-1,07009	16,83319	0,87192
16,59030	1,11427	27,33014	-0,56543	18,54653	0,97001
17,94510	1,24234	29,24396	-1,10670	20,00187	0,93881
19,60220	1,01951	44,99251	0,73275	22,26147	1,26623
40,55016	-3,39152			40,75545	3,86443
42,88182	1,94291			50,75713	-3,74540

Tabela B.5 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de GAB, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 25% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
3,18172	-1,12455	7,37983	-2,96100	3,75725	-1,01825
4,36293	-1,01286	8,84840	-1,49546	4,73000	-0,63192
4,87752	-0,52317	10,18529	-0,28333	5,58403	-0,35101
5,69298	-0,23276	11,53391	1,21119	6,38095	-0,20817
6,41230	0,15085	12,71329	1,60044	7,11326	0,29052
7,13435	0,47875	13,50717	2,47322	8,33892	0,35482
8,11912	0,35836	16,40713	3,00463	9,72008	0,91926
9,38572	0,34633	20,20251	-0,49663	11,30906	1,11781
11,49569	0,61608	21,51154	0,35120	12,86043	0,72832
13,61487	0,45395	24,49832	-1,06695	15,24486	0,28847
15,41047	0,43130	25,93347	-1,22759	17,92958	-0,22447
17,69702	0,00755	27,52653	-0,76182	20,12373	-0,60719
19,27316	-0,08572	29,47765	-1,34040	21,94362	-1,00294
21,15824	-0,53653	44,79015	0,93511	24,67441	-1,14671
40,30466	-3,14602			42,11520	2,50468
41,93729	2,88744			48,44030	-1,42857

Tabela B.6 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de Peleg, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 25% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
2,14986	-0,09269	6,05721	-1,63838	3,33787	-0,59886
3,61378	-0,26371	8,26468	-0,91174	4,50085	-0,40277
4,27957	0,074781	10,22121	-0,31925	5,50506	-0,27204
5,34358	0,116642	12,08800	0,65710	6,41920	-0,24642
6,27758	0,285580	13,61407	0,69966	7,23748	0,16630
7,20121	0,411894	14,58289	1,39750	8,56128	0,13246
8,42812	0,049361	17,73750	1,67427	9,99240	0,64694
9,93860	-0,20654	21,09854	-1,39265	11,57706	0,84981
12,26975	-0,15798	22,10861	-0,24586	13,08030	0,50845
14,38033	-0,31151	24,24611	-0,81474	15,34561	0,18772
16,00098	-0,15921	25,23546	-0,52957	17,88018	-0,17507
17,86576	-0,16119	26,34158	0,42312	19,96600	-0,44946
19,03545	0,151990	27,75051	0,38675	21,71497	-0,77430
20,32457	0,297141	45,74197	-0,01670	24,37764	-0,84994
37,15865	-0,00001			42,12869	2,49119
44,82472	0,000006			48,58811	-1,57638

Tabela B.7 -- Resíduos e valores estimados pelo modelo de Oswin, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 30% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
4,68967	-1,26544	5,93700	-0,71152	3,80257	-0,28437
5,69722	-0,91103	6,28501	-0,32938	4,77421	-0,90889
6,50250	-0,88705	6,84212	0,39239	5,34841	-0,49122
7,28706	-0,47697	7,63065	0,80602	5,85821	-0,10796
8,15497	0,37955	9,20029	0,24150	6,76657	-0,12228
8,95928	0,40427	10,10161	1,26798	8,10341	-0,26745
9,88711	0,37208	11,34963	1,07743	8,90261	1,46085
11,77050	0,08015	12,90370	1,24155	10,37509	1,67508
13,07557	0,49858	15,11366	0,64110	11,53284	1,50960
15,57132	-0,14092	17,82256	2,30717	13,57448	1,84990
17,46061	-0,00747	20,15909	1,21819	15,36340	1,69799
18,87116	0,40517	23,68334	-0,38213	17,44566	1,40106
20,74147	-0,53853	27,73471	-2,96813	24,23708	-4,05137
23,51556	-1,32456	30,58395	-4,67040	28,15874	-6,13779
43,67933	4,31480	40,61303	-0,46411	38,36566	2,55919
56,78970	-2,62304	55,85166	2,36111	45,64377	1,33820

