



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



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

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ
EM PÓ**

RANILDA NEVES GOMES DA SILVA

**Campina Grande - Paraíba
SETEMBRO – 2003**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA UFCG**

S5586
2003

Silva, Ranilda Neves Gomes da
Produção e armazenamento da polpa
de umbu-cajá em pó/Ranilda Neves Gomes
da Silva. – Campina Grande: UFCG, 2003.
90p.: il.

Inclui bibliografia
Dissertação (Mestrado) UFCG, CCT/DEag.

1.Frutas. 2. Umbu-cajá. 3. Armazenamento. 4.
Desidratação. I.Título

CDU: 634.442

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ
EM PÓ**

RANILDA NEVES G. DA SILVA

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: Armazenamento e Processamento de
Produtos Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof^ª. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

**Campina Grande – Paraíba
SETEMBRO – 2003**



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

RANILDA NEVES GOMES DA SILVA

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ
EM PÓ**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana M^a F. de Figueiredo
Dr. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

Aprovada

Alexandre J. M. Queiroz
Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

APROVADA

J. M. Santos e Silva
Dr. Francisco de Assis Santos e Silva-Examinador

APROVADA

Patricia Moreira Azoubel
Dra. Patricia Moreira Azoubel-Examinadora

APROVADA

SETEMBRO - 2003

DEDICO

A meus pais, Miraci Dias da Silva e Neildo Gomes da Silva, que acreditaram e se esforçaram para a minha vitória.

A meus irmãos, Zenilda, Lenilda, Enilda e Neildo que me estimularam a seguir com fé.

*"EM PAZ DORMIREI,
PORQUE SÓ TU SENHOR,
ME FAZES HABITAR EM SEGURANÇA"*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo privilégio da vida, e pela salvação, através de JESUS CRISTO.

Aos meus orientadores, Dr. Alexandre José de Melo Queiroz e Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, pela orientação, atenção e apoio durante a realização deste trabalho.

À Capes, pelo suporte financeiro durante grande parte do trabalho.

À Coordenação de pós-graduação, pela ajuda em prol da realização das pesquisas.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Departamento de Engenharia Agrícola na Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, pela disponibilidade de suas instalações.

À grande amiga, do Doutorado, Alessandra por todas as palavras de otimismo.

Aos amigos da pós-graduação em particular, Pablicia, Lucicleia, Carmel, Concita, Jeane, Scaime, Milene, Nayara, Sheila, Marinalva, Taciana, Helen, Edenia, Diniz, Yvison, Grangeiro, Marcelo e Jean, pela amizade e companheirismo.

Aos colegas da graduação, Nubenia e Ítalo pela sincera amizade.

Aos funcionários da UFCG, pela colaboração no desenvolvimento da pesquisa, de maneira especial a Luciene, Renato, Luizinho, Antonio, Gesiel e Flávio.

A Rivanilda, secretária fervorosa da Pós-Graduação, e Aparecida, pela imensa atenção em nos recepcionar.

A meus cunhados Luiz, Meire e Klever, pelas palavras de força e garra.

A meus queridos sobrinhos, Gustavo, Ricardo, Juliana, Deivison, Klevinho, Luiz Henrique e Guilherme, motivo da minha dedicação.

Ao meus amigos da cidade de Areia, Edvaldo, Luciene, Edilene, Wellington, Elaine pelo apoio, dedicação e carinho durante o decorrer deste curso.

Ao grande e especial amigo Rui, pelas palavras de conforto e carinho.

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

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Fruticultura	3
2.2. Umbu-cajá.....	4
2.2.1. Representantes da formação do umbu-cajá	6
2.3. Parâmetro físicos, químicos e físico- químicos.....	8
2.3.1. Densidade.....	9
2.3.2. Acidez	10
2.3.3. pH.....	11
2.3.4. Sólidos solúveis totais (°Brix).....	12
2.3.5. Umidade.....	13
2.3.6. Cinzas.....	14
2.3.7. Açúcares.....	15
2.3.8. Vitamina C.....	16
2.3.9. Cor.....	17
2.4. Desidratação.....	18
2.5. Aditivos.....	23
2.6. Atividade de água (a_w).....	25
2.7. Embalagem	27
2.7.1. Embalagem laminada.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. Matéria-prima	34
3.2. Processamento da polpa	34

3.2.1. Seleção	35
3.2.2. Lavagem	35
3.2.3. Despolpamento	35
3.2.4. Acabamento	35
3.2.5. Acondicionamento	36
3.2.6. Congelamento	36
3.2.7. Armazenamento	36
3.3. Formulação	36
3.4. Desidratação	36
3.5. Armazenamento	37
3.6. Caracterização da polpa integral e do pó de umbu-cajá	37
3.6.1. pH	37
3.6.2. Acidez total titulável	37
3.6.3. Sólidos solúveis totais (°Brix)	37
3.6.4. Sólidos totais e umidade	38
3.6.5. Cinzas	38
3.6.6. Açúcares redutores	38
3.6.7. Cor	38
3.6.8. Ácido ascórbico	38
3.7. Isotermas de adsorção de umidade	38
3.8. Tratamento dos dados.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. Caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá	39
4.2. Estudo do armazenamento do umbu-cajá em pó	40
4.2.1. Açúcares redutores	40
4.2.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)	42
4.2.3. Ácido ascórbico	43
4.2.4. Acidez total titulável	45
4.2.5. Umidade	47
4.2.6. pH	49
4.2.7. Cor	51
4.2.7.1. Luminosidade (L*)	51

4.2.7.2. Intensidade de vermelho (+a*)	53
4.2.6.3. Intensidade de amarelo (+b*)	54
4.3. Atividade de água	56
5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
7. APÊNDICE	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.0. Composição química dos frutos e polpa de umbu-cajá.....	6
Tabela 2.1. Características químicas e rendimento do cajá.....	7
Tabela 2.2. Padrões de identidade e qualidade para a polpa de cajá.....	8
Tabela 3.1. Atividade de água de soluções saturadas de sais.....	39
Tabela 4.1. Caracterização da polpa integral de umbu-cajá (valores médios)	43
Tabela 4.2. Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores da polpa de umbu-cajá em pó	44
Tabela 4.3. Valores médios de açúcares redutores (% glicose) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento	45
Tabela 4.4. Análise de variância dos valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa de umbu-cajá em pó	45
Tabela 4.5. Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento.....	46
Tabela 4.6. Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico da polpa de umbu-cajá em pó.....	47
Tabela 4.7. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do umbu-cajá em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	48
Tabela 4.8. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de umbu-cajá em pó	48
Tabela 4.9. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento ...	49
Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios de umidade (%) da polpa de umbu-cajá em pó	50
Tabela 4.11. Valores médios de umidade (%) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento	51
Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do pH da polpa de umbu-cajá em pó	52
Tabela 4.13. Valores médios de pH do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento	53
Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa de umbu-cajá em pó	54

Tabela 4.15. Valores médios da luminosidade do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento	55
Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu-cajá em pó	56
Tabela 4.17. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento	57
Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) da polpa de umbu-cajá em pó	57
Tabela 4.19. Valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento	58
Tabela 4.22. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) para as diferentes atividades de água (a_w) da polpa de umbu-cajá em pó, nas três temperaturas estudadas.	60
Tabela 4.23 Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Fluxograma do processamento da polpa de umbu-cajá	34
Figura 4.1. Isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustada pelo modelo de Anderson	63
Figura 4.2. Isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustada pelo modelo de GAB	64
Figura 4.3. Isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustada pelo modelo de Iglesias	65
Figura 4.4. Isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustada pelo modelo de Lang-Steinberg-Smith	66



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de mestrado: Produção e armazenamento da polpa de umbu-cajá em pó

Autora: Ranida Neves G. da Silva

Orientadores: Prof^ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Prof. Alexandre José de Melo Queiroz

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho produzir polpa integral de umbu-cajá, desidratá-la mediante o processo foam-mat e avaliar a sua conservação em condições de armazenamento sob temperatura ambiente e protegida por embalagens. A polpa integral foi extraída de frutos maduros e caracterizada quanto ao pH, sólidos solúveis totais, sólidos totais/umidade, ácido ascórbico, cinzas, acidez total titulável, açúcares redutores, densidade, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. Após a desidratação, a polpa foi transformada em pó e caracterizada em relação ao teor de açúcares redutores, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, acidez total titulável, umidade, pH e isothermas de adsorção de umidade; em seguida, o umbu-cajá em pó foi armazenado durante 60 dias em dois tipos de embalagem: laminada e de polietileno. As análises realizadas na polpa em pó foram repetidas a cada dez dias, no material armazenado. Os parâmetros analisados variaram entre a polpa integral e a polpa em pó, de 6,1 a 139,9 % de glicose no caso dos açúcares redutores; de 21,6 a 116,9 mg/100g para ácido ascórbico; de 1,4 para 5,5% para acidez total titulável; 88,6 para 16,7% para umidade; e de 2,6 para 3,0 para pH. As embalagens laminadas protegeram melhor as amostras armazenadas preservando, em níveis mais próximos aos do início de armazenamento, a acidez total titulável, a umidade e os parâmetros de cor, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. Os teores de açúcares redutores e ácido ascórbico não foram afetados pelo tipo de embalagem nem o pH pelo tipo de embalagem nem pelo tempo de armazenamento. Os modelos de Anderson e GAB apresentaram coeficientes de

determinação (R^2) superiores a 0,86 em todas as temperaturas podendo representar satisfatoriamente as isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó.

Palavras-chave: frutas, umbu-cajá, armazenamento, desidratação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Engenharia Agrícola

Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de mestrado: Produção e armazenamento da polpa de umbu-cajá em pó

Autora: Ranida Neves G. da Silva

Orientadores: Prof^ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Prof. Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

It was aimed at, this work was accomplished with the aim of producing integral pulp of *Spondias spp.*, to dehydrate it by foam-mat process and to evaluate its conservation in storage conditions under temperature sets and protected by packings. The integral pulp was extracted of mature fruits and characterized to the pH, total soluble solids, total solids, moisture, ascorbic acid, ashes, total acidity, reducers sugars, density, brightness, red intensity and yellow intensity. After the dehydration the powder was powdered and characterized to the reducers sugars, total soluble solids, ascorbic acid, total acidity, moisture, pH, brightness, red intensity, yellow intensity and moisture adsorption isotherms. After it was stored for 60 days in two packing types: laminate and polyethylene. The analyses accomplished in the powdered pulp were repeated to every ten days in the stored material. The analyzed parameters varied between the integral pulp and the powder from 6.1 to 139.9 (% of glucose) for reducers sugars; of 21.6 to 116.9 mg/100g for ascorbic acid; 1.4 to 5.5% for total acidity; 88.6 to 16.7% for moisture; 2.6 to 3.0 for pH. The laminate packings protected the stored samples better, preserving in closer levels of the storage beginning the total acidity, moisture, brightness, red intensity and yellow intensity. The reducers sugars and ascorbic acid were not affected for the packing type and the pH it was not affected by the packing type nor for the time of storage. Anderson's models and GAB presented determination coefficients (R^2) above 0.86 in all the temperatures could represent the moisture adsorption isotherms of the powdered pulp of *Spondias spp.* satisfactorily.

Key-words: fruits, *Spondias spp.*, storage, dehydration

1. INTRODUÇÃO

Devido à generalização dos conceitos de qualidade, resultante, em grande parte, do aumento das trocas comerciais entre países nota-se, nos últimos anos, um crescimento considerável das exigências de qualidade em produtos agrícolas, caso em que a qualidade é o resultado da conjugação de diversos fatores e sua avaliação pode ser feita a partir do estudo das características físico-químicas dos produtos, determinante do grau de aceitabilidade e da permanência no mercado, ao longo do tempo.

No caso de frutas, trata-se de produtos ditos perecíveis, porque apresentam atividade metabólica elevada, notadamente após a colheita, conduzindo a processos rápidos de deterioração (BOREM & CHITARRA, 1998).

A condição de perecível faz de um produto agrícola o alvo principal de técnicas que visam à manutenção da qualidade pós-colheita, a qual está relacionada à minimização das taxas de deterioração, o que pode ser obtido mediante o emprego de métodos de conservação adequada. Tais métodos dependem da natureza do produto, do tempo que se deseja conservá-lo, dos custos, dos constituintes envolvidos e de outros fatores que fazem com que eles, quando de preservação, variem largamente.

Existe uma ampla variedade de frutas tropicais mas apenas um pequeno número delas é cultivado e processado industrialmente em larga escala, em virtude dos elevados custos de produção relativos à falta de infra-estrutura nos países produtores e no nível de conhecimento técnico nas indústrias (SCHOTTLER & HARNATSCHEK, 1994).

De acordo com SILVA et al. (1984) o Nordeste brasileiro apresenta diversidade de frutos tropicais com boas perspectivas para exploração econômica. Atualmente, a exploração é realizada, em grande parte, apenas em caráter extrativo com a comercialização regional da fruta fresca ou em forma de sucos ou sorvetes.

Exemplo de fruta tropical de grande aceitação e altamente perecível, o umbu-cajá reúne características favoráveis do umbu, como espessura da polpa e porte de árvore baixo, e do cajá, como aroma e sabor. A umbu-cajazeira é uma planta arbórea, da família Anacardiaceae. Presume-se ser resultante do cruzamento natural entre a cajazeira

(*Spondias mombim*) e o umbuzeiro (*S. tuberosa*). É uma frutífera tropical nativa do nordeste brasileiro, de fácil propagação, que apresenta grandes perspectivas de inserção no mercado interno de frutas exóticas, especialmente na forma de polpa, sucos e sorvetes (RITZINGER et al., 2001).

Dentre as técnicas empregadas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, a desidratação, além de ser utilizada como método de conservação impedindo a deterioração e perdas do valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado, beneficiando-se ainda das características positivas associadas ao produto original. Em muitos casos, o novo produto é favorecido pela concentração dos princípios nutricionais, conseqüente da extração de parte do conteúdo de água.

1.1. Objetivo geral

Conduziu-se este trabalho com o objetivo de realizar a desidratação da polpa de umbu-cajá pelo método “foam-mat” e avaliar a evolução das características químicas, físicas e fisico-químicas do pó obtido durante o armazenamento.

1.1.1. Objetivos específicos

- Produzir polpa de umbu-cajá, eliminando cascas e sementes e caracterizá-la química e fisico-quimicamente
- Submeter a polpa produzida a desidratação pelo processo foam-mat e pulverizá-la
- Armazenar a polpa em pó em dois tipos de embalagem durante 60 dias, acompanhando a evolução dos teores de açúcares redutores, sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico, acidez total titulável, umidade e cor, a cada 10 dias
- Estudar a higroscopicidade da polpa em pó por meio do levantamento de isotermas de adsorção de umidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fruticultura

Em 2002, o Brasil tornou-se o terceiro maior produtor mundial de frutas, produzindo 36 milhões de toneladas, em uma área de dois milhões de hectares e gerando um PIB de US\$1,5 bilhões (BRITO, 2000). O Brasil possui 30 pólos de fruticultura de Norte a Sul, abrangendo mais de 50 municípios. No país, o setor de fruticultura vem ganhando destaque e favorecendo o mercado agrícola interno, gerando bastante interesse por tecnologia, como o melhoramento de frutas exóticas tendo, como exemplo, a carambola, a jaca e a serigüela, a cada dia mais requisitadas no mercado internacional. De 1999 a 2002 foi expressiva a procura de frutas no Brasil, duplicando as exportações, passando o Nordeste a ocupar lugar de destaque no setor (EMBRAPA, 2003).

Embora haja, no Brasil, abundância em produtos hortifrutigranjeiros com preço acessível ao consumidor, ocorrem perdas inaceitáveis no campo e na fase pós-colheita, devido à carência de tecnologias adequadas ao cultivo, no manuseio, armazenamento e comercialização (CHITARRA, 2000).

Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization) as fruteiras nativas representam grande riqueza em virtude das características de aroma, sabor e qualidades nutricionais de suas frutas que, consideradas exóticas, constituem verdadeiras especialidades. As principais frutíferas nativas são bacuri, cajá, umbu-cajá, cupuaçu, chichá, açai ou juçara e cajuí, entre outras.

Após a colheita, frutas e hortaliças se tomam mais frágeis, pois diversos desses produtos continuam seus processos metabólicos e são chamadas frutas climatéricas como: o abacate, a banana, goiaba, mamão, a manga, e as *Spondias*, além de outros frutos, sendo esses produtos altamente perecíveis (CHITARRA, 1994).

Os frutos são constituídos de tecido metabolicamente ativos, e, assim, sofrem modificações rápidas e contínuas em sua composição química, dependendo da fisiologia e

estádio de maturação, além das variações inerentes às estruturas biológicas, entre outros aspectos afirma Duckwor, citado por Macedo et al. (1995).

As frutas têm sido de grande interesse científico na área de alimentos como matéria-prima para produtos processados, devido ao seu alto valor nutritivo e grande atrativo para os consumidores (TAPIA et al., 2000).

Entre os fenômenos fisiológicos de pós-colheita, a respiração deve merecer atenção especial, pois constitui o fenômeno básico para a obtenção da energia de que os tecidos vegetais necessitam. Através dela é possível a continuação das transformações metabólicas, a fim de completar a maturação (ALMEIDA, 1999).

Os vegetais de maior taxa respiratória, freqüentemente geram maiores problemas de manejo, pois são mais perecíveis (ASHRAE, 1994a).

Os frutos exercem importante papel na alimentação humana, sobretudo por serem fontes de vitaminas, minerais e fibras dietéticas. Os componentes mais abundantes em frutos e hortaliças são a água e os carboidratos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.2. Umbu-cajá

O umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) pertencente à família Anacardiaceae e ao gênero *Spondias*, é um híbrido natural, originado de polinização cruzada de umbuzeiro e cajazeira. Essas plantas possuem características xerófilas e origem desconhecida, encontrando-se disseminadas em plantios desorganizados em áreas nordestinas (GIACOMETTI, 1993).

Na Paraíba, esta espécie (umbu-cajá) encontra-se distribuída do litoral ao Sertão sendo que, na região do Brejo, são encontrados os exemplares mais exuberantes. É de grande importância socioeconômica para as famílias de pequenos produtores locais e sua produção se concentra nos meses de janeiro a fevereiro (LIMA et al, 2002).