Tabela B.8 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de GAB, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 30% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
4,11105	-0,68683	7,01094	-1,78546	4,61232	-1,09412
5,13141	-0,34522	7,29743	-1,34179	5,43373	-1,56841
5,95758	-0,34213	7,75466	-0,52015	5,91235	-1,05516
6,77058	0,03951	8,40137	0,03530	6,33633	-0,58608
7,67839	0,85613	9,69637	-0,25458	7,09367	-0,44938
8,52687	0,83668	10,44823	0,92137	8,22026	-0,38431
9,51333	0,74585	11,50180	0,92526	8,90310	1,46036
11,53696	0,31369	12,83586	1,30939	10,18191	1,86827
12,95222	0,62193	14,77665	0,97811	11,20679	1,83564
15,67733	-0,24693	17,22445	2,90529	13,05522	2,36916
17,74768	-0,29453	19,39382	1,98346	14,71598	2,34541
19,29301	-0,01668	22,76060	0,54061	16,69411	2,15261
21,33683	-1,13388	26,75997	-1,99339	23,43867	-3,25295
24,34738	-2,15638	29,64825	-3,73470	27,50570	-5,48475
44,61174	3,38240	40,25075	-0,10184	38,54831	2,37653
55,79566	-1,62899	57,44087	0,77191	46,73835	0,24362

Tabela B.9 – Resíduos e valores estimados pelo modelo de Peleg, do teor de água de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com polpa do figo-da-índia e 30% de amido modificado secada a 50, 60 e 70 °C

Temperatura de secagem 50 °C		Temperatura de secagem 60 °C		Temperatura de secagem 70 °C	
Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo	Valor estimado (% b.s.)	Resíduo
3,88229	-0,45807	5,64702	-0,42154	3,04951	0,46869
5,13531	-0,34912	6,14076	-0,18513	4,43398	-0,56866
6,11443	-0,49898	6,92650	0,30801	5,26287	-0,40568
7,03578	-0,22569	8,01950	0,41716	5,99209	-0,24184
8,01267	0,52185	10,09215	-0,65036	7,25651	-0,61222
8,87955	0,48401	11,20691	0,16268	9,00071	-1,16476
9,84018	0,41900	12,65316	-0,22610	9,96677	0,39669
11,70394	0,14671	14,29920	-0,15395	11,59315	0,45702
12,96774	0,60642	16,37397	-0,61921	12,73945	0,30298
15,41973	0,01067	18,58435	1,54538	14,51501	0,90938
17,35369	0,09946	20,30414	1,07314	15,86725	1,19414
18,84988	0,42644	22,79072	0,51049	17,28643	1,56029
20,89688	-0,69393	25,79748	-1,03090	21,86573	-1,68001
24,03054	-1,83954	28,14730	-2,23375	25,16720	-3,14626
45,42811	2,56603	38,43792	1,71099	37,29993	3,62491
55,63631	-1,46965	58,56218	-0,34941	48,46591	-1,48394