Descrito por Lineus como possuidor de uma única espécie representante, *Spondias mombim* L., são conhecidas, hoje, de dez a quinze espécies distribuídas na América tropical e Indo-Malásia. No Brasil, este gênero é marcado pela presença de sete espécies (*Spondias lútea* L.; *S. purpúrea* L.; *S. mombim* L.; *S. cythera* sonn.; *S. Venulosa*; *S. tuberosa* e *S. sp.*), as quais apresentam grande variabilidade nos caracteres morfológicos de folhas e frutos, dificultando a delimitação de vista taxonômico e socioeconômico (PIRES, 1990).

Os representantes do gênero *Spondias* são conhecidos, popularmente por: cajazeira (*Spondias mombim* L.), serigüela (*Spondias purpurea* L.), cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), umbu-cajazeira e umbugueleira (*Spondias* Spp) (SOUZA, 1998).

O fruto da umbu-cajazeira é caracterizado como drupa arredondada, de cor amarela, casca fina e lisa, com endocarpo (caroço) grande, branco, suberoso e enrugado, localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente. A umbu-cajazeira apresenta cerca de 90% dos endocarpos desprovidos de sementes (SOUZA et al., 1997), o que torna inviável a sua propagação sexual, sendo tradicionalmente propagada pelo método vegetativo assexuado, através de estacas de 35 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro (SOUZA, 1998).

Os frutos possuem excelente sabor e aroma, boa aparência e qualidade nutritiva, muito consumido na forma “in natura”, apresentando rendimento médio de 55 a 65% em polpa, com potencial para sua utilização na forma processada como polpa congelada, suco, néctar, compota e sorvete (LIMA, 2002).

Tabela 2.0. Composição química dos frutos e polpa de umbu-cajá

Composição	Polpa	Fruto
Umidade(%)	-	84,2
pH	2,13	2,61
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,25	10,4
Acidez total titulável (%)	1,78	1,85
SST / ATT (%)	6,29	-
Vitamina C (mg/100g)	17,75	14,2

Fonte : Lima et al., 2002; MATSSUURA et al., 2001

O umbu-cajá também é conhecido como cajarana do sertão e cajá-umbu ou simplesmente cajarana, termos regionais próprios de localidades específicas (FONSECA et al. 2001).

Para que seja realizada a colheita do umbu-cajá para o processamento ou consumo “in natura”, deve-se levar em consideração o desenvolvimento da cor da casca dos frutos, o que facilita a análise visual do ponto de maturação (LIMA, 2002). Na fase de maturação, as mudanças ocorrem rapidamente e a avaliação visual do ponto de colheita não indica um índice de maturidade consistente. Para tanto, é preciso estar associado a outras características, como teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT e ao desenvolvimento das características físicas do fruto.

No Brasil, notadamente no Nordeste, essas espécies possuem grande importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados em mercados, supermercados e restaurantes da região (SOUZA, 1998).

2.2.1. Representantes da formação do umbu-cajá

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), é uma planta frutífera, xerófila, caducifolia, da família das anacardiáceas, que fornece frutos saborosos durante sua safra. É

uma árvore de pouca altura, esparramada, copa em forma de guarda-chuva, tronco curto, com galhos retorcidos e muito ramificados (ALMEIDA, 1999).

O umbu é uma fruta nativa da região semi-árida do Nordeste brasileiro; pode ser aproveitada de diversas formas, seja *in natura*, na forma de suco, sorvetes e, principalmente, como umbuzada e, ainda, aproveitado na alimentação animal (SOUSA & CATÃO, 1970). De acordo com (MENDES, 1990), sua industrialização na forma de doce, vinagre, geléia, vinho, acetona, concentrado para sorvete e suco e, especialmente, na forma de passa, apresenta-se, no momento, como a maior expectativa para sua exploração e expansão.

O cajá é uma fruta de casca lisa e fina, cor alaranjada ou vermelha, muito aromático e de polpa succulenta, de sabor agridoce, que se presta ao preparo de refrescos, batidas, licor e sorvetes. É rica em sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro, sendo freqüente nas várzeas e matas de terra firme e argilosa. De acordo com MORORÓ (1998) apresenta as características apresentadas na Tabela 2.1:

Tabela 2.1. Características químicas e rendimento do cajá

Parâmetros	Valores
Rendimento (%)	45 - 50
pH	2,4 - 2,8
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,4 - 13,5
Sólidos totais (%)	9,2 - 12,4
Cinzas (%)	0,4 - 0,6
Acidez (%)	0,9 - 1,7
Açúcares totais (%)	6,9 - 12,1
Ácido ascórbico (mg/100g)	24,2 - 31,8

Fonte : MORORÓ (1992)

O cajá possui coloração verde quando imaturo e amarelo quando maduro; pesa em torno de 22 gramas e diâmetro de 35 mm (CARDOSO et al., 1998). Sabor e aroma bastante

atrativos, consumido “in natura” e em forma de polpa, suco, néctar e compotas. Possui grande variabilidade de tamanho, forma e características físicas e químicas.

Segundo Rodriguez - Amaya & Kimura (1989), o cajá (*Spondias lútea* L.) possui boa fonte de pró-vitamina A, fornecendo valor de vitamina A maior que o caju, a goiaba, quatro cultivares de mamão e as cultivares de manga Bourbon e Haden.

Na Tabela 2.2 são apresentados o padrões de identidade e qualidade para a polpa de cajá, exigidos pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento.

Tabela 2.2. Padrões de identidade e qualidade para a polpa de cajá

Parâmetros	Valores	
	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis (^o Brix) a 20 ^o C	9,00	-
pH	2,2	-
Acidez total (ácido cítrico g /100g)	0,90	-
Açúcares totais	-	12,00
Sólidos totais (g / 100g)	9,50	-

Fonte: Brasil (2000)

2.3. Parâmetros físicos, químicos e físico-químicos

A característica externa dos frutos indica sua qualidade, no que diz respeito ao tamanho, forma e cor da casca. Essas características constituem fatores de aceitabilidade, pelos consumidores. A composição do fruto também é importante devido aos constituintes físico-químicos e químicos, da polpa. A qualidade organoléptica e nutricional é responsável pela aceitação definitiva dos frutos no mercado (LIMA et al, 2002).

Segundo (GOMES, 2002) o pó produzido pela secagem resulta em um material com características peculiares, diferentes daquelas próprias da polpa líquida e, em tal apresentação, precisa ser analisado, visando estabelecer suas propriedades que têm

influência no valor nutricional, na qualidade, nas variadas etapas de processamento e embalagem e no armazenamento.

2.3.1. Densidade

A densidade expressa a relação existente entre a massa e o volume de um corpo; sua determinação é uma das medidas mais simples e comuns na análise de alimentos (MADRUGA & ALDRIGUE, 2003).

A determinação da densidade em alimentos na forma líquida pode ser medida por diferentes metodologias, como picnômetros, densímetros, hidrômetros, oleômetros, balança de Westphal e outros (MADRUGA & ALDRIGUE, 2002).

Os picnômetros são construídos e graduados de modo a permitir a pesagem de volumes exatamente iguais de líquidos, a dada temperatura, apresentando resultados precisos. A relação desses pesos e volumes resulta na densidade (INSTITUTO ADOLFO LUTZ., 1976).

Conhecida também por peso específico ou gravidade específica, a densidade é o total da concentração de sólidos, gases e substâncias em suspensão dissolvidos na água. Recentemente, estão disponíveis medidores eletrônicos de líquidos; pequenas amostras de líquido são colocadas em um oscilador mecânico e a densidade é determinada medindo-se a frequência de ressonância, que está em função da densidade do material; a vantagem é que não é necessário determinar a massa nem o volume da amostra, o que torna a medida extremamente rápida. Por um longo tempo, o picnômetro foi o único método preciso para determinação da densidade e, por este motivo, muitas normas ainda referenciam, em suas linhas, este método; picnômetros são sempre utilizados com balanças para determinar a massa de uma amostra volumétrica (SALVAGNINI, 2000).

A densidade da amostra (Equação 2.1) é simplesmente a massa dividida pelo volume:

$$Densidade = \frac{Massadaamostra}{Volumedaamostra} \quad (\text{Equação 2.1})$$

2.3.2. Acidez

As frutas sofrem modificações pós-colheita, que determinam a qualidade a ser adquirida pelo consumidor. A maturação é um processo importante na vida da fruta, pois ocorre transformação do tecido fisiologicamente maduro (LIMA et al, 2002).

A acidez total (fixa e volátil) em alimentos é resultante dos ácidos orgânicos do próprio alimento, dos adicionados intencionalmente durante o processamento e daqueles resultantes de alterações químicas do produto. Portanto, a determinação da acidez total pode fornecer dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação do alimento (CARVALHO et al., 1990).

O teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até seu completo desenvolvimento fisiológico quando, então, começa a decrescer a medida em que ela vai amadurecendo (BLEINROTH, 1988).

De acordo com CARVALHO et al. (1990), os métodos através dos quais se avalia a acidez total, resumem-se em titular com solução padronizada de álcali a acidez do alimento, podendo ser empregada a fenolftaleína como indicador do ponto final da titulação.

Em geral, os teores de acidez, não excedem 1,5 a 2,0%, com raras exceções, como o limão, que pode conter teor acima de 3%, mas alguns frutos podem apresentar acidez muito baixa. Nos frutos cítricos, o teor de acidez na casca é inferior ao da polpa. A acidez é usualmente calculada com base no principal ácido presente, expressando-se o resultado como percentagem de acidez titulável e nunca total, devido aos componentes ácidos voláteis que não são detectados (FRANCO, 1998)

A acidez titulável é determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio. Os frutos perdem rapidamente a acidez com o processo de amadurecimento, porém em alguns casos há pequeno aumento nos valores, com a maturação (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.3.3. pH

O pH pode ser determinado por dois processos: pelo colorimétrico e pelo eletrométrico. A primeira determinação emprega indicadores coloridos ou papel de filtro impregnado com corantes, que mudam de cor em função da concentração hidrogeniônica (pH). Este método permite medir o pH apenas aproximadamente e não é aplicado às soluções coloridas ou muito turvas ou soluções absorventes, apresentando resultados falsos (FRANCO, 1998).

O processo eletrométrico baseia-se na determinação da concentração hidrogeniônica usando um potenciômetro e exige a calibração do aparelho com soluções-padrão, podendo ser aplicado para todos os casos, inclusive para soluções coloridas ou turvas (OLIVEIRA, 2001).

Segundo CHAVES (1993), a determinação do pH é importante por estar relacionado aos seguintes fatores: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, escolha da temperatura de esterilização, embalagem que será utilizada para o alimento, tipo de material de limpeza e desinfecção, de aditivos e outros.

Segundo EVANGELISTA (1994), o pH abaixo de 4,6 em alimentos, lhes confere reações ácidas, que constituem um mecanismo de proteção contra a proliferação de várias espécies de microrganismos.

2.3.4. Sólidos solúveis totais (°Brix)

CARVALHO et al. (1990) afirmam que a determinação do °Brix pode ser feita com instrumentos de leitura direta (refratômetro) ou indireta (densímetro de °Brix). Quando se utiliza o refratômetro, a determinação do °Brix consiste em colocar uma a duas gotas do material entre os prismas do refratômetro, fazendo-se a seguir a leitura direta em °Brix.

O refratômetro é o instrumento utilizado para medir os sólidos solúveis de determinadas soluções através do índice de refração da luz. Ao atravessar a solução de sacarose, o raio de luz sofre um desvio de sua trajetória, em função da densidade ótica do meio. A medida desse desvio chama-se índice da refração (n) (Equação 2.2) que nada mais é que a relação entre o seno do ângulo de incidência (i) e do ângulo de refração(r) (GOMES, 2002):

$$n = \frac{\text{sen}i}{\text{sen}r} \quad (\text{Equação 2.2})$$

O índice de refração varia com a temperatura, com o comprimento de onda da luz em soluções de sacarose e com a quantidade de sólidos em solução. A concentração aparente dos sólidos solúveis em solução, determinada no refratômetro, é denominada °Brix. Assim, o Brix é definido como sendo a percentagem em peso de sólidos solúveis aparente do material analisado (GOMES, 2002).

É a percentagem, em grama, de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa. No caso de frutas, esses sólidos hidrossolúveis são constituídos por: açúcares (65 a 85% dos sólidos dissolvidos), ácidos orgânicos, sais minerais, vitamina C e do complexo B e outras substâncias hidrossolúveis (FRANCO, 1998).

A medida em que as frutas vão amadurecendo, o amido é hidrolizado em °Brix, pode referir o teor de açúcar da fruta, é um parâmetro indicativo da participação da doçura no gosto doce ácido de polpas. É usado ainda como indicativo da concentração das polpas

de frutas, estágio de amadurecimento da fruta e pontos inicial e final de doces e geléias (LUND,1975).

O processo osmótico em soluções de sacarose associado à adição de ácido e temperaturas elevadas, favorecem o incremento de sólidos solúveis totais e a conservação da cor (ARGANDOÑA et al., 2002).

2.3.5. Umidade

O teor de umidade de um produto pode ser definido como a relação entre a massa de água livre contida no produto e sua massa total.

Materiais higroscópicos contêm água em estado líquido que, por sua vez, está em contato direto com sua estrutura celular e pode ser facilmente evaporada na presença de calor. Esta água é denominada água livre e esses materiais possuem outras quantidades de água, denominadas água de constituição, quimicamente presa ao material. Quando esses materiais são submetidos a um processo de secagem, apenas a água livre é removida ou evaporada com a presença do calor (PRADO, 1999).

Os frutos são alimentos que apresentam elevado teor de umidade, razão pela qual estão, sujeitos a sofrer inúmeras alterações, já que a água é o principal veículo para o processamento de alterações de natureza química e bioquímica nos alimentos (BRASIL & GUIMARÃES, 1998).

A temperatura e a umidade influenciam diretamente na intensidade respiratória das frutas tropicais, após a colheita. Pode interferir na velocidade da reação dos processos metabólicos, no tempo de armazenamento e até causar distúrbios fisiológicos (SIGRIST, 1988).

A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade,

qualidade e composição, e pode afetar a estocagem, embalagens e processamento. Por sua vez, os sólidos totais são obtidos pela diferença entre o peso total da amostra e o conteúdo de umidade (NORONHA, 2002).

2.3.6. Cinzas

As cinzas em alimentos se referem ao resíduo inorgânico que resta da queima da matéria orgânica, sendo transformadas em CO_2 , H_2O e NO_3 (NORONHA, 2002).

As cinzas são constituídas de potássio, sódio, cálcio, magnésio e pequenas quantidades de alumínio, ferro, cobre, manganês, zinco e traços (Ar, I, F) de outros elementos. Em polpa de frutas, conforme a literatura, o percentual de cinzas varia de 0,3 a 2,1 % (GOMES, 2002).

Nem sempre os resíduos representam toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento. Geralmente, as cinzas são obtidas por ignição de quantidade conhecida da amostra em cadinho ou cápsula de platina ou porcelana ou, então outro material resistente ao calor, e mantido em mufla a 550°C , até eliminação completa do carvão. As cinzas deverão ficar brancas ou ligeiramente acinzentadas (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

Segundo SILVA (1981), cinza ou resíduo mineral é o produto que se obtém após aquecimento de uma amostra, a temperatura de 500 a 600°C , ou seja, até o aquecimento ao rubro, durante 4 horas ou até a combustão total da matéria orgânica. Esta determinação fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. O teor de cinzas pode permitir, às vezes, uma estimativa das riquezas de cálcio e fósforo do alimento analisado porém alguns alimentos de origem vegetal são ainda ricos em sílica, o que resulta num teor elevado de cinzas. A determinação das cinzas ou matéria mineral é feita, muitas vezes, apenas para se conhecer o extrato não nitrogenado e/ou a matéria orgânica de determinadas amostras, sem a preocupação do teor de minerais.

Uma análise global da composição das cinzas nos diferentes tipos de alimentos, além de trabalhosa não é de interesse igual ao da determinação de certos componentes, conforme a natureza do produto. Assim as determinações de fosfatos, sulfatos, cloretos, cálcio e ferro, são as mais usuais (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

Segundo OLIVEIRA (1997), a determinação das cinzas é considerada medida geral de qualidade, sendo freqüentemente utilizada como critério na identificação dos alimentos; o teor muito alto de cinzas indica presença de adulterantes.

2.3.7. Açúcares

Os carboidratos são os compostos biológicos mais abundantes em nosso planeta. Estima-se uma produção desses compostos através da fotossíntese, em torno de 10^9 t/ano. Mais de 200 monossacarídeos diferentes, estruturalmente relacionados com a glicose e a frutose, já foram relatados. São importantes constituintes da dieta, e uma das principais fontes de calorias para o corpo humano (CARVALHO et al., 1990).

De acordo com Kader, citado por BLEINROTH (1988), as frutas tropicais possuem teores de carboidratos variando entre 10 e 25% de seus pesos frescos.

SOARES et al. (2001) ao estudarem a acerola após a desidratação pelo processo de secagem foam-mat, observaram o teor de açúcares redutores reduzido.

De acordo com AWAD (1993), os frutos são, em primeiro lugar, uma fonte de energia e a concentração de açúcares na polpa da maioria deles se situa na proximidade de 10%, com vários tipos de frutas apresentando valores bem superiores (banana, manga, caqui e uva).

Os principais açúcares em frutos são a glicose, a frutose e a sacarose, em proporções variadas, de acordo com a espécie e com o cultivo. O teor de açúcares aumenta com a maturação dos frutos (CHITARRA, 1994).

As frutas sofrem alterações metabólicas provocadas por transformações químicas, provocando mudanças de sabor em virtude do aumento de açúcares pela transformação de amido em glicose, frutose e sacarose (ROCHA & SPAGNOL, 1983).

2.3.8. Vitamina C

Conforme MORETTO et al. (2002) a vitamina C, ou ácido L-ascórbico, está amplamente distribuída na natureza, em altas concentrações. O L-ascórbico é o principal composto com 100% de atividade de vitamina C. E seu produto de oxidação, o ácido L-deidroascórbico, tem cerca de 75 a 80 % de atividade de vitamina C.