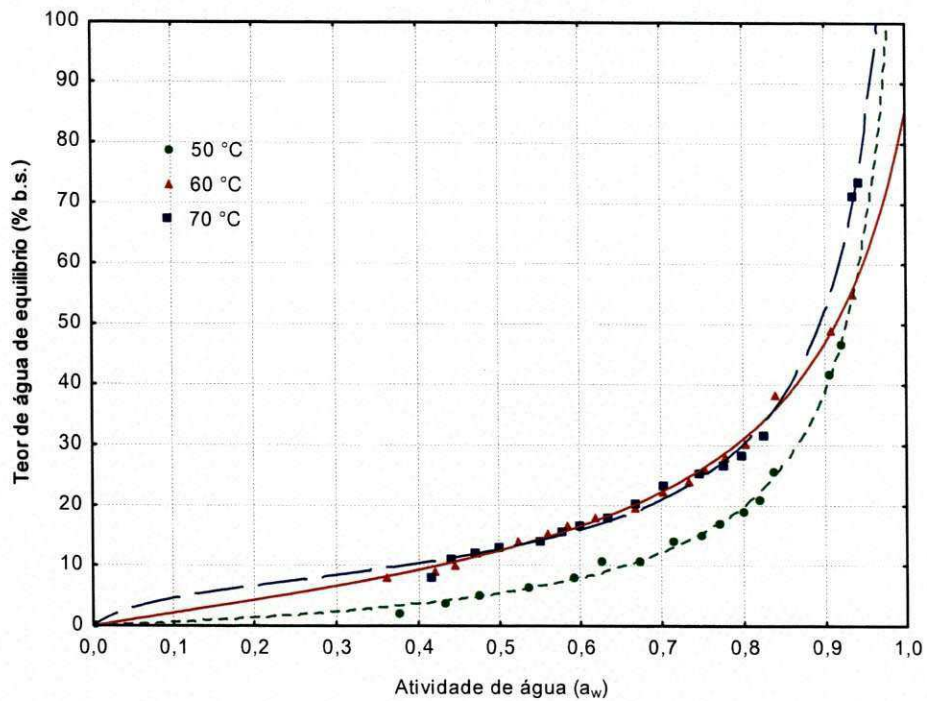


Figura B.1 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, seco nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de GAB

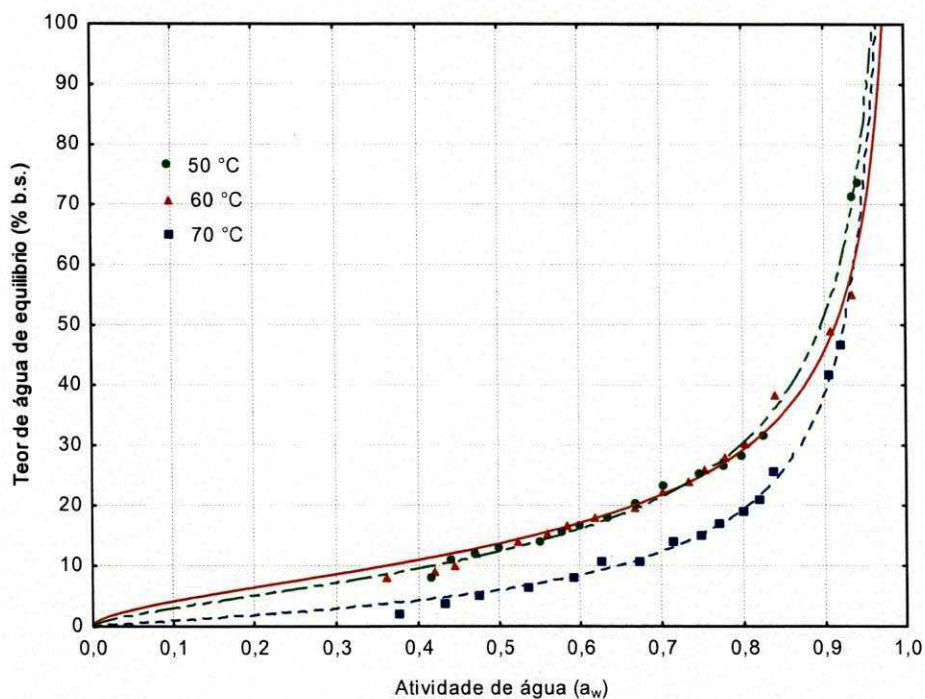


Figura B.2 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 20% de amido modificado, seco nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Oswin

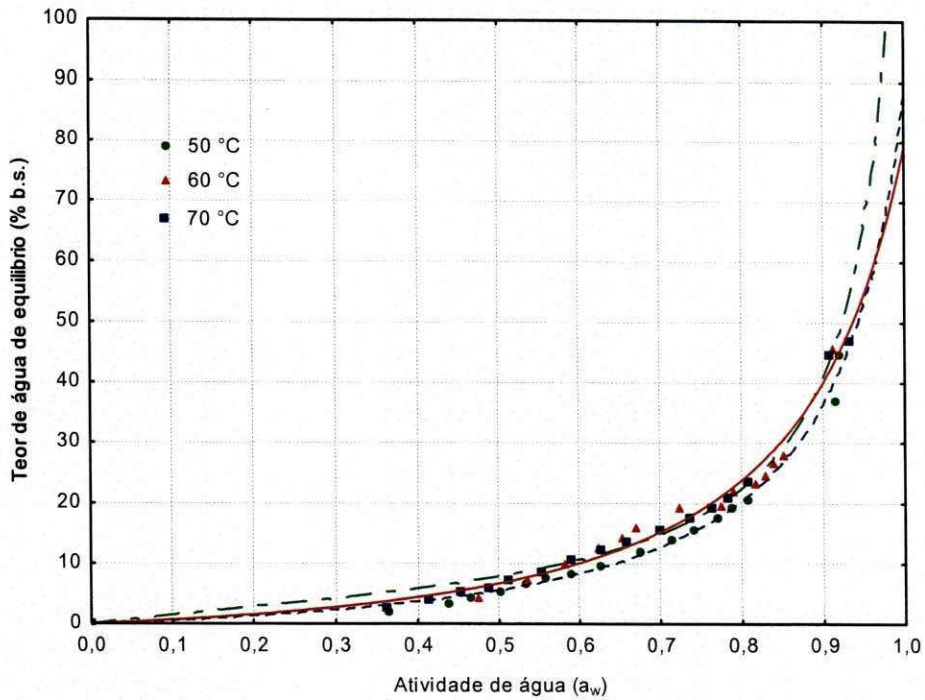


Figura B.3 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, seco nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de GAB

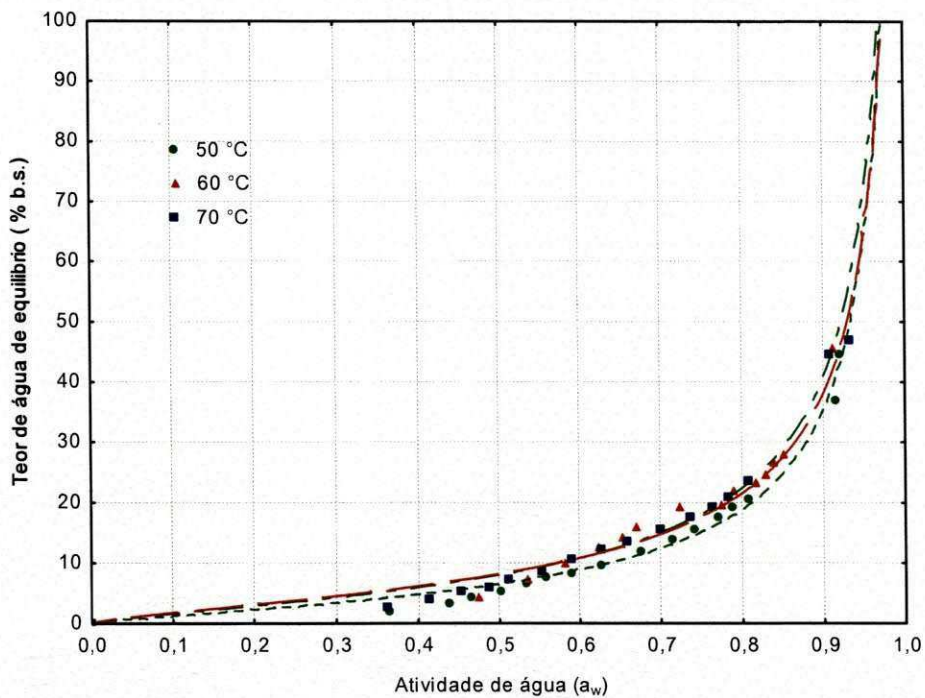


Figura B.4 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 25% de amido modificado, seco nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Oswin