A vitamina C é solúvel em água (0,3 mg/ml), estável na forma seca, solúvel em álcool etílico (1g/50ml), insolúvel nos solventes orgânico, muito sensível ao oxigênio e à luz, termossensível, estável em meio ácido e instável em meio alcalino. Sua oxidação pode ser acelerada na presença de cobre ou ferro e em pH alcalino (GUILLAND & LEQUEU, 1995).

Dentre as vitaminas hidrossolúveis a C é mais lábil e, como já referido, é facilmente oxidada por agentes químicos e físicos, perdendo sua atividade (PILON,2003).

O ácido ascórbico (vitamina C) é, dentre as vitaminas, a que mais se altera no armazenamento a temperatura ambiente, pois o tempo e a temperatura influenciam na sua degradação, ocorrendo oxidação tanto na presença do oxigênio do ar quanto do oxigênio, em pequenas quantidades nas células (LEDERER, 1991).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990) aproximadamente 90% das necessidades de vitamina C do homem são oriundos de frutas e verduras. As frutas cítricas são consideradas as melhores fontes de vitaminas C, devido a seu consumo elevado no mundo inteiro e, principalmente, por apresentarem um elevado teor dessa vitamina (50 a 75mg/100ml de suco).

A FAO/OMS recomendam 30 mg diários de vitamina C para adultos de ambos os sexos, dos 13 a 50 anos; 50 mg durante a gestação e lactação e, para crianças recém-nascidas e crianças até a idade de 13 anos, 20 mg diários (FRANCO, 1998).

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).

2.3.9. Cor

A cor é um parâmetro significativo na avaliação de um produto alimentício, pois é utilizado no controle de qualidade, na avaliação da aparência e aceitação.

A aparência de um alimento concorre muito para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto dos naturais quanto dos processados. A cor dos alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (pigmentos naturais) ou da adição de corantes sintéticos (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Um fator de grande importância é a aparência, no que diz respeito à comercialização, observada pelos consumidores quanto ao frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (CHITARRA, 1998).

Durante o processo de senescência e/ou armazenamento prolongado de frutas, observa-se decréscimo dos carotenóides, devido à ação da luz, enzimas e oxigênio, levando à formação de epóxi (MADRUGA, 2003).

A cor dos tecidos dos frutos muda durante a estocagem em frutos no estado fresco e durante o processamento. Essas mudanças se referem ao trabalho da ação das enzimas ou a outros processos. Esses processos são atribuídos à auto-oxidação de fenóis durante a cocção prolongada, caramelização, e reações de ferro ou impurezas minerais na água de processamento (CZYHRINCIW, 1969).

O ar de secagem utilizado para secar o tomate é normalmente, um processo de temperaturas altas e de longo tempo. Esta condição causa danos a cor, oxidando o tomate. Antes da secagem a desidratação osmótica é utilizada como pré-tratamento, protegendo e minimizando a degradação térmica da cor e sabor, evitando dourar enzimas; além disso, retém nutrientes. A desidratação osmótica tem sido bastante utilizada com a finalidade de diminuir a degradação de cor durante a secagem do tomate (BARONI et al., 2001).

BUGUEÑO et al., 2001, estudando o efeito de tratamento osmótico nas propriedades físicas e microestruturais do mamão minimamente processado, observaram que as células mudam de forma e reduzem de tamanho, podendo-se observar esses efeitos mais internamente no fruto. Após a diminuição da água nas amostras, concentra-se o componente da cor notando-se escurecimento e menos luminosidade.

A cor e o brilho são parâmetros óbvios na observação da aparência. A integridade e a consistência contribuem para está avaliação (CHAVES, 1996).

2.4. Desidratação

Através dos tempos, o homem tem utilizado o sol como fonte natural de calor para a desidratação de frutas. Atualmente, dispõe-se de várias alternativas tecnológicas para a desidratação das frutas, nas mais diversas formas (TRAVAGLINI, 2001).

Frutas tropicais de apreciável sabor e aroma, porém altamente perecíveis, requerem remoção de água para sua preservação, sendo freqüentemente utilizada a desidratação (BORGES et al., 1994).

A desidratação ou secagem é um procedimento importante para conservação de alimentos, por diminuir a atividade de água (aw). Considerando-se que os produtos vegetais são constituídos por mais de 80% de água e o processo de secagem implica na redução de custos em transporte além de prolongar a sua vida de prateleira (GABAS, 1998).

A desidratação é a retirada de água presente nos alimentos. Graças a este método, os alimentos se conservam por longos períodos e podem ser preparados com facilidade. A remoção de água do produto agrícola tem, como maior finalidade, a conservação dos alimentos inibindo, desta forma, a propagação de microrganismos evitando também as transformações bioquímicas favorecidas pela umidade (UNIFEM, 1989).

Além do objetivo mais evidente a preservação da fruta pela redução da umidade, a desidratação oferece um produto para consumo na forma direta, ou como ingrediente na elaboração de outros produtos alimentícios (TRAVAGLINI, 2001).

A industrialização de produtos biológicos desidratados vem sendo difundida cada vez mais, em virtude da facilidade de armazenagem, preparação e consumo (JESUS et al., 2001).

Durante a desidratação, os vegetais sofrem trocas que modificam a disponibilidade dos nutrientes e alteram as características organolépticas dos produtos (CRAPISTE, 2000).

A água é um dos principais componentes dos alimentos e, mesmo em produtos desidratados, como a farinha, apresenta grande influência sobre as características de armazenamento (QUAST, 1968).

A desidratação de alimentos como método de conservação dos mesmos implica em estudos de fenômenos de eliminação de água por parte dos tecidos animais e vegetais. (ALBORS et al, 2001).

De acordo com TRAVAGLINI, 2001, as frutas desidratadas são, de modo geral, obtidas pela perda quase total de água da fruta inteira, em pedaços ou polpa, sendo o teor de umidade do produto final de no máximo 3%.

A secagem é um processo de grande importância na indústria de processamento químico e de alimentos. Sendo um processo que envolve fenômenos de transferência de

calor e massa entre produtos agrícolas e o ar de secagem. Alguns fenômenos podem ser equacionados e agrupados em modelos matemáticos, os quais tem-se demonstrado eficiência no desenvolvimento e otimização dos secadores agrícolas (SILVA, 1995).

Através da secagem, a matéria alimentar é beneficiada prolongando a sua preservação, podendo ser comercializado no período de entressafra, reduzindo a massa e volume permitindo um transporte econômico (VAZQUEZ et al, 1997).

A secagem de polpas concentra os princípios da matéria-prima e diminuir o teor de água disponível para os processos de decomposição. Além disso, diminui o volume e a massa, reduzindo os custos de transporte e estocagem (GOMES, 2002).

A secagem superficial em frutas e hortaliças é uma operação unitária muito comum em plantas processadas e frescas. Durante a operação de secagem existem riscos da temperatura do secador e o tempo de resistência do produto dentro do secador serem excessivos provocando graves perdas de qualidade e vida útil. Existe equipamento industrial que permitem controlar a temperatura de processo de secagem diminuindo os riscos de exposição do produto a altas temperaturas (FITO, 2001).

A secagem artificial proporciona meios para se secar as frutas rapidamente na época de colheita, não dependendo das condições de tempo (TRAVAGLINI, 2001).

Quando um sólido é submetido a secagem ocorre, transferência de calor do ambiente para evaporar a umidade superficial. E transferência de massa (umidade) do interior do material para a superfície (KROSS, 2002).

São vários os processos de desidratação, uns mais complexos que os outros, mas todos com a finalidade de prolongar a vida de prateleira de produtos alimentícios.

O conhecimento das propriedades e dos fenômenos que reagem a transferência de calor e de massa durante o desenvolvimento da secagem é a base para escolher o método

mais adequado e as condições otimizadas para executar o processo, com intuito de aperfeiçoar a produção (MUJUMDAR e GUPTA, 1983).

Para realizar a secagem de polpa de frutas é necessário que se leve em conta a composição inicial e a utilização final do pó (FIGUEIRÊDO, 1998).

Segundo TRAVAGLINI, 2001, a desidratação é um dos métodos mais antigos de preservação de frutas e, de modo geral, é realizada por um processo em que se utiliza energia térmica para remover, parte ou quase totalidade, da água das frutas.

A desidratação pode ser realizada através de calor para secar o alimento, utilizando-se estufas onde há ar quente circulando. É desta forma que se obtém, por exemplo, o tomate seco, a uva-passa, os vegetais desidratados e a banana passa. Este processo apresenta custo menor em comparação com a liofilização, a secagem por aspersão (spray drying) e os tambores rotativos, por ser simples e utilizar equipamentos baratos, tomando-se acessível a pequenos empreendedores (MAURO, 1992).

Os produtos resultantes da desidratação das frutas serão classificados como secos e desidratados (TRAVAGLINI, 2001).

Visando a uma fácil conservação e redução dos custos de produção e transporte, desenvolveu-se um processo de desidratação, denominado foam-mat drying, através do qual o suco de frutas ou vegetais é desidratado apresentando-se, ao final do processo, em estado sólido, amorfo ou cristalino, contendo no máximo 5% de água, resultando em material de fácil hidratação ao se reconstituir o suco natural da fruta ou vegetal utilizado e tendo, como principal finalidade, a redução de peso e volume, através da eliminação da água (SILVA, 1971).

O processo de secagem em camada de espuma (foam-mat drying) desenvolvido por Arthur Morgan Jr. e outros colaboradores, em 1959, possibilitou a secagem de inúmeros

materiais, uma vez que remove umidade de materiais sensíveis sob condições suaves UBOLBI (1971).

Este processo consiste, basicamente, no preparo do purê, suco ou polpa concentrado em forma de uma espuma estável que, distribuída em uma camada fina, é submetida a uma corrente de ar quente, até desidratação final (TRAVAGLINI et al, 2001).

Este processo de secagem consiste, fundamentalmente, de três etapas, UBOLBI (1971):

- produção de espuma estável, utilizando-se aditivos,
- secagem da espuma em forma de capa delgada,
- desintegração da massa seca em escamas e, finalmente, em pó.

No processo foam mat a polpa a ser desidratada é transformada numa espuma estável, na presença de aditivos, utilizados em pequenas quantidades, e agitada em uma bateadeira elétrica. A secagem foam-mat pode ser executada em diversos tipos de equipamentos simples e a espuma deve suportar todas as operações mecânicas necessárias ao processo além de manter o seu volume e uma estrutura porosa durante a secagem, sendo desidratada a temperaturas relativamente baixas. Após a secagem, a massa desidratada é facilmente quebrada e transformada em pó através de processadores ou até mesmo liquidificadores. Este processo mantém alta qualidade e boa estabilidade dos produtos sob armazenamento, não requerendo condições de refrigeração para o uso normal mas oferecendo grandes possibilidades comerciais, sendo aplicados em: café, sucos de laranja, grapefruit, uva, carambola, abacaxi, coco, batatas, alimento para crianças, leites, purês de abricó, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate e outros produtos instantâneos (UBOLBI,1971).

O ponto crítico do processo é a formação de espuma estável e de densidade adequada. Normalmente, a densidade necessária para a espuma formada está na ordem de 0,6g /ml, ou seja, consiste numa dispersão de bolhas gasosas esféricas numa fase líquida contínua, diferente da espuma formada por sabão, que é bem mais leve (TRAVAGLINI et al, 2001).

Para que a estabilidade da espuma seja constante durante todo o processo de secagem, é importante que o líquido a ser desidratado contenha duas características essenciais: consistência e habilidade de formar filme (TRAVAGLINI et al, 2001).

SOARES et al. (2001) ao desidratarem a polpa de acerola pelo processo foam-mat afirmaram ser este tecnicamente viável.

Para alguns produtos desidratados, os pós proveniente de câmara de secagem e dos ciclones podem, antes de ser embalados, sofrer processamento logo após a secagem com fins de melhorar as suas características de dispersibilidade, ou seja, tornar o produto com características instantâneas (AGUIRRE et al, 2001).

2.5. Aditivos

Os aditivos são substâncias capazes de conservar e melhorar a qualidade dos alimentos. Antigamente, utilizava-se o sal para preservar carnes e peixes, ervas e temperos, para melhorar o sabor dos alimentos, açúcar para preservar frutas e vinagre para conservar pepinos e outros vegetais; entretanto, com o advento da vida moderna, mais aditivos têm sido empregados a cada ano, melhorando a qualidade de alguns produtos industrializados.

Existem cerca de 3.500 aditivos usados universalmente pelas indústrias.

São inúmeros os aditivos atualmente empregados, mas todos eles sofrem uma regulamentação federal no seu uso: alguns são permitidos somente em certas quantidades, enquanto outros já foram banidos de nosso cardápio.

No Brasil, os aditivos permitidos são classificados em 11 categorias: acidulantes, antiespumíferos, antioxidantes, antiúmectantes, aromatizantes, conservadores, corantes, edulcorantes, espessantes, estabilizantes e umectantes.

Na desidratação pelo processo foam mat geralmente se utilizam espessantes e estabilizantes na formulação das amostras.

Os aditivos são incorporados ao material desintegrado antes da secagem para melhorar o sabor, a estabilidade e a textura do produto (AGUIRRE, 2001).

Os espessantes garantem a consistência dos produtos razão por que são usados em sorvetes, balas, produtos lácteos e conservas; trata-se de um aditivo com capacidade de interferir na estrutura, na textura e propriedades dos alimentos, indispensável em alguns produtos alimentícios, em virtude de promover o espessamento, gelificação e estabilização podendo, ainda, atuar, como agente auxiliar de processamento (CALIL, 1999).

Os espessantes são substâncias cuja finalidade é aumentar a viscosidade de alimentos, geralmente na forma líquida. Esta classe de aditivos é formada sobretudo pelas gomas naturais extraídas de plantas, algas, semente etc. Os monos e diglicerídios, que também pertencem à classe funcional, são produzidos a partir de óleos em gorduras vegetais.

A grande maioria dos espessantes se compõe de carboidratos naturais – carragena, goma-guar, goma arábica ou, ainda, dos modificados quimicamente, carboximetil celulose (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Segundo (CALIL, 1999) os principais estabilizantes são os polissacarídeos, em geral utilizados em emulsões e suspensões, como maioneses, margarinas, molhos, massas, sorvetes, balas, cremes e geléias, produtos que devem ter aparência uniforme. As funções e propriedades dos estabilizantes são: controlar a textura, palatabilidade e atratividade dos alimentos.

2.6. Atividade de água (a_w)

A atividade de água é uma propriedade fundamental para a conservação e armazenamento de um alimento. Este parâmetro não é só função do conteúdo de água mas, também, das substâncias que exercem o efeito de ligação de água na estrutura do alimento. Desta forma, alimentos que possuem, em sua estrutura, a mesma quantidade de umidade, podem apresentar diferentes atividades de água, dependendo do seu conteúdo de água, ligando substâncias à sua estrutura (HEIDELBAUG & KAREL, 1975).

A forma mais utilizada para se obter o comportamento da água nos alimentos, é através das isotermas de adsorção de umidade, que descrevem a quantidade de água adsorvida por um produto, em função da a_w , obtendo-se assim, informações sobre condições ideais de conservação, como tipo de embalagem, estabilidade no armazenamento, viabilidade de reações deteriorativas e alterações causadas por microrganismos (CARVALHO, 1994).

Em seus estudos, ADAMBOUNOU et al. (1983) encontraram que o valor ótimo de atividade de água para o crescimento de microrganismos se encontra entre 0,92 e 0,99; além disso, a desidratação se revelou também como forma de reduzir os custos energéticos, importante para o transporte, embalagem e armazenamento dos alimentos com alto teor de água.

O conhecimento da atividade de água dos alimentos é fundamental para o estudo do processo de desidratação (VIDAL, 2001).

De acordo com BRAGA & MATA (1984), as curvas de equilíbrio higroscópico são indispensáveis na secagem de produtos biológicos, uma vez que permitem definir-se os limites da perda de água sob condições estabelecidas de temperatura e umidade relativa do ar, permitindo determinar o valor final do teor de umidade do produto.

Os valores da umidade de equilíbrio para um produto, são determinados em laboratório, colocando-se amostras em recipientes herméticos sob condições de temperatura e umidade relativa controladas, até que não se verifique alteração significativa entre pesagens consecutivas do material (condições de equilíbrio higroscópico). Os dados obtidos experimentalmente servem de base para a concepção de modelos matemáticos, que dão origem a curva e tabelas de aplicação imediata (ATHEIÉ et al., 1998).

Remover água dos alimentos sólidos surgiu como forma de se conservar o alimento, inibindo o crescimento de microrganismos, além de prevenir grande parte das reações bioquímicas que ocorrem na presença de umidade (ADAMBOUNOU et al, 1983).

A desidratação de frutas, embora reduza a disponibilidade de água e aumente a durabilidade, provoca certas mudanças estruturais nos açúcares, como alto grau de amorfismo, tornando o produto altamente higroscópico e sensível às mudanças físicas, químicas e microbiológicas, as quais prejudicam sua aceitação pelo consumidor. É neste aspecto, portanto, que a construção das isotermas e o estudo cinético da adsorção se fazem necessários, pois a partir destas informações se pode melhorar o desempenho dos secadores e prever o conteúdo de umidade de equilíbrio (LABUZA et al., 1970; KAREL, 1975; CABRAL & ALVIM, 1981; SINGH et al., 1981; STRUMILLO & KUDRA, 1986).

O modelo de isoterma pode ser mais adequado que o outro, especialmente quando descreve com maior precisão o fenômeno de adsorção ou dessorção para a ampla faixa de atividades de água. É conveniente que dos modelos utilizados o que fornecer informações criteriosas como água adsorvida ou calor de sorção acerca do fenômeno, seja escolhido, IGLESIAS e CHIRIFE (1983).

Segundo GUGGENHEIM (1966), ANDERSON (1946) e De BOER (1953) as teorias de adsorção física de Languimuir e BET, resultam numa equação triparamétrica, conhecida como equação de GAB, adequada para aplicações em engenharia permitindo um ajuste melhor de dados de sorção de quase todos os alimentos, até atividades de água de 0,9.

A vantagem da utilização de modelos matemáticos na predição das isotermas de adsorção de umidade está no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma que, por sua vez, pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas atividades de água, pontos estes de difícil determinação experimental (PENA, 1996).

2.7. Embalagem

Ao longo do tempo, a indústria de alimentos tem sofrido constantes mudanças para se adaptar às crescentes exigências dos consumidores (AZEREDO et al, 2000).

As primeiras "embalagens" surgiram há mais de 10.000 anos e serviam como simples recipientes para beber ou estocar. Esses primeiros recipientes, como casca de coco ou conchas do mar, usados em estado natural, sem qualquer beneficiamento passaram, com o tempo, a ser obtidos a partir da habilidade manual do homem. Tigelas de madeira, cestas de fibra natural, bolsas de pele de animais e potes de barro, entre outros ancestrais dos modernos invólucros e vasilhames, fizeram parte de uma segunda geração de formas e técnicas de embalagem.

Vive-se num mundo de produtos embalados. Praticamente, todos os produtos vendidos são embalados, seja na sua forma final ou nas fases intermediárias de fabricação e transporte. Para muitos produtos, a embalagem é o seu símbolo. Cita-se, como exemplo, o frasco de perfume, o extintor de incêndio, a caixa de lenços de papel, a caixa de fósforos etc. Todos lutam por atenção na prateleira da loja e no armário de casa. A embalagem é a primeira apresentação entre o consumidor e o produtor. Este não conhece o conteúdo; o

impulso ao consumo, antes mesmo da necessidade, surge da captação visual da imagem e, com isto, diz-se que a forma é tão importante quanto o conteúdo. Tratando-se de embalagem alimentícia, tem-se, além do aspecto visual, o higiênico, que vai ser representado nas diferentes e variadas fases do processamento, desde produção, armazenamento, transporte etc (AZEREDO, 2000).

A embalagem de um produto alimentício é de importância fundamental, no que diz respeito à qualidade. Na era da qualidade total, muitos produtores e empresas agrícolas têm relegado esta característica, hoje imprescindível no mercado mundial. Muitos ainda preterizam a qualidade em nome do custo ficando, assim, superados na roda da concorrência e da exigência de mercado (ALBUQUERQUE, 1999).

No acondicionamento das frutas, a embalagem deve ser utilizada com a intenção de absorver impactos, vibrações e outros agentes externos capazes de provocar a perda de qualidade do seu conteúdo. A tecnologia que estuda as embalagens para frutos e hortaliças, é direcionada para fatores de influência na qualidade e conservação desses produtos, tais como o tipo de material, a interação do material com o produto, de que forma e onde serão utilizados (SARANTOPÓULOS, 1998).

Segundo (Bobbio & Bobbio, 1992), é importante que todo alimento seja protegido por uma embalagem, tendo duas funções: protetora e de propaganda, facilitando seu manuseio no processamento, armazenamento e uso pelo consumidor.

O planejamento é fator imprescindível na escolha da embalagem pois é necessário cumprir todas as funções, como viabilidade e utilização (Evangelista, 1994).

DI PETINA et al (1996) não encontraram diferenças significativas nas características sensoriais quanto à aparência e coloração e na observação do murchamento em brócolis, folhas inteiras de espinafre e aspargos prontos para o uso, embaladas em diferentes tipos de filmes, plástico flexível e armazenados a 4⁰C.

Conforme Perdue (1989), as frutas e hortaliças, podem modificar a atmosfera dentro da embalagem.

As embalagens para alimentos têm sido planejadas para proteger o produto; um de seus principais requisitos é a não interação com o alimento acondicionado, funcionando como barreira inerte entre o alimento e o ambiente (AZEREDO et al, 2000).

No sentido convencional, uma embalagem aumenta a segurança do alimento, de acordo com os seguintes mecanismos: barreiras a contaminações (microbiológicas e químicas) e prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento (HOTCHKISS,1995).

Os requerimentos de permeabilidade da embalagem variam em função das características do produto a ser acondicionado (ZAGORY et. al, 1998).

O metabolismo de carboidratos e gorduras produz água, o que pode acarretar a presença de níveis inadequados de água no interior de um sistema de embalagem (LABUZA, 1996).

Tradicionalmente, os materiais de embalagem têm sido selecionados no sentido de apresentarem mínima interação com o alimento que acondicionam, constituindo barreiras inertes (ROONEY, 1995 b).

Alguns sistemas são compostos por filmes que liberam metais que os auxiliam na preservação da cor. (LABUZA & BREENE, 1989) mencionaram a utilização de filmes que liberam zinco ou magnésio e promovem a manutenção da cor verde conferida pela clorofila, no caso de hortaliças enlatadas.

Segundo AZEREDO, 2000, a embalagem não melhora a qualidade do produto; do mesmo modo, a embalagem não substitui a refrigeração. A qualidade será mantida quando as boas condições de embalagem forem associadas a boas condições de transporte e

armazenamento. Embalagens de pequeno volume ou tamanho são também produzidas, podendo consistir de um simples suporte de papel, rede, malha ou saco plástico disponível para o consumidor selecionar, embalar e pesar seu material. O mais comum é o uso da pré-embalagem nos depósitos de supermercados, nas centrais de embalagem no próprio local de produção. Cada unidade de embalagem é selada e rotulada com informações. Os tipos de embalagem ao consumidor, são:

- sacos de papel, filme plástico, algodão ou malha plástica
- bandejas moldadas de papelão ou plástico (polietileno ou poliestireno)
- caixas dobráveis de papelão, com janela plastificada ou com divisões para os frutos individuais
- cestas pequenas redondas ou retangulares, de plástico ou madeira.

De acordo com ALBUQUERQUE, 1999, as embalagens devem desempenhar três funções básicas:

1. acondicionar o produto, de tal forma a evitar perdas durante o transporte e armazenamento
2. proteger o produto durante o transporte e o armazenamento
3. informar, permitindo que se identifique a natureza, qualidade, classificação, a origem e destino do produto.

Outras características também devem ser observadas, como: formas e dimensões compatíveis com o mercado, transporte e facilidades no manuseio, tanto manual como mecânico, custos aceitáveis e suprimento confiável (CHITARRA, 1990).

2.7.1. Embalagem laminada

As embalagens laminadas protegem os produtos, evitando o contato direto da luz com o produto, preservando com mais eficácia os alimentos, aumentam a vida de prateleira

são resistentes e utilizadas em grande escala, em vários produtos, como: leite, sopas desidratadas, creme em pó, café, tempero em pó e outros; além disso, possuem qualidades superiores comparando-as a outras embalagens.

MOURA, 1990, afirma que os plásticos foram introduzidos na fabricação de embalagens no pós-guerra e englobam, entre outros, filmes, sacos, tubos, engradados e os frascos. As embalagens de plástico podem ser moldadas em diversos formatos e, comparadas a outros materiais, são mais leves. Entretanto, são pouco resistentes ao calor e permitem alguma difusão de gases, vapor e sabores. Os principais plásticos usados, são: o polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloreto de polivinila (PVC), polietileno tereftalado (PET), polietileno de alta densidade (HDPE) e o polietileno de baixa densidade (LDPE). O PP é muito utilizado para moldar tampas, pequenos frascos, rótulos para garrafas de refrigerante, potes de margarina, etc. Uma das maiores vantagens é a resistência que possui. O PS é usado em forma transparente ou composta, para produção de utensílios de mesa e xícaras claras. Em forma de espuma, o PS é usado para xícaras de bebida quente e outros recipientes isolantes para comida, caixa para ovos e embalagens amoldadas. O PVC é empregado para fabricação de frascos rígidos e maleáveis, blister e filmes, e para outras embalagens para as quais existe a necessidade de barreiras. A principal utilização do PVC é na fabricação de bens duráveis, além de cosméticos, produtos de limpeza e da indústria automobilística, área médica e alimentícia, entre outros. Usa-se o PET principalmente para a produção de frascos de refrigerante. O LDPE na forma de filme, é usado para produção de sacos plásticos. O HDPE, na forma sem pigmentos, é usado em frascos de laticínios, água mineral e sucos de frutas. Pigmentado, é usado, em frascos de maior volume, para detergentes de roupa, branqueadores, óleo de motor etc...

A presença de tinta entre a camada de metalização e o substrato pode aumentar até sete vezes a taxa de permeabilidade do vapor d'água (TPVA), em relação ao mesmo substrato metalizado sem impressão (GARCIA et al, 1989).

As embalagens metálicas e de vidro são consideradas ótimas barreiras ao vapor d'água, desde que com adequado sistema de fechamento. As propriedades de barreira dos materiais

plásticos dependem do tipo de resina, da espessura e da temperatura e umidade relativa do ambiente de estocagem (ALVES, 2001).

A barreira ao oxigênio de estruturas metalizadas depende da camada de metalização (espessura, homogeneidade, das características do substrato metalizado, propriedades superficiais, presença de impressão e do processo de metalização. As resinas plásticas poliolefinas, como polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de baixa densidade linear (PEBD), e polipropileno e polietileno de alta densidade (PEAD) são as que apresentam maior barreira ao vapor d'água, sendo utilizadas para fabricação de filmes simples ou estruturas laminadas ou co-extrudadas. A bi-orientação do polipropileno (BOPP) aumenta suas propriedades de barreira (GARCIA et al, 1989).

A qualidade de produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido a diversas reações mas, basicamente, esses produtos, quando embalados, apresentam maior período de vida – de – prateleira, se protegido para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade. A vida-de-prateleira, depende, fundamentalmente, da proteção oferecida pela embalagem contra a absorção de umidade disponível no ambiente de estocagem (ALVES, 2001).

A barreira ao vapor d'água, de embalagens plásticas rígidas, depende do tipo de resina utilizada, da distribuição de espessura da parede, da área superficial, do processo de fabricação e do sistema de fechamento da embalagem. Para produtos sensíveis a reações de oxidação, além de barreira ao oxigênio é importante a barreira à luz, uma vez que esta acelera as reações de oxidação, o que é obtido com a adição de aditivos absorvedores de luz ultravioleta, adição de pigmentos coloridos e laminação de filmes com a folha de alumínio. A metalização também reduz sensivelmente a percentagem de transmissão de luz (GARCIA et al, 1989).

O polietileno tem baixa permeabilidade à água, excelentes características de isolamento elétrico, resistente aos ácidos, álcalis e solventes orgânicos (PIERGIOVANNI, 1998).

Uma embalagem com boas características de barreira ao oxigênio aumenta a vida útil de produtos sensíveis ao oxigênio, como alimentos desidratados. A embalagem deve constituir-se numa barreira que impeça ou dificulte o contato entre o ambiente externo e o

produto em seu interior. Estão disponíveis no mercado inúmeras opções de embalagens plásticas flexíveis, semi-rígidas e rígidas, com diferentes características de barreira para atender às novas exigências de mercado (GARCIA et al, 1989).

Segundo CABRAL et al. (1980) o polietileno é conhecido como o material plástico transparente mais vendido no mundo e de menor preço. Sua resistência e flexibilidade o tornam aplicável a um elevado número de opções para embalagem. Vantagens: facilidade de soldagem e baixa permeabilidade ao vapor de água.

De acordo com CERETTA et al. (1999) filmes de PVC reduzem o escurecimento na região peduncular, a perda de peso e o murchamento, mantendo a qualidade de laranjas de cultivar Valência por quarenta e dois dias de armazenamento refrigerado a 8°C.

KLUGE et al. (1999) utilizaram embalagem de polietileno durante o armazenamento refrigerado de ameixas cv. Amarelinha, verificando a redução na perda de peso das frutas.

De acordo com GAMA et al. (1991) o acondicionamento dos frutos em embalagem de polietileno evitou a perda de peso e aumentou o tempo de conservação do maracujá.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

3.1. Matéria-prima

Foram utilizados, aqui, frutos de umbu-cajá (*Spondias spp*) adquiridos no comércio de Campina Grande, provenientes da região de Açu, Rio Grande do Norte e colhidos no mês de maio de 2003.

3.2. Processamento da polpa

As etapas do processamento dos frutos de umbu-cajá estão representadas no fluxograma na Figura 3.1, discriminadas nos itens 3.2.1 a 3.2.7.



Figura 3.1. Fluxograma do processamento da polpa de umbu-cajá

X 3.2.1. Seleção

Os frutos, selecionados manualmente, encontravam-se em perfeito estado físico, polpa firme, casca apresentando coloração com predominância amarela ou totalmente amarela e no estágio de maturação considerado como maduros. Foram descartados os frutos muito maduros, verdes e com defeitos causados por danos mecânicos.

X 3.2.2. Lavagem

Os frutos foram lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio (50ppm) durante 15 minutos; a seguir, foram enxaguados em água corrente para retirada de resíduo de hipoclorito, e escorridos.

X 3.2.3. Despolpamento

O processo de despolpamento através de uma despolpadeira de marca Laboremus, separando-se a porção comestível dos frutos (polpa integral) das sementes e cascas.

Assim que a polpa da fruta é colocada em contato com o ar, seja pelo descascamento ou pela desintegração, é comum a ocorrência de escurecimento devido à ação de enzimas do grupo polifenolxidasas, mas um tempo mínimo de exposição da polpa ao ar e o uso de tratamento térmico imediato e adequado, evitarão este processo (TRAVAGLINI et al, 2001).

3.2.4. Acabamento

Utilizou-se, no processo de acabamento, duas peneiras com malhas de dois e meio e um milímetros acoplada a despolpadeira, com a finalidade de se refinar a polpa, resultando num produto homogêneo e isento de partículas grandes e fragmentos de fibras.

3.2.5. Acondicionamento

No acondicionamento da polpa empregaram-se embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade de 500g. O fechamento foi realizado com auxílio de uma seladora manual.

3.2.6. Congelamento

O processo utilizado neste experimento para o congelamento foi o de imersão das polpas embaladas em um recipiente contendo nitrogênio líquido a -180°C .

O resfriamento imediato da polpa evita o seu superaquecimento e, conseqüentemente, perdas de componentes voláteis responsáveis pelo sabor e aroma do produto. Este resfriamento é aconselhável toda vez que, por qualquer motivo, a polpa tenha que sofrer alguma retenção até a fase de secagem, seja para incorporação de aditivos ou para homogeneização e transporte até o equipamento de secagem (TRAVAGLINI et al, 2001).

3.2.7. Armazenamento

As polpas de umbu-cajá congeladas foram armazenadas em freezer doméstico à temperatura de -18°C , até o momento de serem utilizadas nas formulações.

3.3. Formulação

A formulação foi elaborada utilizando-se emulsificante e estabilizante à base de monoglicerídeos destilados, monoestearato de sorbina e polisorbato 60, e de espessante à base de carboximetil-celulose, goma-guar e sacarose, todos adicionados à polpa de umbu-cajá; em seguida, a formulação foi homogeneizada e levada às bandejas para secagem.

3.4. Desidratação

Obedecendo a metodologia do processo foam-mat, após obtenção da espuma a mesma foi espalhada sobre bandejas de aço inoxidável e levadas para desidratar em estufa

com circulação de ar, à temperatura de 70°C aproximadamente, durante o período de 4 horas, resultando em um produto desidratado.

O produto seco obtido foi triturado em liquidificador doméstico, para obtenção de material finamente pulverizado.

3.5. Armazenamento

O umbu-cajá em pó foi acondicionado em embalagens laminadas e de polietileno de baixa densidade, contendo 25g cada uma, sendo lacradas utilizando-se seladora termelétrica. As embalagens foram armazenadas a temperatura ambiente durante 60 dias, e a cada dez dias realizadas as caracterizações quanto ao pH, acidez total titulável, umidade, sólidos solúveis totais (°Brix), açúcares redutores, ácido ascórbico e cor.

3.6. Caracterização da polpa integral e do pó de umbu-cajá

3.6.1. pH

A análise do pH foi determinada através do método potenciométrico, com peagômetro da marca Analyser modelo 300M, e calibrado com as soluções tampão de pH 7,0 e 4,0.

3.6.2. Acidez total titulável

A determinação foi realizada pelo método acidimétrico da AOAC (1997) utilizou-se solução padronizada de NaOH 0,1N, os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.6.3. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Determinado através da leitura em refratômetro de bancada do tipo Abbe.

3.6.4. Sólidos totais e umidade

Determinado pelo método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), utilizou-se 1g da amostra aproximadamente em estufa, à 70°C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

3.6.5. Cinzas

Determinado segundo a metodologia descrita pela AOAC (1997), em mufla a 525°C.

3.6.6. Açúcares redutores

Empregou-se o método de redução alcalina (AOAC, 1997) baseada na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Feling. Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

3.6.7. Cor

Realizada utilizando-se colorímetro Minolta, modelo CR 10, obtendo-se os valores de L^* , a^* e b^* ; em que L^* é a luminosidade, a^* define a transição da cor verde (-a) para a cor vermelha (+a), e b^* representa a transição da cor azul (-b) para cor amarela (+b).

3.6.8. Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico das amostras se deu segundo o método da AOAC (1997) modificado por BENASSI & ANTUNES (1998), o qual é realizado titulando-se a amostra com solução de diclorofenol indofenol sódio empregando-se (DCFI), que dá cor azul em solução alcalina e cor rosa em solução ácida.

3.7. Isotermas de adsorção de umidade

Utilizou-se o método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais. As amostras do umbu-cajá em pó foram colocadas em cadinhos de alumínio e postas em

recipientes de vidro contendo soluções saturadas de sais e permaneceram nesses ambientes até atingirem o equilíbrio higroscópico, nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 Atividade de água de soluções saturadas de sais

Sal	Temperatura (°C)		
	25	30	35
KOH	-	-	-
NaOH	0,0824	0,0758	0,0692
MgCl ₂	-	0,3244	0,3205
K ₂ CO ₃	0,4316	0,4317	0,4317
NaBr	-	0,5603	0,5455
KI	0,6886	0,6789	0,6696
NaNO ₃	0,7425	-	0,7206
NaCl	0,7529	-	0,7487
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,8099	0,8063	0,8027
KCl	0,8434	-	0,8295
K ₂ CrO ₄	0,9788	-	0,9642

Fonte : GREENSPAN (1977)

Os modelos de GAB, Anderson, Iglesias e Lang-Steinberg-Smith foram ajustados aos dados experimentais.

Anderson

$$U = (K * C * X_M * A_w) * ((1 + (C - 2) * K * A_w) + (1 - C) * (K * 2) * (A_w * 2)) \quad (3.1)$$

Em que:

- a_w - atividade de água
- U - umidade de equilíbrio
- X_m - umidade na monocamada molecular
- C e K - parâmetros de ajuste dos modelos

Gab

$$x = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (3.2)$$

em que :

a_w - atividade de água

X - umidade de equilíbrio

X_m - umidade na monocamada molecular

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

Iglesias

$$U = \frac{(B * (A_w))}{(1 - A_w)} + C \quad (3.3)$$

sendo:

a_w - atividade de água

U - umidade de equilíbrio

C - parâmetros de ajuste dos modelos

B e C - parâmetros que dependem do modelo

Lang-Steimberg-Smith

$$U = (C_1 - b_1) \log(1 * A_w) \quad (3.4)$$

sendo:

a_w - atividade de água

U - umidade de equilíbrio

C_1 e b_1 - parâmetros característicos do modelo

Posteriormente aos ajustes dos modelos, determinaram-se os erros relativos (ϵ), Equação 3.5, e o desvio percentual médio (P), Equação 3.6.

$$\mathcal{E} = \frac{V_{\text{exp}} - V_{\text{teor}}}{V_{\text{teor}}} \quad (3.5)$$

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

donde:

V_{exp} – valor experimental

V_{teor} – valor teórico

3.8. Tratamento dos dados

A análise estatística das análises de umidade, pH, ácido ascórbico, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), açúcares redutores e cor, foi realizada com o programa computacional ASSISTAT versão 6.0 (SILVA & AZEVEDO, 2002), em esquema fatorial 2 (embalagens: laminada e polietileno) x 7 (tempo de armazenamento) x 3 (repetições).

Utilizou-se o programa computacional STATÍSTICA versão 5.0, para a confecção das isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá

Na Tabela 4.1 são apresentados os resultados médios da caracterização físico-química da polpa integral do umbu-cajá.

O resultado do valor médio do pH da polpa de umbu-cajá, foi 2,62 sendo superior, portanto, ao determinado por LIMA et al. (2002) para frutos de umbu-cajá maduro (pH=2,09), por COSTA (1999) para umbu azedo (pH=2,26) e umbu doce (pH=2,28) e inferior ao do cajá (pH=3,30) determinado por ALDRIGUE (1998).

Constata-se que o valor médio dos sólidos solúveis totais da polpa de umbu-cajá (12,31°Brix) é superior ao avaliado por NORONHA et al. (2000) ao trabalharem com frutos de umbu-cajá em dois estádios de maturação, mas é inferior ao de BRASIL (2000) para o cajá (9°Brix).

Observa-se que o valor médio da densidade da polpa de umbu-cajá (1045 kg/m³) é inferior ao determinado por BRAGA et al. (2003) para o fruto do umbu (1130 kg/m³).

Os valores médios de sólidos totais e umidade da polpa de umbu-cajá, estão na mesma faixa de valores determinados por DINIZ (2003) que foi de 11,21% e 88,79%, respectivamente.

Quanto ao teor de ácido ascórbico da polpa de umbu-cajá determinado neste trabalho, constata-se que é superior ao relatado por LIMA et al. (2000) para a polpa de umbu-cajá processada de frutos produzidos na região do Brejo Paraibano no Município de Areia, de 8,35 mg/100g.

A quantidade de cinzas da polpa de umbu-cajá é superior à obtida por LIMA et al. (2000) que foi de 0,33%.

De acordo com BRASIL (2000) a acidez total titulável para o cajá é de aproximadamente 0,90%, inferior, então, à da polpa do umbu-cajá.

Constata-se que o teor médio de açúcares redutores da polpa de umbu-cajá é superior ao do umbu (4,78%) determinado por LIMA (2002).

Verifica-se que, através dos parâmetros da cor, representados pela luminosidade ($L^* = 46,4$) e pelas coordenadas de cromaticidade intensidade de vermelho ($a^* = +4,65$) e intensidade de amarelo ($b^* = +25,50$), existe a predominância da cor amarela representada por $+b^*$ na polpa de umbu-cajá.

Tabela 4.1. Caracterização da polpa integral de umbu-cajá (valores médios)

Parâmetros	Médias \pm Desvio padrão
pH	2,62 \pm desvio padrão
Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix)	12,31
Sólidos totais (%)	11,43
Umidade (%)	88,57
Ác. ascórbico (mg/100g de polpa)	21,68
Cinzas (%)	0,54
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	1,43
Açúcares redutores (% glicose)	6,09
Densidade (kg/m^3)	1.045
Luminosidade (L^*)	46,4
Intensidade de vermelho (a^*)	+4,65
Intensidade de amarelo (b^*)	+25,50

4.2. Estudo do armazenamento do umbu-cajá em pó

4.2.1. Açúcares redutores

Na Tabela 4.2 tem-se a análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa de umbu-cajá e se nota diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o fator tempo, não sendo significativo para o fator embalagem mas significativo a nível de 5% de probabilidade para a interação embalagem x tempo.

Tabela 4.2. Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	48.060,59375	8.010,09912	909,7155 **
Embalagem	1	6,07589	6,07589	0,6900 ns
Embalagem x Tempo	6	7,50744	1,25124	0,1421 *
Resíduo	28	246,54167	8,80506	
Total	41	48.320,71875		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade; * Significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo

G.L.- Grau de liberdade; S.Q.- soma dos quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios e F.-Variável do teste F;

A Tabela 4.3 indica os valores médios dos açúcares redutores da polpa de umbu-cajá em pó, armazenada em embalagem laminada e em polietileno.

Observa-se, nos dois tipos de embalagem, redução no teor de açúcares redutores entre o início do armazenamento (tempo zero) e os 20 primeiros dias. A partir dos 20 dias, os teores permanecem significativamente iguais, até os 60 dias.

No caso de frutas desidratadas, os açúcares são os principais fatores das interações com as moléculas de água e, segundo Makower & Dye (1956), Donnely et al (1973) e Smith et al (1981), o comportamento desses açúcares é diferente, sendo a frutose o açúcar mais higroscópico, seguido pela glicose e sacarose justificando sua redução.

Entre embalagens não ocorreram diferenças significativas nos valores de açúcares redutores em nenhum dos tempos mas os valores se mantiveram semelhantes ao longo do armazenamento.

As diferenças entre os teores iniciais e finais de açúcares redutores nas amostras armazenadas nas duas embalagens, foram de aproximadamente 67%. Apesar de ocorrer diminuição no valor de açúcares redutores no decorrer do armazenamento, ainda se obteve um valor final superior ao encontrado por SOARES (1996) ao final de 60 dias de armazenamento do pó de acerola, de 39,44% de glicose.

Tabela 4.3. Valores médios de açúcares redutores (% glicose) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	139,94 aA	139,94 aA
10	71,27 bA	73,78 bA
20	42,58 cA	42,62 cA
30	40,58 cA	40,50 cA
40	41,28 cA	42,43 cA
50	43,58 cA	44,52 cA
60	45,28 cA	46,05 cA

DMS para colunas = 7,68; DMS para linhas = 4,96; MG = 61,02%; CV (%) = 4,86

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Na Tabela 4.4 é apresentada a análise de variância dos valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa de umbu-cajá; observa-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o fator tempo, embalagem e sua interação.

Tabela 4.4. Análise de variância dos valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	8,24482	1,37414	40,3392 **
Embalagem	1	1,38950	1,38950	40,7901 **
Embalagem x Tempo	6	0,95830	0,15972	4,6887 **
Resíduo	28	0,95381	0,03406	
Total	41	11,54642		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.- Soma dos quadrados; Q.M.-Quadrado médio dos desvios e F.-Variável do teste F;

Na Tabela 4.5 tem-se os valores de sólidos solúveis totais (°Brix) para as amostras de umbu-cajá em pó, embaladas em laminado e polietileno, armazenadas durante 60 dias. Nas amostras em embalagem laminada nota-se a manutenção dos sólidos solúveis totais (°Brix) inicial durante os 20 primeiros dias de armazenamento, sem diferenças significativas entre os materiais; entre 20 e 30 dias dá-se uma redução de 35% e, a partir dos 30 dias até o final do armazenamento, tem-se uma estabilidade estatística nos teores de sólidos solúveis nas amostras em embalagem laminada.

Nas embalagens de polietileno o teor de sólidos solúveis totais das amostras sofreu redução significativa entre os tempos zero e 10 dias; manteve-se estável entre 10 e 30 dias, diminuiu entre 30 e 40 dias e, continuou estável a partir dos 40 dias até o final do armazenamento. Apesar da redução percentualmente expressiva entre 30 e 40 dias (cerca de 44%) o comportamento estatístico do conjunto de valores revela decréscimo progressivo no teor de sólidos solúveis, ao longo do armazenamento na embalagem de polietileno, demonstrando superioridade da embalagem laminada na conservação dos teores de sólidos solúveis dos materiais, ao longo dos 60 dias. LIMA et al. (2002) ao estudarem o armazenamento da polpa congelada de umbu-cajá durante o mesmo tempo, verificaram perda de 2,2% no teor de sólidos solúveis totais.

Tabela 4.5. Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	2,38 aA	2,39 aA
10	2,29 aA	1,51 bB
20	2,60 aA	1,83 bB
30	1,69 bA	1,73 bA
40	1,27 bA	0,96 cB
50	1,73 bA	1,40 bB
60	1,40 bA	1,00 cB

DMS para colunas = 0,48; DMS para linhas = 0,31; MG = 1,73°Brix; CV% = 10,69

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.3. Ácido ascórbico

Apresenta-se, na Tabela 4.6, a análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico da polpa de umbu-cajá em pó e se verifica diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para o fator tempo e para a interação embalagem x tempo, e não significativo para a fonte de variação embalagem.

Tabela 4.6. Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	4.900,15625	816,69269	31,1532 **
Embalagem	1	9,33482	9,33482	0,3561 ns
Embalagem xTempo	6	4,41518	0,73586	0,0281 **
Resíduo	28	734,03125	26,21540	
Total	41	5.647,93750		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

ns : Não significativo

G.L: Grau de liberdade; S.Q: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste F

Na Tabela 4.7 são apresentados os teores de ácido ascórbico das amostras de polpa de umbu-cajá em pó, armazenadas nas embalagens laminada e de polietileno.

Em ambas as embalagens verificaram-se reduções acentuadas no teor de ácido ascórbico nos 10 dias iniciais do armazenamento, totalizando 25,5% na embalagem laminada e 25,9% na embalagem de polietileno. Após os primeiros dez dias os teores se mantiveram estatisticamente iguais até o final do armazenamento mantendo, uma média, ao longo do tempo, semelhante nos dois tipos de embalagem, perfazendo 91,6mg/100g na embalagem laminada e 90,6mg/100g na embalagem de polietileno. Em todos os tempos os teores de ácido ascórbico se mantiveram sem diferença significativa entre as duas embalagens, demonstrando que não houve influência do nível de proteção sobre os percentuais desse constituinte. GOMES (2002) analisando a polpa de acerola em pó, verificou diminuição do ácido ascórbico, de 29,72% em embalagem de polietileno ao final de 60 dias, e SOARES et al. (2001) obtiveram uma perda de 26%, também para acerola em pó.

Tabela 4.7. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	116,88 aA	116,88 aA
10	83,84 bA	81,77 bA
20	86,20 bA	85,45 bA
30	86,31 bA	85,57 bA
40	88,70 bA	87,03 bA
50	92,04 bA	91,22 bA
60	87,07 bA	86,58 bA

DMS para colunas = 13,25; DMS para linhas = 8,57; MG: 91,11mg/100g; CV%: 5,62

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.4. Acidez total titulável

Na Tabela 4.8 são apresentados a análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de umbu-cajá em pó. Observa-se que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para os fatores estudados (tempo, embalagem) e sua interação.

Tabela 4.8. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	1,47042	0,24507	93,6885 **
Embalagem	1	0,18002	0,18002	68,8200 **
Embalagem x Tempo	6	0,05574	0,00929	3,5515 **
Resíduo	28	0,07324	0,00262	
Total	41	1,77942		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L: Grau de liberdade; S.Q: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste

F

Apresenta-se, na Tabela 4.9, os percentuais médios de ácido cítrico das amostras de umbu-cajá em pó, em embalagem laminada e de polietileno.

Há, nas duas embalagens, reduções no teor de ácido cítrico das amostras ao longo do armazenamento. No caso dos materiais embalados em laminado, as reduções foram menos acentuadas, apresentando diferenças significativas entre zero e 10 dias e entre 40 e 50 dias. Os teores entre 10, 20, 30 e 40 dias não diferiram entre si, nem entre 50 e 60 dias.

Nas amostras embaladas em polietileno tem-se diferenças entre os tempos zero e 10 dias, 10 e 20 dias e entre 40 e 50 dias, permanecendo os percentuais de ácido cítrico estatisticamente iguais entre 20, 30 e 40 dias e entre 50 e 60 dias.

Na comparação entre a influência das embalagens tem-se percentuais de ácido cítrico iguais no tempo de 10 dias e diferentes nos demais, com as amostras em laminado superando as amostras em polietileno. Entre os tempos inicial e final o percentual de ácido cítrico das amostras em laminado foi reduzido em 7,9% e nas amostras em polietileno, em 12,0%. Comparando-as, constata-se que as amostras em embalagem laminada conservaram melhor o seu percentual de ácido cítrico original. SOARES (1996) também verificou redução no percentual de acidez total titulável durante o armazenamento da acerola em pó em embalagem metalizada de polipropileno biorientado revestida com polietileno, diminuindo em cerca de 11,4% aos 60 dias.

Tabela 4.9. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	5,47 aA	5,47 aA
10	* 5,25 bA	5,20 bA
20	5,13 bcA	5,00 cB
30	5,12 bcA	4,96 cB
40	5,17 bcA	4,98 cB
50	* 4,94 dA	4,78 dB
60	5,04 cdA	4,82 dB

DMS para colunas = 0,13; DMS para linhas: 0,08; MG: 5,10 % ácido cítrico; CV%: 1,00

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.5. Umidade

De acordo com a análise de variância (Tabela 4.10) dos valores médios de umidade (%) da polpa de umbu-cajá, constatou-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para a fonte de variação tempo, embalagem e sua interação.

Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios de umidade (%) da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	82,78580	13,79763	19,2415 **
Embalagem	1	55,84496	55,84496	77,8787 **
Embalagem x Tempo	6	44,71103	7,45184	10,3920 **
Resíduo	28	20,07813	0,71708	
Total	41	203,41992		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L.: Grau de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste F.

Na Tabela 4.11 são mostrados os valores médios de umidade das amostras de umbu-cajá em pó, nas embalagens laminada e de polietileno, nos sete tempos de armazenamento.

Os teores de umidade das amostras armazenadas em embalagem laminada foram mantidos nos níveis iniciais até os 40 dias; entre 40 e 50 dias, a umidade aumentou significativamente, permanecendo inalterada entre 50 e 60 dias.

O teor de umidade inicial das amostras em embalagem de polietileno foi mantido até os primeiros 20 dias; a partir dos 30 dias, a umidade sofreu aumento significativo, permanecendo estável até o final do período de armazenamento, ou seja, até os 60 dias.

Avaliando-se o efeito das embalagens sobre os teores de umidade, tem-se que a embalagem laminada favoreceu a manutenção dos valores iniciais até os 40 primeiros dias, enquanto a embalagem de polietileno não preservou os teores originais além dos 20 dias. A

partir dos 50 dias não se tem diferenças significativas entre os teores de umidade das amostras em embalagem laminada nem de polietileno. A absorção de umidade nas amostras em embalagem laminada após um tempo mais longo poderia ser devida a falhas na soldagem de fechamento.

Ao final do armazenamento as amostras em embalagem laminada absorveram 24,5% de umidade em relação ao teor inicial, enquanto as amostras em embalagem de polietileno absorveram 24,0%. FIGUEIRÊDO et al. (2001) utilizando embalagem laminada idêntica não detectaram alterações na umidade durante o armazenamento do suco de acerola microencapsulado enquanto GOMES (2002) ao utilizar embalagem de polietileno similar, verificou aumento na umidade da polpa de acerola desidratada no final do armazenamento (60 dias) de 51,31%.

Tabela 4.11. Valores médios de umidade (%) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	16,75 bA	16,75 bA
10	16,42 bB	18,54 bA
20	16,32 bB	18,29 bA
30	16,03 bB	21,41 aA
40	16,34 bB	21,58 aA
50	19,38 aB	20,91 aA
60	20,86 aA	20,78 aA

DMS para colunas = 2,19; DMS para linhas = 1,42; MG: 18,60%; CV%: 4,55

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.6. pH

Nota-se, através da análise de variância (Tabela 4.12) dos valores médios de pH da polpa de umbu-cajá em pó, diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o

fator tempo, não significativo para o fator embalagem e significativa, a nível de 5% de probabilidade, para a interação embalagem x tempo.

Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do pH da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	0,06824	0,01137	15,8021 **
Embalagem	1	0,00195	0,00195	2,7138 ns
Embalagem x Tempo	6	0,01168	0,00195	2,7044 *
Resíduo	28	0,02015	0,00072	
Total	41	0,10202		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade; * Significativo a nível de 5% de probabilidade; ns: Não significativo; G.L: Grau de liberdade; S.Q: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste F.

Na Tabela 4.13 tem-se os valores médios do pH das amostras de umbu-cajá em pó armazenadas em embalagem laminado e de polietileno, durante 60 dias.

Nas embalagens laminadas o pH se manteve nos níveis iniciais ao longo do armazenamento, apesar da diferença observada aos 50 dias, a qual não denota tendência, por se tratar de um caso isolado. A variação máxima de pH ao longo do armazenamento nesse tipo de embalagem, verificada entre o tempo zero e os 50 dias, foi de 3,3%.

Em embalagem de polietileno, as amostras mantiveram o pH inicial ao longo do armazenamento e, da mesma forma que o observado nas amostras em embalagem laminada, o único caso de diferença significativa foi medido aos 50 dias de armazenamento. A diferença máxima entre valores de pH foi verificada entre os tempos 10 e 50 dias, totalizando 5,3%.

Comparando-se com o pH inicial da polpa (2,62) verifica-se que o processo de desidratação da formulação da polpa de umbu-cajá provocou aumento do pH de 15%, mas ainda permanece na faixa de pH (3,03) determinada por FONSECA et al. (2003).

Tabela 4.13. Valores médios de pH do umbu-cajá em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	3,02 bA	3,02 bcA
10	3,05 bA	3,00 cB
20	3,08 abA	3,03 bcB
30	3,02 bA	3,01 cA
40	3,07 abA	3,09 bA
50	3,12 aA	3,16 aA
60	3,09 abA	3,05 bcA

DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,04; MG = 3,06; CV% = 0,88

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.7. Cor

4.2.7.1. Luminosidade (L^*)

Pela análise de variância (Tabela 4.14) dos valores médios da luminosidade da polpa de umbu-cajá. Vê-se que não houve diferença significativa de luminosidade para o fator tempo, não sendo significativo para embalagem mas significativo a nível de 5% de probabilidade na interação embalagem x tempo.

Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios da luminosidade da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	9,84115	1,64019	1,8401 ns
Embalagem	1	3,10007	3,10007	3,4779 ns
Embalagem x Tempo	6	18,07701	3,01283	3,3800 *
Residuo	28	24,95833	0,89137	
Total	41	55,97656		

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

G.L.: Grau de liberdade; S.Q: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste F

A Tabela 4.15 aponta os valores médios de luminosidade das polpas de umbu-cajá em pó armazenadas durante 60 dias em embalagens laminada e de polietileno.

Comparando-se a luminosidade na polpa integral do umbu-cajá com a polpa em pó, verifica-se que não houve alteração, permanecendo na mesma faixa de valor, ou seja, em torno de $L^* = 46$.

Nas duas embalagens observa-se manutenção dos valores iniciais de luminosidade das amostras nos mesmos níveis medidos no tempo zero de armazenamento, enquanto no caso da embalagem laminada não se verifica qualquer diferença significativa entre as luminosidades das amostras entre os tempos. Em se tratando das amostras embaladas em polietileno, tem-se diferenças significativas entre a luminosidade aos 30 dias, em relação aos 50 e 60 dias, o que não pode ser considerado alteração ao longo do armazenamento, por se referir particularmente ao valor medido aos 30 dias.

A diferença de luminosidade entre os valores inicial e final nas amostras em embalagem laminada, não atingiu 0,7%, enquanto na embalagem de polietileno se situou em torno de 4,3%.

Entre embalagens, os valores médios de luminosidade se igualam até os 40 dias; aos 50 e 60 dias, as luminosidades das amostras em polietileno se reduzem, talvez devido a uma exposição à luz, ausente sobre as amostras em laminado.

AGUIRRE et al (2003) ao armazenarem acerola desidratada por atomização em embalagem aluminizada, verificaram boa estabilidade quanto à cor, com perdas da ordem de 10% após 6 meses.

Tabela 4.15. Valores médios da luminosidade do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	46,27 aA	46,27 abA
10	46,43 aA	46,67 abA
20	47,30 aA	46,23 abA
30	45,67 aA	47,13 aA
40	45,57 aA	45,77 abA
50	46,80 aA	44,47 bB
60	46,57 aA	44,27 bB

DMS para colunas = 2,44; DMS: para linhas : 1,58; MG: 46,10; CV%: 2,05

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.7.2. Intensidade de vermelho (a^*)

Na Tabela 4.16 é apresentada a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu-cajá em pó. Nota-se que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o fator tempo, embalagem e sua interação embalagem x tempo.

Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	4,81055	0,80176	8,7931 **
Embalagem	1	11,52493	11,52493	126,3965 **
Embalagem x Tempo	6	2,71401	0,45233	4,9609 **
Resíduo	28	2,55306	0,09118	
Total	41	21,60254		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L: Grau de liberdade; S.Q: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste F

Na Tabela 4.17 tem-se os valores do parâmetro a^* , intensidade de vermelho, para as amostras de umbu-cajá em pó, armazenadas durante 60 dias em embalagens laminada e de polietileno.

Com relação ao valor inicial de a^* na polpa integral, verifica-se, após a desidratação, um escurecimento, resultando, no pó, um valor da intensidade de vermelho cerca de três vezes maior.

Entre as amostras em embalagem laminada não se verificam diferenças significativas no parâmetro intensidade de vermelho, ao longo do armazenamento, mantendo-se praticamente os mesmos valores médios em todos os tempos avaliados. Contrariamente, AGUIRRE et al. (2003) relataram que a alteração mais evidente na cor da acerola em pó armazenada foi o decréscimo na intensidade de vermelho (diminuição do valor de a).

Os mesmos valores de intensidade de vermelho a partir de 10 dias, foram mantidos nas amostras em embalagem de polietileno; entre zero e 10 dias tem-se diferença significativa neste parâmetro, indicando alteração nos primeiros dias que, felizmente, não evoluiu ao longo do armazenamento.

Entre embalagens, exceto no tempo zero, o valor do parâmetro a^* em todos os demais tempos refletiu as alterações detectadas nas amostras embaladas em polietileno a partir do tempo 10, superando os valores medidos nas amostras embaladas em laminado, em todos os casos.

Tabela 4.17. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) do umbu-cajá em pó, nas diferentes embalagens, durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	+13,33 aA	+13,33 bA
10	+13,93 aB	+14,57 aA
20	+13,23 aB	+14,53 aA
30	+13,37 aB	+14,63 aA
40	+13,47 aB	+14,77 aA
50	+13,87 aB	+15,07 aA
60	+13,43 aB	+15,07 aA

DMS para colunas = 0,78; DMS para linhas: 0,50; MG: 14,04; CV% = 2,15

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.7.3. Intensidade de amarelo ($+b^*$)

A Tabela 4.18 apresenta a análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) do umbu-cajá em pó. Nota-se que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o fator tempo e embalagem, e a nível de 5% de probabilidade para a interação embalagem x tempo.

Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) da polpa de umbu-cajá em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	15,16927	2,52821	7,7357 **
Embalagem	1	22,42746	22,42746	68,6227 **
Embalagem x Tempo	6	5,10379	0,85063	2,6027 *
Resíduo	28	9,15104	0,32682	
Total	41	51,85156		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L: Grau de liberdade; S.Q: Soma dos quadrados; Q.M: Quadrado médio dos desvios e F: Variável do teste

F

Tem-se, na Tabela 4.19, os valores do parâmetro b^* , intensidade de amarelo, para as amostras de umbu-cajá em pó, armazenadas durante 60 dias em embalagens laminada e de polietileno.

O aumento da intensidade de amarelo (b^*) na polpa de umbu-cajá em pó, provocado pelo tratamento térmico dado a polpa de umbu-cajá, foi relativamente pequeno, quando comparado com o aumento do parâmetro a^* .

A evolução do parâmetro intensidade de amarelo ao longo do armazenamento repete o padrão constatado no parâmetro intensidade de vermelho, em que as amostras em embalagem laminada apresentaram valores sem diferença significativa ao longo do armazenamento, com valores próximos entre si. Também nas embalagens de polietileno se verifica diferença significativa apenas entre as medições no tempo zero e os demais tempos, denotando alteração nos primeiros 10 dias do armazenamento, que não evoluiu nos demais tempos avaliados. SILVA et al. (1998) observaram, para o suco de cajá clarificado e acondicionado em garrafas tipo Prelabel, um ligeiro escurecimento apenas a partir dos 90 dias de armazenamento, o qual foi atribuído à ocorrência do processo de caramelização.

Da mesma forma que em relação ao parâmetro intensidade de vermelho, entre embalagens foram detectadas diferenças significativas em todos os tempos a partir de 10 dias, resultado da alteração no parâmetro intensidade de amarelo, medida a partir do tempo 10, resultando em valores superiores nas amostras embaladas em polietileno, em todos os tempos.

Tabela 4.19. Valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) do umbu-cajá em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento

Período de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	+28,00 aA	+28,00 bA
10	+29,40 aB	+30,40 aA
20	+28,77 aB	+30,40 aA
30	+28,57 aB	+30,10 aA
40	+28,37 aB	+30,27 aA
50	+28,97 aB	+30,90 aA
60	+28,33 aB	+30,57 aA

DMS para colunas = 1,48; DMS para linhas: 0,96; MG: 29,3; CV%: 1,98

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

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3. Atividade de água

Indicam-se, na Tabela 4.22, os valores de umidade de equilíbrio em diferentes atividades de água para polpa de umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C.

Em todos os casos os aumentos de atividades de água são acompanhados de aumento nos valores de umidade de equilíbrio, demonstrando a influência direta do ambiente sobre as umidades das amostras.

Tabela 4.22. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) para as diferentes atividades de água (a_w) da polpa de umbu-cajá em pó, nas três temperaturas estudadas

Temperatura (°C)	a_w	U_{eq} (% b.s.)
25	0,0824	18,80
	0,4316	28,26
	0,6886	36,42
	0,7425	49,63
	0,7529	60,69
	0,8099	69,49
	0,8434	80,53
	0,9788	85,75
30	0,0758	14,07
	0,3244	24,09
	0,4317	25,66
	0,5603	34,77
	0,6789	37,69
	0,8063	47,00
35	0,0692	17,05
	0,3205	21,93
	0,4317	27,90
	0,5455	32,24
	0,6696	34,46
	0,7206	46,14
	0,7487	56,87
	0,8027	60,19
	0,8295	68,89
0,9642	72,81	

Na Tabela 4.23 tem-se os valores dos parâmetros dos modelos de Anderson, GAB, Iglesias e Lang-Steinberg-Smith, ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios.

Os modelos de Anderson e GAB apresentaram os maiores valores dos coeficientes de determinação ($R^2 > 0,86$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 16\%$). Os valores dos parâmetros desses modelos são idênticos, cujo comportamento se justifica, uma vez que o modelo de GAB, abreviação internacionalmente conhecida, a junção dos modelos de Guggenheim-Anderson-Boer, advindo, daí, a igualdade nos ajustes, fato este verificado também por FIGUEIRÊDO & MARTUCCI (1998).

Verificam-se valores inferiores da umidade na monocada (X_m) nas temperaturas de 30°C e 35°C com relação à temperatura de 25°C. DÍAZ-VITERI et al. (2003) verificaram, para músculo de camarão, e SANNI et al. (2000) para tapioca, que a umidade na monocamada diminui com o aumento da temperatura.

O modelo de Iglesias foi o que apresentou os menores valores de R^2 , não sendo recomendável usá-lo para prever as isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25°C e 35°C. O modelo de Lang-Steinberg-Smith, apresentou ligeira superioridade em relação ao modelo de Iglesias, mas também mostrou um P muito alto na temperatura de 25°C.

Dos modelos testados, o semi-teórico de GAB tem sido considerado o mais adequado para descrever isotermas de sorção de muitos produtos alimentícios (MOK & HETTIARACHCHY, 1990).

Tabela 4.23 Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros			R ²	P (%)
		X _m	C	K		
Anderson	25	25,45200	22,51402	0,742873	0,8655	14,60
	30	20,31005	32,17016	0,717114	0,9863	2,84
	35	21,82001	27,33974	0,770191	0,9213	14,15
GAB	Temperatura (°C)	X _m	C	K	R ²	P (%)
	25	25,45200	22,51402	0,742873	0,8655	15,79
	30	20,31005	32,17015	0,717114	0,9863	2,84
	35	21,82002	27,33973	0,770191	0,9213	14,15
Iglesias	Temperatura (°C)	B	C	R ²	P (%)	
	25	0,978391	45,77046	0,3798	42,06	
	30	7,270981	19,79408	0,8684	13,20	
	35	1,890889	35,75797	0,5199	36,50	
Lang- Steinberg- Smith	Temperatura (°C)	C ₁	B ₁	R ²	P (%)	
	25	25,19932	19,09291	0,7511	22,00	
	30	14,68435	20,53287	0,9711	6,16	
	35	18,21113	21,33548	0,8711	16,04	

Na Figura 4.1 são apresentadas as isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com os pontos experimentais ajustados pelo modelo de Anderson.

Observa-se comportamento sigmóide nas três curvas, sem cruzamento entre si, e a curva a 25 °C apresenta os maiores valores de umidade de equilíbrio, porém nas demais temperaturas não se constata correlações entre aumentos de temperatura e maiores ou menores atividades de água, uma vez que a curva correspondente à maior temperatura, 35°C, tem posição intermediárias às de 25 e 30°C. Tais comportamentos diferem dos relatados por TSAMI et al. (1990) para frutas secas.

A forma dessas curvas é denominada isothermas do Tipo II, de acordo com a classificação de Brunauer et al., citados por RIZVI (1986). SOUZA et al. (2003) também classificam como tipo II as isothermas de adsorção de biofilmes.

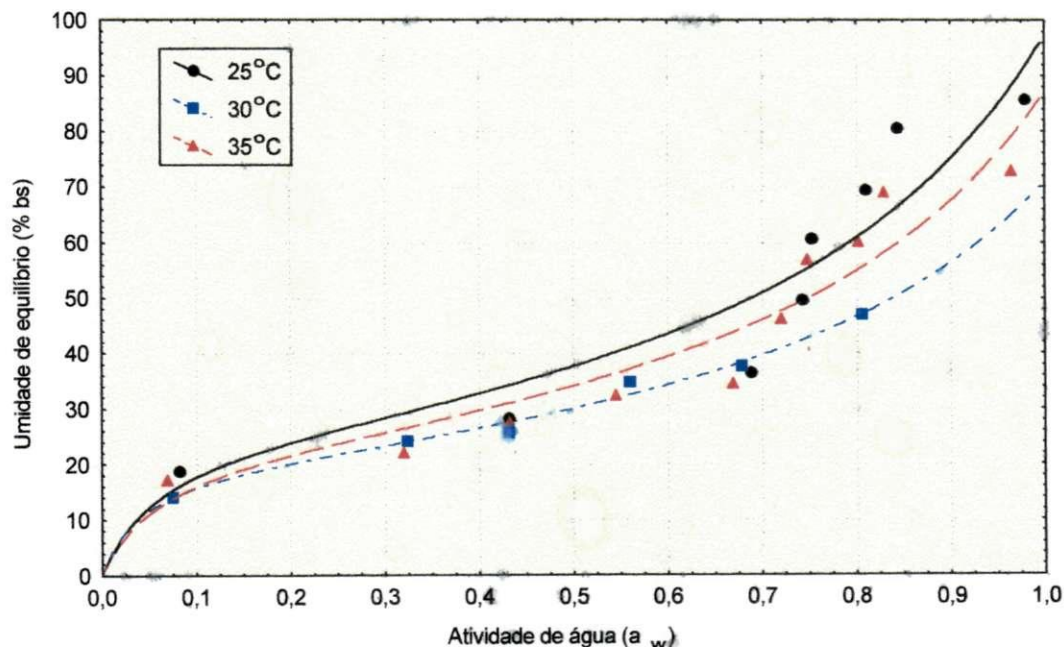


Figura 4.1. Isothermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustada pelo modelo de Anderson

Na Figura 4.2 são apresentadas as isothermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25, 30 e 35°C, com cujos pontos experimentais são ajustados pelo modelo de GAB.

As curvas obtidas por ajuste pela equação de GAB apresentam, como nos ajustes pela equação de Anderson, comportamento sigmóide, sem inter cruzamentos e sem grande influência da temperatura sobre as umidades de equilíbrio, como se vê pelas posições relativas entre as curvas, em que a temperatura de 25°C ocupa posição superior, e 35°C posição média. CASTILLO et al (2003) verificaram diferenças não significativas entre as isothermas a 20°C, 30°C e 40°C do *Sesamum indicum*.

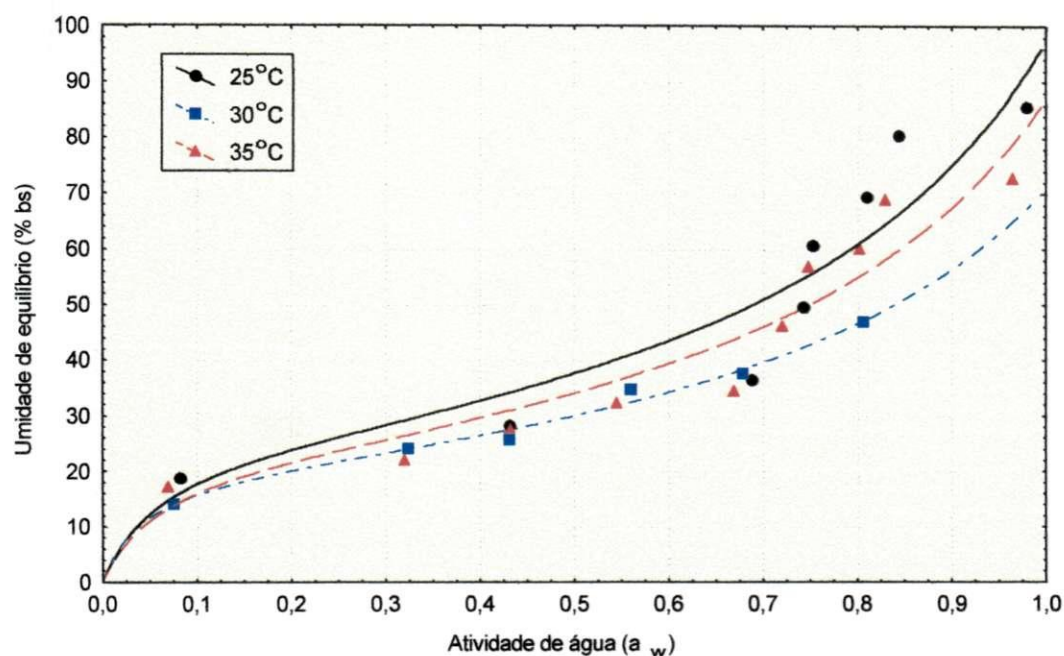


Figura 4.2. Isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustadas pelo modelo de GAB

Na Figura 4.3 são mostradas as isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25, 30 e 35°C, com os pontos experimentais ajustados pelo modelo de Iglesias.

A posição relativa das curvas ajustadas por esse modelo, para atividades de água em níveis próximos a 0,7, acompanha a tendência observada nos ajustes com os modelos de Anderson e GAB, em que as umidades de equilíbrio não mostram dependência com aumentos de temperatura; desta forma, a curva representando a maior das temperaturas encontra-se em posição intermediária em relação às demais, com a curva representando a menor temperatura em posição superior e temperatura intermediária na posição inferior. Em atividades de água próxima a 0,7 e 0,8, a curva referente a 30 °C cruza as demais assumindo, a partir de então, valores maiores de umidade de equilíbrio; o mesmo ocorre com a curva referente a 35 °C em atividades de água entre 0,9 e 1,0, em que esta curva passa a representar valores de umidade de equilíbrio superiores à curva de 25 °C. Esses intercruzamentos foram verificados por vários pesquisadores para a_w acima de 0,6 (FIGUEIREDO, 1998; PENA et al., 1996).

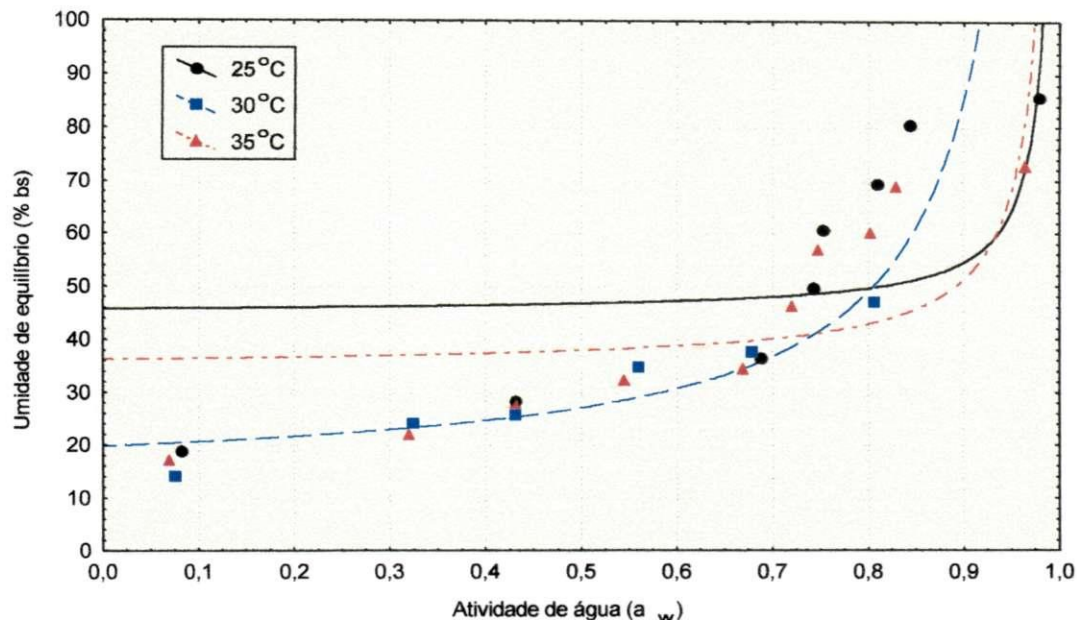


Figura 4.3. Isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustadas pelo modelo de Iglesias

Na Figura 4.4 são vistas as isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu-cajá em pó, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, cujos pontos experimentais são ajustados pelo modelo de Lang-Steinberg-Smith.

Repetindo as representações das Figuras 4.1 e 4.2, a curva referente a 25 °C assume posição de maiores umidades de equilíbrio, enquanto a que representa 30 °C ocupa posição mínima, e a de 35 °C a posição intermediária, em todos os pontos apresentados. Diferencia-se dos ajustes obtidos com os modelos de Anderson e GAB por apresentar convergência das curvas nas atividades de água entre 0,9 e 1,0, enquanto nas representações desses outros modelos, apresentadas nas Figuras 4.1 e 4.2, as curvas tendem a divergir com atividades de água próximas de 1,0. Apesar disso, o comportamento predominante das curvas não indica uma correlação bem definida °C entre aumentos de temperatura e aumentos de umidade de equilíbrio para níveis idênticos de atividades de água.

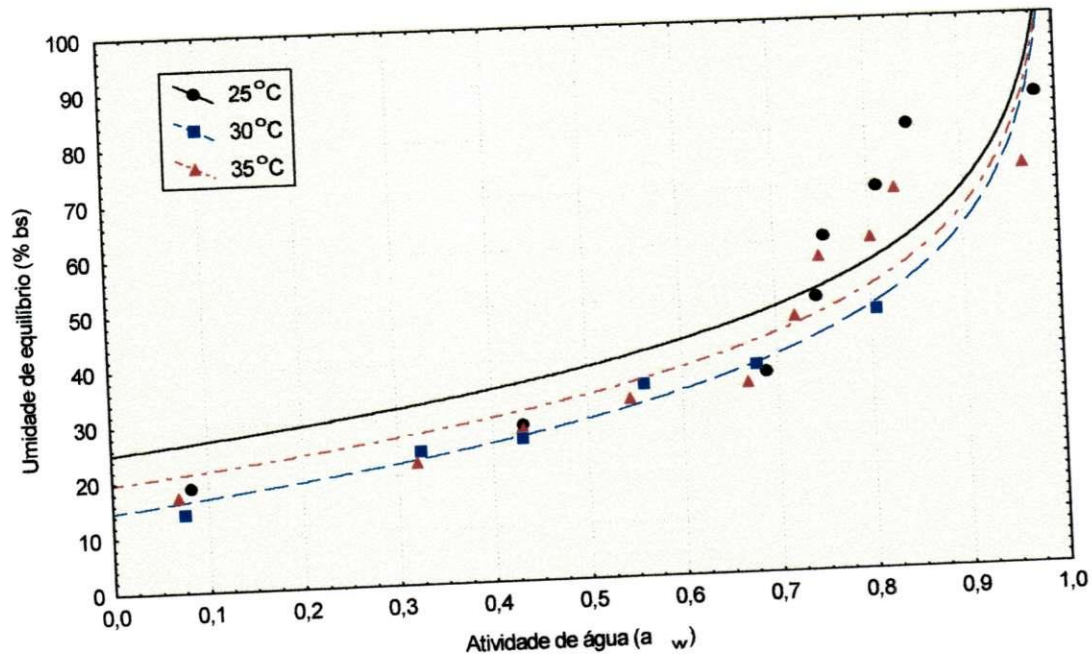


Figura 4.4. Isothermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó, ajustadas pelo modelo de Lang-Steinberg-Smith

5. CONCLUSÕES

O processo de desidratação das polpas integrais de umbu-cajá, provocou alterações em todos os parâmetros característicos avaliados:

- Os açúcares redutores aumentaram de 6,1 (% de glicose) na polpa integral, para 139,9 (% de glicose) na polpa em pó.
- O teor de ácido ascórbico aumentou de 21,6 mg/100g medidos na polpa integral, para 116,9 mg/100g na polpa em pó.
- A acidez total titulável passou de 1,4% na polpa integral, para 5,5% na polpa em pó.
- A umidade decresceu de 88,6% em polpa integral, para 16,7% na polpa desidratada.
- O pH aumentou de 2,6 na polpa integral, para 3,0 na polpa em pó.

No que se refere às polpas armazenadas, a embalagem laminada conservou as amostras em condições mais próximas às do início do armazenamento que a embalagem de polietileno, conseqüência da maioria das seguintes conclusões:

- Os teores de açúcares redutores sofreram reduções significativas nas embalagens laminada e de polietileno, nos 20 primeiros dias, mantendo-se, a partir de então, inalteradas, até o final do armazenamento.
- Os teores de sólidos solúveis (°Brix) diminuíram nos materiais em ambas as embalagens, porém de forma mais lenta e em menor proporção na embalagem laminada.

- Nas duas embalagens, os teores de ácido ascórbico das amostras decresceram nos primeiros dez dias mantendo-se estáveis a partir de então e sem diferenças significativas entre embalagens.
- Os valores de acidez total titulável decresceram nos materiais acondicionados em ambas as embalagens, mas as amostras em embalagem laminada mantiveram percentuais mais aproximados aos do início do armazenamento que em embalagem de polietileno.
- A umidade inicial foi mantida nas amostras em embalagem laminada durante os primeiros 40 dias e na de polietileno até os 20 dias iniciais. Após 40 dias, as umidades dos materiais nos dois tipos de embalagem mantiveram teores semelhantes.
- Os valores de pH não sofreram variações que possam ser associadas ao tipo de embalagem nem ao tempo de armazenamento.
- Parâmetro luminosidade se manteve inalterado em embalagem laminada, na qual conservou os valores originais melhor que em polietileno.
- Os parâmetros intensidade de vermelho e intensidade de amarelo permaneceram inalterados em embalagem laminada mas aumentaram nas amostras em embalagem de polietileno, a partir dos 10 dias.
- Os modelos de Anderson e GAB se ajustaram bem aos dados experimentais, apresentando coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,86, em todas as temperaturas.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMBOUNOU, T.L.; CASTAIGNE, F.; DILLON, J.C. **Abaissement de l'activité de l'eau de legumes tropicaux par déshydratation osmotique partielle.** *Sciences des Aliments*, Paris, v.3, n.4, p.551-67, 1983.

AGUIRRE, J. M. **Desidratação de hortaliças.** Campinas: CETEA/ITAL. 2001. 41p.

AGUIRRE, J. M.; FILHO, J.G. **Desidratação de frutas e hortaliças.** Campinas: CETEA/ITAL. 2001. 29p.

AGUIRRE, J.M. de; TOCCHINI, R.P. NISIDA, A.L. C.; ANJOS, V.D.A. Desidratação de acerola In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas.** Valencia: UPV, 2003. p.133-138.

ANDERSON, R.B. Modifications of the BET equation. **Journal of American Chemical Society**, v.68, p.686, 1946.

ALBORS, A.; ANDRÉS, A.; CHIRALT, A. y FITO, P. Análisis de la cinética de desidratación através Del estudio de perfiles de concentración I : Efecto de las variables de Processo. Valencia, España. Editorial de La UPV.2001. **Ingeniería de alimentos nuevas froteiras en el siglo XXI.** p 241-242.

ALBUQUERQUE, J.D. **Embalagem para Frutas Tropicais.** Campina Grande, PB. 1999. 17p. il. (Relatório de Seminário).

ALDRIGUE, M.L. **Desenvolvimento e validação de vitamina C em frutas e seus principais produtos.**160f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.

ALMEIDA, M.M. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa Arruda Câmara*): alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de**

maturação. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Centro de tecnologia, UFPB, Campina Grande, 1999.

ALVES, R.M.V. **Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas**. Campinas: CETEA/ITAL. 2001. 12p.

A.O.A.C. **Official of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington: Williams Horwitz, 1997. 1141p.

ARGANDOÑA, E.J.S.; NIEHIYAMA, C.; HUBINGER, M.D. Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37,n. 12, p. 1803-1810, dez. 2002.

ASHRAE. **Refrigeration Systems and Applications Hand book**. Atlanta, 1994a.cap.17: vegetables. p1-14.

ATHIÉ, I. et al. **Conservação de Grãos**. Campinas-Sp, Fundação CARGIL., 1998. 236p.

AWAD, M. **Fisiologia pós colheita de frutas**. São Paulo. Nobel, 1993, 114p.

AZEREDO², H.M.C.de; FARIA, J.A.F.; AZEREDO³, A.M.C. de. Embalagens Ativas para Alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.20, n.3 Campinas set./dez. 2000

BARONI, A.F.; HUBINGER M.D. Effect of osmotic dehydration on color of tomato during air drying. Valencia, España. Editorial de La UPV.2001. **Ingenieria de alimentos nuevas froteiras en el siglo XXI**. p 429-435.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. Uso de aditivos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, cap. 7, p. 153-190.

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**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 200 p.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**, 2: ed. São Paulo: Varela, 1992. 223 p.

BOREM, F.M.; CHITARRA, A.B. **Simpósio, Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas**. UFLA .Poços de Caldas, MG. Departamento de Engenharia – UFLA 1998. 273 p, il.

BORGES, S.V.; MENEGALLI, F.C. Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 637-642, abril. 1994.

BRAGA, M.E.D.; MATA, M.E.R.M.C. Curvas de dessecção do milho BR-451. **Revista Nordestina de Armazenamento**. v. 1, p. 1-8, 1984.

BRAGA, M.E.D.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; SILVA, A.O. Parâmetros hidrodinâmicos de transporte de umbu e goiaba. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS. **Propiedades físicas y aspectos fisicoquímicos em relación com los procesos alimentarios**. Valencia: UPV, 2003. p.37-42.

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

BRASIL. **Instrução Normativa nº 12, de 10 de Setembro de 2000**. Estabelece o regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para a polpa de

fruta. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 de Setembro 1999. Seção 1.

BRITO, F.C. da S. **A fruticultura tropical frente ao mercado globalizado**. 117f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

CABRAL, A.C.D.; ALVIN, D.D. Alimentos desidratados: conceitos básicos para embalagem e conservação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.18, n.1, p 1-65, 1981.**

CABRAL, A.C.D.; ORTIZ, S.A.; MADI, L.F.C.; SOLER, R.M.; GAZETA, E.F. **Embalagem das frutas tropicais e seus produtos**. In: Aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos. Campinas: ITAL, 1980. P.199-296. (Série frutas tropicais)

CALIL,R.M.; AGUIAR, J. **Aditivos nos alimentos**. São Paulo: ed. RM. Calil, 1999. 139p.

CARDOSO, E. de A.; NORONHA, M.A.S.; SIQUEIRA, A.A. **Umbu – cajá, Uma Nova Perspectiva para a Fruticultura Nordestina**, informativo SBF, Brasília v.17, n-3. p.1-2, set.1998.

CARVALHO, S.M.L. **Determinação de isoterma de adsorção da farinha d'água obtida de mandioca (Manihot esculenta)**. Belém, 1994. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará (UFPA).

CARVALHO, MANTOVAN, D.M.B; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.de. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121p.

CASTILLO, S.; CARBONELL-BARRACHINA, A.; FERRÁNDEZ, I.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; BURLÓ, F. Ajuste a diferentes modelos matemáticos las isotermas de equilibrio del sésamo (*Sesamum indicum*). In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: Editora UPV, 2003. p.35-40.

CERETTA, M.; GONÇALVES, E.D.; DUTRA, L.F.; RINALDI, M.N.; ROMBALDI, C.V. Filme de polietileno e cera na qualidade de laranja “Valência” frigoarmazenada. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, n. 1, p. 35-37, janeiro-abril, 1999.

CHAVES, J.B.P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 31 p.

CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996, 81p.

CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113p.

CHITARRA, M.I. F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 1 ed. Lavras: ESAL/FAEP, 1990. 320 p.

CHITARRA, M.I.F. Colheita e qualidade produtos vegetais. In: BOREM, F.M.; CHITARRA, A.B. **Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas**. Poços de Calda; UFLA/SBEA, 1998. Cap.1, p.1-58.

COSTA, N.P. **Caracterização de frutos e germinação de endocarpos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. 64f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

CRAPISTE, G.H. Y ROTSTEIN E. 2000. **Sorptional Equilibrium at Changing Temperatures**. En: *Drying of Solids*, A.S. Mujumdar (ed), p 41-45. John Wiley & Sons, New York.

CZHRINCIW, N. Tropical Fruit Technology. **Advances in food Research**, New York, v.17. p.153-208,1969.

De BOER, J. H. **The dynamical character of adsorption**. Oxford: Clarend Press, 1953.

DÍAZ-VITERI, J.; MEDINA-VIVAANCO, M.; MENDIETA-TABOADA, O. Estúdio experimental de lãs isotermas de adsorción del músculo de camarón. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: UPV, 2003. v. 2, p.47-52.

DINIZ, E. **Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de frutas concentradas**. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2003.

DONNELLY, J.B.; FRUIM, J.C.; SCALLE, B.L. Reactions of oligosaccharides. III – Hygroscopy properties. **Cereal Chemistry**. V.50. n.4. p.12-19, 1973.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2003. Disponível em <http://www.embrapa.gov.br/> acesso em; 26 de outubro de 2003.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia dos alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 270 p.

FAO. Statistical databases. Roma,1998. Disponível em < <http://www.fao.org/> acesso em; 10 de dezembro de 2000.

FIGUEIRÊDO, R.M.F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia punicifolia*, L.)**. 184f, Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.

FIGUEIRÊDO, R.M.F.; MARTUCCI, E.T. Moisture adsorption isotherms of microencapsulated west indian cherry juice. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER MANAGEMENT IN THE DESIGN AND DISTRIBUTION OF QUALITY FOODS, 7. Helsinki, 1993. **Proceedings...** Helsinki: Isopow 1998, p.165-169.

FIGUEIRÊDO, R.M.F.; GRANDIN, A.; MARTUCCI, E.T. Armazenamento do suco de acerola microencapsulado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.3, n.1, p.1-6, 2001.

FITO, P.J.; De los REYES, R.; ORTOLÁ, M.D.; FITO, P. 2001. **La monitorización termográfica como herramienta de control del secado superficial de cítricos**. Valencia, España. Editorial de La UPV. Ingeniería de alimentos nuevas froteiras en el siglo XXI.p 145-146.

FONSECA, A.A.O.; SILVA, J.A; LORDELO, L.S. **Caracterização química e físico-química de frutos de umbu-cajá (Spondia sp) cultivados em Muritiba, BA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. Anais... ilheus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. CD ROM.

FONSECA, A.A.O.; FILHO, W.S.S; HANSEN, D.S; SILVA, J.A; CARVALHO, M.O.; OSÓRIO, A.C.B. **Caracterização Física, Química e Físico-Química de Frutos de Seis genótipos de umbu-cajazeira no Recôncavo Bahiano**, 2001, Bahia acesso em 27 fev.2003. Disponível em: <wsoares@cnpmt.embrapa.br>

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 307p.

GABAS, A.L. **Secagem de uva Itália em Leito Fixo**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1998. 135p. (Dissertação de Mestrado).

GARCIA, E.E.C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. Campinas: ITAL, 1989. 44p.

GAMA, F.S.N.; MANICA, I.; KSTI, H.G.K.; ACCORSI, M.R. Aditivos e embalagens de polietileno na conservação do maracujá amarelo armazenado em condições de refrigeração. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, março 1991.

GIACOMETTI, D.C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: Simpósio Nacional de Recursos Genéticos de Fruteiras Nativas, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa – CNPMF, 1993. p.13-27.

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

GUGGHENHEIM, E.A. **Applications of statistical mechanig.** Oxford: Clarendo Press, 1966. 86p.

GREENSPAN, L. H umidity fixed poits of binary saturated aqueous solutions. **J. Res. Nat. Bur. Of standards**, v.81, n.1, p. 89-86, 1977.

GULLAND, J.C.; LEQUEU, B. **As vitaminas : do nutriente ao medicamento.** São Paulo : Livraria Santos, 1995. 357p.

HEIDELBAUG, N.D.; KAREL, M. Stability of low and intermediate moisture foods. In: GOLDBLITH, S.A.; REY, L.; ROTHMAYR, W.W. **Freeze Drying and Advance Food Technology.** Academic Press, 1975. p. 643-674.

HOTCHKISS, J.H. **Safety considerations in active packaging.** In: ROONEY, M.L. **Active food packaging.** Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 238-255.

IGLESIAS, H.A.; CHIRIFRE, J. **Handboock of Food Isotherms: Water sorption parameters for food and food components.** Orlando: Academic Press, 1983.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3 ed. São Paulo, 1985, v. 1, 533p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3 ed. São Paulo, 1976, v. 1, 533p.

JESUS, S.S.; CAPPI, A.; FRANCO, T.T.; MACIEL FILHO, R. Otimização da secagem de &-amilase por spray Drying. Valencia, España. Editorial de La UPV.2001. **Ingenieria de alimentos nuevas froteiras en el siglo XXI**. p 423-424.

KAREL, M. Water activity and food preservation. In: KAREL, M.; FENNEMA, O.R.; LUND, D.B. **Principles food science: physic principles of food preservation**. New York: 1975, v. 4, cap.8, p. 237-263.

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

KROSS, R.K. **Estudo da Secagem de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) com pré-tratamento osmótico: Efeito do Epicarpo e do encolhimento**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, p.97, 2002 (Tese de Mestrado).

KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B.; CANTILLANO, R.F.F. Influência do estágio de maturação e da embalagem de polietileno na frigoconservação de ameixas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 323-329, março 1999.

LABUZA, T.P.; TANNENBAUM, S.R.; KAREL, M. Water content stability of flow-moisture and intermediate- moisture foods. **Food Technology**, v.24, n.5, p. 543-550, 1970.

LABUZA, T.P. An introduction to active packaging for foods. **Food Technology**, v. 50, n. 1, p. 68-71, 1996.

LABUZA, T.P.; BREENE, W.M. Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 13, n. 1, p. 1-69, 1989.

LEDERER, J. **Enciclopédia moderna de higiene alimentar**. Manole Dois, v. 3, 1991. 121p.

LIMA, E.D.P.A. **Umbu-cajá (*Spondias* spp): aspectos de pós-colheita e processamento**. João Pessoa: Universitária. UFPB, 2002. 57 p.

LIMA, E.D.P.A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. **Caracterização físico-química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação da polpa congelada e néctar.** João Pessoa: Universitária/Idéia, 2000 . 57 p.

LIMA, E.D.P.A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. **Aspecto de Pós-Colheita e Processamento.** João Pessoa: Universitária/Idéia, 2000 . 57 p.

LIMA, E.D.P.A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. **Caracterização físico-química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação da polpa congelada e néctar.** **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2,p.338-343, ago.2002.

LUND, D.B. **Principles food science: physic principles of food preservation.** New York: Editora.1975. v. 4, cap. 8, p. 237-263.

MADRUGA, M.S. **Transformações bioquímicas em alimentos.** In: ALDRIGUE, M.L.; MADRUGA, M.S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos.** João Pessoa: Editora Universitária/UFPB/Idéia, 2002. v. 2, cap. 5, p. 219-260.

MADRUGA, M.S.; ALDRIGUE, M.L. **Análises químicas, físico-químicas e físicas de alimentos.** In: ALDRIGUE, M.L.; MADRUGA, M.S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos.** João Pessoa: Editora Universitária, 2003. cap. 1, p. 11-57.

MACEDO, B.A.; MAIA, G.A.; FIGUEREDO, R.W. de; ORIA, H.F.; GUEDES, Z.B.L.; ARAÚJO FILHO. G.C. **Características químicas e físico-químicas de quatro variedades de goiaba adaptadas às condições do Ceará.** **Revista Brasileira de Fruticultura.** Cruz das Almas, v.17, n.2,p.39-44, ago.1995.

MAKOWER, B.; DYE, W.B. **Equilibrium moisture content and crystalization of amorphous sucrose and glucose.** **Journal of Food Technology**, v.4, n.1, p.72-81, 1956.

MATSUURA, F.C.A.; U.FOLEGATTI, M.IS.; MACHADO, S.S.; CARDOSO, R.L. **Processamento e avaliação da compota de umbu-cajá.** In: SIMPÓSIO LATINO

AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4., 2001, CamPinas. **Resumo...** Campinas : SBCTA, 2001. CD.

MAURO, M.A. **Cinética da desidratação osmótica de banana nanica**. Dissertação (Tese de mestrado) - UNICAMP, Campinas -FEA, 1992.

MENDES, B.V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do semi-árido., v.164, 1990, 67p. **Coleção Mossoerense série (-v, 164)**

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L.V.; KUSKOSKI, E.M. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002. 255.P.

MOK, C.Y.; HETTIARACHCHY, N. Moisture sorption characteristics of ground sunflower nutmeat and its products. **Journal of Food Science**, v.55, n.3, p. 786-789, 1990.

MORORÓ, R.C. **Como montar uma pequena fábrica de polpa frutas**. Viçosa: CPT, 1998, 68 p.

MUJUMDAR, A.S. e GUPTA, R. 1983. **Advances in drying**. Hemisphere Publishing Corporation, Wahington. vol.2, p 73-102.

NORONHA, M.A. de S. **Armazenamento do abacaxi (*Ananás comosus* L.) cv. *Smooth cayene* minimamente processado**. 2002,107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 107p, 2002.

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

OLIVEIRA, R.P. da S. **Determinação de propriedades físicas e de transporte de suco acerola**. 148f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

PENA, R.S.; RIBEIRO, C.C.; GRANDI, J.G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*). In: HUBINGER, M.; MURR, F. X.; AGUILERA, J. M. **Propriedades físicas de los alimentos**. Valencia: CYTED, p. 291-297, Dec. 1996.

PERDUE, R.R.; MAP. Shoppers would with. Fresh ideas. **Canadian Packaging**, v.42, p. 26-28, 1989.

PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. p.219-278.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. 128f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". São Paulo. Piracicaba. 2003.

PRADO, M.E.T.; ALONSO, I.F.T.; SALES, E.; PARK, K.J. Isotermas de sorção: determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, p.143-146, 1999.

PIRES, M. das G. de M. **Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, (umbuzeiro) no estado de Pernambuco, Brasil**. 1990, 290 p.

QUAST, D.G. **Físico-química da água em alimentos desidratados**. Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos, n.13, p.1-25, 1968.

RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, P C.L.; FOLEGATTI, M.I da S.; MATSUURA, F.C.A.U.; CERQUEIRA, E.Q.; KISARI, R.G.; SILVA NETO, C. N. da. Caracterização e avaliação de germoplasma de umbu – cajazeira no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2001. CD ROM.

RIZVI, S.S.H. Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: RAO, M.A.; RIZVI, S.S.H. **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, 1986. p. 133-214.

ROCHA, J.L.V. da; SPAGNOL, W.A. Frutas e hortaliças. In: VAN'DENER, A. G.F. *et al.* **Armazenamento de gêneros e produtos alimentícios**. São Paulo: Governo do Estado, 1983. Cap.6, p. 227-270.

RODRIGUES – AMAYA, D.B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor nutritivo de vitamina A em cajá (*Spondias lutea L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 9. n.2, p.148-162. 1989.

ROONEY, M.L. **Overview of active food packaging**. In: ROONEY, M.L. Active food packaging. Glasgow: Chapman & Hall, 1995 b. p. 1-37.

SALVAGNINI, W. **Densidade de Líquidos (EPUSP-UNIP)**.2000.10p.

SANNI, L. Y KUYE, A, 2000. Effect of Temperatures on Water Sorption Isotherms of some Fortified Cassava Productus. **Proceedings International Drying Symposium**. 2000, Holanda.

SARANTOPOÚLOS, C.I.G.L.; ALVES, R.M.V.A.; OLIVEIRA, L.M.; GOMES, T.C. **Embalagens com atmosfera modificada**. 2.ed. Campinas: CETEA/ITAL, 1998. 114p.

SIGRIST, J.M.M. **Distúrbios Fisiológicos pelo frio: tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: GESP/CPA, ITAL, 1988. CAP V P. 42-50p.

SILVA, A.C.B.P. **Suco de abacaxi desidratado: Aplicação do processo foam-mat drying**. 103f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1971.

SILVA, A.Q. da; SILVA, H.; NÓBREGA, J.P. da; MALAVOLTA, E. **Conteúdo de nutrientes por ocasião da colheita em diversas frutas da região Nordeste**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984. Anais... Florianópolis: ELBERT, 1984. v.1, p.136-140.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária, , 1981. 166 p.

SILVA, A.P.V.; MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F.; FIGUEIREDO, R.W.; BRASIL, I.M. Estabilidade do suco clarificado de cajá (*Spondias Lutea L.*) mediante emprego de enzimas pectinolíticas e agentes "fining". **Revista Agropecuária Brasileira**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. v. 33.n.11. 1998.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, J. **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**, Juiz de Fora, MG, Instituto Maria, 1995. 500p.

SING, B.P.; NARAIN, A.I.; SINGH, H. Kinetics of water sorption by wheat flour from saturated atmosphere. **Journal Food Science and Technology**, v. 18, p. 201-206, 1981.

SOARES, E.C. **Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata D.C*) pelo processo "foam mat"**. 1996. 153 f. Dissertação (mestrado em tecnologia de Alimentos) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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

SOUZA, A H. de; CATÃO, D.D. Umbu e seu suco. **Revista Brasileira de farmácia**, p. 335-353, nov/dez,1970.

SOUZA, F.X. de.; SOUZA, F.H.L.; FREITAS, J.B.S. Caracterização morfológica de endocarpos de umbu-cajá. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48., 1997, Crato. **Resumos...** Fortaleza: SBB/BNB, 1997. p.121.

SOUZA, F.X. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT/SEBRAE/CE, 1998. 28p. (Documento, 27).

SOUZA, S.M.A.; SOBRAL, P.J.; MENEGALLI, F.C. Isotermas de sorção de biofilmes e proteínas miofibrilares extraídas de carne bovina. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: Editora UPV, 2003. p.95-100.

SHOTTLER, P.; HAMATSCHEK, J. **Application of decanters for the production of tropical fruit juices**. Fruit Processing, v.4, n.1, p 198-301, 1994.

SMITH, D.S.; MANNHEIM, C.H.; GILBERT, S.G. Water sorption isotherms of sucrose and glucose by inverse gas chromatography. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1051-1053, 1981.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Dring: principies, applications and design**. New York: 1986

TAPIA, D.; ALZAMORA, S.M. & WELTI, J. 1997. Minimally Processed High – moisture Fruit Products by Combined Methods: Results of a Multinational Project. **Food Engeneering 2000**. Nueva York. NY : Chapman & Hall., pp. 161-180.

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

TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D.; MAROULIS, Z.B. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. **Journal of Food Science**, v.55, p. 1594-1597, 1625, 1990.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma ("foam mat")**. 103f. Dissertação. (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1971.

UNIFEM. **Manual de tecnologia do ciclo alimentar: processamento de frutas e legumes**. 1989. 71p.

VASCONCELOS, A.R.D. **Utilização do cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caquis**. c.v. FUYU. Lavras, 2000. 85p. Teste (M.S)- Universidade Federal de Lavras.

VAZQUEZ, G.; CHENLO, F.; MOREIRA, R; CRUZ, G. **Grape drying on a pilot plant with a heat pump**. Drying Technology on International Journal, New York, v.15, n.3, p.899-920, 1997.

VIDAL, D.; FITO, P.; GRAS, M.L.; GIMENO. V. **Estudio de la actividade de água de dátiles españoles tipo candid. III**. 2001, Valencia, España. Editorial de La UPV.2001. **Ingenieria de alimentos nuevas froteiras en el siglo XXI**. p 107-112.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. **Modified atmosphere packaging for fresh produce**. **Food Technology**, v.42, n.9, p. 70-77, 1988.

Tabela A.1. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Anderson a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0824	18,80	16,12	2,6736	0,1422
0,4316	28,26	34,24	-5,9812	-0,2116
0,6886	36,42	49,98	-13,5668	-0,3725
0,7425	49,63	54,78	-5,1516	-0,1038
0,7529	60,69	55,80	4,8882	0,0805
0,8099	69,49	62,06	7,4213	0,1067
0,8434	80,53	66,39	14,1361	0,1755
0,9788	85,75	91,74	-5,9938	-0,0698

Tabela A.2. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Anderson a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0758	14,07	13,93941	0,13059	0,00928
0,3244	24,09	24,00567	0,08433	0,00350
0,4317	25,66	27,50974	-1,84974	-0,07209
0,5603	34,77	32,4501	2,3199	0,06672
0,6789	37,69	38,32341	-0,63341	-0,01681
0,8063	47,00	47,08422	-0,08422	-0,00179

Tabela A.3. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-
cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Anderson a
35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0692	17,05	13,13	3,91272	0,229485
0,3205	21,93	26,39	-4,46722	-0,20370
0,4317	27,90	30,93	-3,03110	-0,10864
0,5455	32,24	36,28	-4,04032	-0,12532
0,6696	34,46	43,72	-9,26455	-0,26885
0,7206	46,14	47,54	-1,40313	-0,03041
0,7487	56,87	49,90	6,96493	0,12247
0,8027	60,19	55,08	5,10159	0,08476
0,8295	68,89	58,04	10,84714	0,15746
0,9642	72,81	78,88	-6,07899	-0,08349

Tabela A.4. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de
umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Gab a
25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0824	18,80	16,12	2,6736	0,1422
0,4316	28,26	34,24	-5,9812	-0,2116
0,6886	36,42	49,98	-13,5668	-0,3725
0,7425	49,63	54,78	-5,1516	-0,1038
0,7529	60,69	55,80	4,8882	0,080
0,8099	69,49	62,06	7,4213	0,1067
0,8434	80,53	66,39	14,1361	0,1755
0,9788	85,75	91,74	-5,9938	-0,0698

Tabela A.5. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Gab a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0758	14,07	13,93941	0,1306	0,00928
0,3244	24,09	24,00567	0,0843	0,00350
0,4317	25,66	27,50974	-1,8497	-0,07209
0,5603	34,77	32,4501	2,3199	0,06672
0,6789	37,69	38,32341	-0,6334	-0,01681
0,8063	47,00	47,08422	-0,0842	-0,00179

Tabela A.6. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Gab a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0692	17,05	13,13	3,91272	0,229485
0,3205	21,93	26,39	-4,46722	-0,20370
0,4317	27,90	30,93	-3,03110	-0,10864
0,5455	32,24	36,28	-4,04032	-0,12532
0,6696	34,46	43,72	-9,26455	-0,26885
0,7206	46,14	47,54	-1,40313	-0,03041
0,7487	56,87	49,90	6,96493	0,12247
0,8027	60,19	55,08	5,10159	0,08476
0,8295	68,89	58,04	10,84714	0,15746
0,9642	72,81	78,88	-6,07899	-0,08349

Tabela A.7. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu- cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Iglesias a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0824	18,80	45,85	-27,0583	-1,4392
0,4316	28,26	46,51	-18,2534	-0,6459
0,6886	36,42	47,93	-11,5140	-0,3161
0,7425	49,63	48,59	1,0384	0,0209
0,7529	60,69	48,75	11,9381	0,1967
0,8099	69,49	49,93	19,5512	0,2813
0,8434	80,53	51,03	29,4902	0,3662
0,9788	85,75	90,94	-5,1926	-0,0605

Tabela A.8. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu- cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Iglesias a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0758	14,07	20,39043	-6,32043	-0,44921
0,3244	24,09	23,28536	0,80464	0,03340
0,4317	25,66	25,31737	0,34263	0,01335
0,5603	34,77	29,05933	5,71067	0,16424
0,6789	37,69	35,16708	2,52292	0,06694
0,8063	47,00	50,06043	-3,06043	-0,06512

Tabela A.9. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Iglesias a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0692	17,05	36,35	-19,3001	-1,13197
0,3205	21,93	37,00	-15,0790	-0,68760
0,4317	27,90	37,48	-9,5865	-0,34360
0,5455	32,24	38,21	-5,9771	-0,18539
0,6696	34,46	39,58	-5,1276	-0,14880
0,7206	46,14	40,50	5,6362	0,12215
0,7487	56,87	41,16	15,7026	0,27611
0,8027	60,19	42,97	17,2165	0,28604
0,8295	68,89	44,29	24,5953	0,35702
0,9642	72,81	80,89	-8,0803	-0,11098

Tabela A.10. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Lang-Steinberg-Smith a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0824	18,80	26,84	-8,0412	-0,4277
0,4316	28,26	35,98	-7,7255	-0,2733
0,6886	36,42	47,47	-11,0546	-0,3035
0,7425	49,63	51,10	-1,4734	-0,0296
0,7529	60,69	51,89	8,7995	0,1449
0,8099	69,49	56,89	12,5925	0,1812
0,8434	80,53	60,59	19,9313	0,2475
0,9788	85,75	98,77	-13,0287	-0,1519

Tabela A.11. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu-
cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Lang-
Steinberg-Smith a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0758	14,07	16,30289	-2,23289	-0,15870
0,3244	24,09	22,7364	1,3536	0,05619
0,4317	25,66	26,2876	-0,6276	-0,02446
0,5603	34,77	31,55544	3,21456	0,09245
0,6789	37,69	38,00975	-0,31975	-0,00848
0,8063	47,00	48,38792	-1,38792	-0,02953

Tabela A.12. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de
umbu- cajá em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Lang-
Steinberg-Smith a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0692	17,05	21,06	-4,0150	-0,23548
0,3205	21,93	27,25	-5,3262	-0,24287
0,4317	27,90	30,77	-2,8721	-0,10294
0,5455	32,24	35,16	-2,9283	-0,09083
0,6696	34,46	41,44	-6,9823	-0,20262
0,7206	46,14	44,74	1,3992	0,03033
0,7487	56,87	46,82	10,0438	0,17661
0,8027	60,19	51,58	8,6042	0,14295
0,8295	68,89	54,45	14,4320	0,20949
0,9642	72,81	85,16	-12,3551	-0,16969