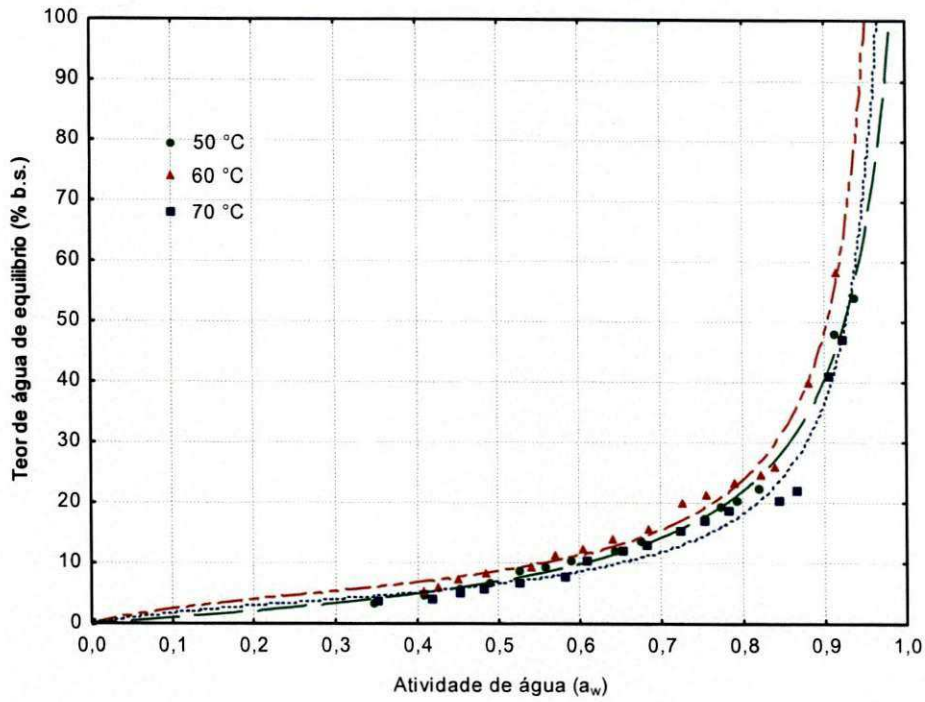


Figura B.5 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, seco nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de GAB

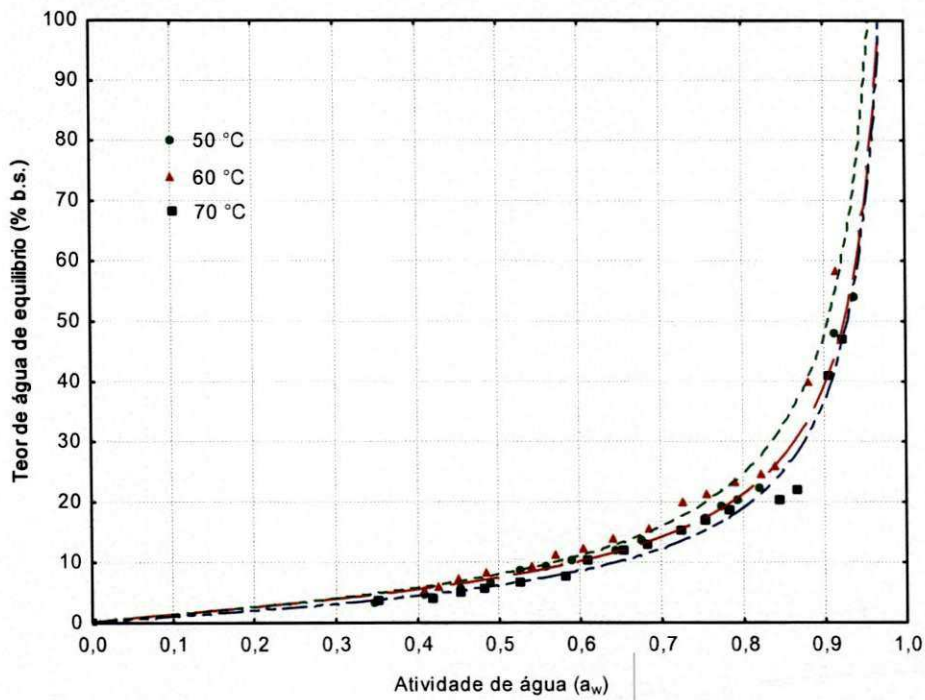


Figura B.6 - Isotermas de adsorção de água, a 20 °C, do figo-da-índia em pó adicionado de 30% de amido modificado, seco nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com ajustes pelo modelo de Oswin

APÊNDICE C

Tabela C.1 - Análise de variância do pH do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	9.51490	4.75745	621.1368**
Concentração (F ₂)	2	0.00356	0.00178	0.2326 ns
Interação (F ₁ x F ₂)	4	0.03706	0.00926	1.2096 ns
Tratamentos	8	9.55552	1.19444	155.9472 **
Resíduos	18	0.13787	0.00766	
Total	26	10,45500		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela C.2 - Análise de variância da acidez total titulável do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	0,04667	0,02333	12,6000 **
Concentração (F ₂)	2	0,04222	0,02111	11,4000 **
Interação (F ₁ x F ₂)	4	0,02444	0,00611	3,3000 *
Tratamentos	8	0,11333	0,01417	7,6500 **
Resíduos	18	0,03333	0,00185	
Total	26	0,14667		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela C.3 - Análise de variância dos açúcares totais do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	0,40074	0,20037	5,4646 *
Concentração (F ₂)	2	0,03630	0,01815	0,4949 ns
Interação (F ₁ x F ₂)	4	0,13037	0,03259	0,8889 ns
Tratamentos	8	0,56741	0,07093	1,9343 ns
Resíduos	18	0,66000	0,03667	
Total	26	1,22741		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo

Tabela C.4 - Análise de variância do ácido ascórbico do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	1,50222	0,75111	96,5714 **
Concentração (F ₂)	2	2,24000	1,12000	144,0000 **
Interação (F ₁ x F ₂)	4	1,58444	0,39611	50,9286 **
Tratamentos	8	5,32667	0,66583	85,6071 **
Resíduos	18	0,14000	0,00778	
Total	26	5,46667		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela C.5 - Análise de variância dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	0,12519	0,06259	6,2593 **
Concentração (F ₂)	2	0,05852	0,02926	2,9259 ns
Interação (F ₁ x F ₂)	4	0,01037	0,00259	0,2593 ns
Tratamentos	8	0,19407	0,02426	2,4259 ns
Resíduos	18	0,18000	0,01000	
Total	26	0,37407		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns – não significativo

Tabela C.6 - Análise de variância da atividade de água do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	8.25859	4.12929	25.3561 **
Concentração (F ₂)	2	22.63405	11.31703	69.4928 **
Interação (F ₁ x F ₂)	4	10.06319	2.51580	15.4484 **
Tratamentos	8	40.95583	5.11948	31.4364 **
Resíduos	18	2.93133	0.16285	
Total	26	0,04837		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela C.7 - Análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	0,00074	0,00037	0,3333 ns
Concentração (F ₂)	2	0,00519	0,00259	2,3333 ns
Interação (F ₁ x F ₂)	4	0,00370	0,00093	0,8333 ns
Tratamentos	8	0,00963	0,00120	1,0833 ns
Resíduos	18	0,02000	0,00111	
Total	26	0,02963		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ns - não significativo

Tabela C.8 - Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L*) do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F ₁)	2	8.25859	4.12929	25.3561 **
Concentração (F ₂)	2	22.63405	11.31703	69.4928 **
Interação (F ₁ x F ₂)	4	10.06319	2.51580	15.4484 **
Tratamentos	8	40.95583	5.11948	31.4364 **
Resíduos	18	2.93133	0.16285	
Total	26	43,88716		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo

Tabela C.9 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F ₁)	0.17283	0.08641	0.9908 ns	0.17283
Concentração (F ₂)	0.28734	0.14367	1.6472 ns	0.28734
Interação (F ₁ x F ₂)	0.01697	0.00424	0.0486 **	0.01697
Tratamentos	0.47714	0.05964	0.6838 ns	0.47714
Resíduos	1.56993	0.08722		1.56993
Total	26	2,04707		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns - não significativo

Tabela C.10 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em diferentes concentrações de amido e temperaturas de secagem

Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Temperatura (F ₁)	2	6,37690	3,18845	4,7181 *
Concentração (F ₂)	2	58,35734	29,17867	43,1767 **
Interação (F ₁ x F ₂)	4	7,33268	1,83317	2,7126 ns
Tratamentos	8	72,06692	9,00836	13,3300 **
Resíduos	18	12,16433	0,67580	
Total	26	84,23125		

GL - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do Teste F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo