



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



Centro de Ciências
e Tecnologia

DISSERTAÇÃO

**OBTENÇÃO DE CAJÁ EM PÓ UTILIZANDO UM SECADOR POR
ATOMIZAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL DO PÓ**

Yvson Costa e Silva

Campina Grande – PB

Março de 2005

YVSON COSTA E SILVA

**OBTENÇÃO DE CAJÁ EM PÓ UTILIZANDO UM SECADOR POR
ATOMIZAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL DO PÓ**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

Orientadores:

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof^a. Dr^a. Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande – PB

Março de 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586o Silva, Yvson Costa e
2005 Obtenção de cajá em pó utilizando um secador por atomização:
caracterização física, físico-química e sensorial do pó / Yvson
Costa e Silva. – Campina Grande: UFCG, 2005.
75f.: il. col.

Inclui bibliografia

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

1 – Secagem 2 – Isotermas 3 – Higroscopicidade 4 – Análise sensorial
I – Título

CDU: 631.7



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

YVSON COSTA E SILVA

OBTENÇÃO DE CAJÁ EM PÓ UTILIZANDO UM SECADOR POR
ATOMIZAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL DO PÓ

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mário Eduardo R.M. Cavalcanti
Prof. Mário Eduardo R.M. Cavalcanti Mata-Orientador

APROVADO

Maria Elita M. Duarte
Profa. Maria Elita M. Duarte-Orientadora

APROVADO

Antônio Gilson B. de Lima
Prof. Antônio Gilson B. de Lima-Examinador

APROVADO

Romeu Fioreze
Prof. Romeu Fioreze-Examinador

Aprovado

MARÇO - 2005

Agradecimentos

A minha noiva, Marta Ligia, por todo apoio e dedicação, principalmente nas horas mais difíceis.

A minha família, pelo carinho e paciência.

A Universidade Federal de Campina Grande, por oferecer a oportunidade de obter o título de mestre.

A CAPES, pelo fomento e incentivo à minha pesquisa.

Aos meus orientadores, pela contribuição para o meu crescimento pessoal e como pesquisador.

Aos meus amigos, pelos momentos de alegria, aprendizado e companheirismo.

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, nas pessoas de Rivanilda e Aparecida, que sempre estiveram atenciosas e dedicadas a atender aos alunos.

Aos professores e funcionários do LAPPA, com quem tive a oportunidade de conviver e aprender.

“Tu justificas minha existência:
Se não te conheço, não vivi;
Se morro sem te conhecer, não morro, porque não vivi.”

Luis Cernuda

SUMÁRIO

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas.....	vii
Resumo	ix
Abstract	x
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 – As frutas tropicais como matéria prima.....	03
2.2 – O Cajá.....	04
2.3 – Secagem.....	05
2.4 – Secadores.....	06
2.5 – Secagem por atomização (<i>Spray drying</i>).....	06
2.6 – Microencapsulamento.....	10
2.7 – Microcápsulas.....	12
2.7.1 – Caracterização das microcápsulas.....	13
2.7.2 – Material de parede.....	14
2.7.3 – O amido e seus derivados como suporte na desidratação por atomização.....	16
2.7.4 – Maltodextrinas.....	18
2.7.5 – Amidos Modificados.....	20
2.8 – Atividade de água.....	21
2.8.1 – Determinação da atividade de água.....	22
2.8.2 – Modelagem matemática.....	23
2.9 – Análise sensorial.....	26
2.9.1 – Teste de preferência.....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 – Matéria-prima.....	28
3.2 – Processamento da matéria-prima.....	28
3.2.1 – Recepção e seleção.....	28
3.2.2 – Limpeza e Lavagem.....	29
3.2.3 – Processamento e obtenção da polpa de cajá.....	30
3.2.4 – Armazenagem.....	31
3.3 – Determinação das propriedades físico-químicas da polpa de cajá.....	31
3.3.1 – Teor de água e sólidos totais.....	31
3.3.2 – Cinzas.....	32

3.3.3 – Acidez titulável.....	32
3.3.4 – Ácido ascórbico (Vitamina C)	32
3.3.5 – Açúcares redutores, totais e não-redutores.....	32
3.4 – Obtenção da polpa de cajá em pó.....	32
3.5 – Isotermas de atividade de água.....	34
3.6 – Modelagem matemática.....	34
3.7 – Análise colorimétrica.....	35
3.8 – Análise sensorial.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 – Rendimento.....	38
4.2 – Caracterizações físico-químicas.....	38
4.3 – Análise sensorial.....	39
4.4 – Análise colorimétrica.....	44
4.5 – Isotermas de atividade de água.....	46
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	61
5.1 – Conclusões.....	61
5.2 – Sugestões.....	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO A.....	68
ANEXO B.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Cajá (<i>Spondias lutea</i> L.) maduro.....	04
Figura 2.2 - Esquema básico de funcionamento de um secador por atomização	09
Figura 3.1 – Fluxograma das etapas de manipulação dos frutos.....	28
Figura 3.2 – Recepção dos frutos para processamento.....	29
Figura 3.3 – Seleção dos frutos e descarte de material não aproveitável.....	29
Figura 3.4 – (a) Lavagem e (b) sanitização dos frutos.....	30
Figura 3.5 – (a) Despolpadeira e (b) processamento dos frutos.....	30
Figura 3.6 – Polpa de cajá.....	31
Figura 3.7 – Mini Spray Dryer Labmaq modelo MSD 1.0.....	33
Figura 3.8 – Equipamento Thermoconstanter Novasina modelo TH-02.....	34
Figura 3.9 – (a) Amostras preparadas para análise colorimétrica e (b) o equipamento utilizado.....	35
Figura 3.10 – Formulário de avaliação sensorial da polpa e do suco de cajá.....	37
Figura 4.1 – Perfil sensorial da polpa de cajá natural e da polpa reconstituída a partir do cajá em pó desidratado com diferentes microencapsulantes.....	40
Figura 4.2 – Perfil sensorial do suco de cajá natural e do suco obtido pela diluição da polpa com diferentes microencapsulantes em água e açúcar.....	40
Figura 4.3 – Tendência de distribuição dos resíduos para os diversos modelos em função dos valores de equilíbrio higroscópico do cajá em pó com 15% de maltodextrina.....	47
Figura 4.4 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Oswin modificado para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina...	48
Figura 4.5 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Thompson para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.....	48
Figura 4.6 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.....	49
Figura 4.7 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de G.A.B. para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.....	49
Figura 4.8 – Tendência de distribuição dos resíduos para os diversos modelos em função dos valores da atividade de água do cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.....	51
Figura 4.9 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Oswin modificado para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.....	52

Figura 4.10 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Thompson para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.....	52
Figura 4.11 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.....	53
Figura 4.12 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de G.A.B. para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.....	53
Figura 4.13 – Tendência de distribuição dos resíduos para os diversos modelos em função dos valores da atividade de água do cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.....	55
Figura 4.14 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Oswin modificado para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.....	56
Figura 4.15 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Thompson para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.....	56
Figura 4.16 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.....	57
Figura 4.17 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de G.A.B. para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.....	57
Figura 4.18 – Isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 15% de maltodextrina.....	59
Figura 4.19 – Isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.....	59
Figura 4.20 – Isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição química do cajá por 100 gramas de fruto.....	05
Tabela 4.1 – Valores médios da análise físico-química da polpa de cajá in natura, das emulsões com microencapsulantes e do cajá em pó.....	39
Tabela 4.2 – Comparação entre médias do aroma da polpa de cajá preparada com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.....	41
Tabela 4.3 – Comparação entre médias da aparência da polpa de cajá preparada com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.....	42
Tabela 4.4 – Comparação entre médias da cor da polpa de cajá preparada com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.....	42
Tabela 4.5 – Comparação entre médias do aroma do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.....	43
Tabela 4.6 – Comparação entre médias do sabor do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.....	43
Tabela 4.7 – Comparação entre médias da aparência do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.	44
Tabela 4.8 – Comparação entre médias da cor do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.....	44
Tabela 4.9 – Comparação entre médias do parâmetro “L” da polpa de cajá em pó obtida com diferentes microencapsulantes.....	45
Tabela 4.10 – Comparação entre médias do parâmetro “a” da polpa de cajá em pó obtida com diferentes microencapsulantes.....	45
Tabela 4.11 – Comparação entre médias do parâmetro “b” da polpa de cajá em pó obtida com diferentes microencapsulantes.....	45
Tabela 4.12 – Parâmetros dos modelos de isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 15% de maltodextrina, e seus respectivos coeficientes de correlação (R^2), erros relativos (P) e tendência de distribuição dos resíduos.....	46
Tabela 4.13 – Parâmetros dos modelos de atividade de água para o cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado, e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erros relativos (P) e tendência de distribuição dos resíduos.....	50
Tabela 4.14 – Parâmetros dos modelos de atividade de água para o cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erros relativos (P) e tendência de distribuição dos resíduos.....	54
Tabela 4.15 – Higroscopicidade do cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes nas temperaturas de 20 e 40°C.....	58

Tabela 1A – Análise de variância do aroma da polpa de cajá obtida pela reconstituição do pó de cajá microencapsulado com diferentes formulações.....	69
Tabela 2A – Análise de variância da aparência da polpa de cajá obtida pela reconstituição do pó de cajá microencapsulado com diferentes formulações.....	69
Tabela 3A – Análise de variância da cor da polpa de cajá obtida pela reconstituição do pó de cajá microencapsulado com diferentes formulações.....	69
Tabela 4A – Análise de variância do aroma do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose.....	69
Tabela 5A – Análise de variância da aparência do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose.....	70
Tabela 6A – Análise de variância da cor do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose.....	70
Tabela 7A – Análise de variância do sabor do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose.....	70
Tabela 8A – Análise de variância do parâmetro L para as 3 amostras de cajá em pó.....	70
Tabela 9A – Análise de variância do parâmetro a para as 3 amostras de cajá em pó.....	71
Tabela 10A – Análise de variância do parâmetro b para as 3 amostras de cajá em pó.....	71
Tabela 1B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=50°C.....	73
Tabela 2B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=40°C.....	73
Tabela 3B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=30°C.....	74
Tabela 4B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=20°C.....	74
Tabela 5B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=10°C.....	75

RESUMO

Foram realizadas secagens de polpa de cajá por atomização para obtenção do cajá em pó. A temperatura para o ar de secagem utilizada foi de 150°C e a temperatura do ar na saída do equipamento foi de 93°C. A vazão de alimentação de polpa foi de 0,4 L/h, a vazão do ar de secagem foi de 0,6 m³/min, a vazão ar comprimido para atomização foi de 30 L/min e a abertura do bico de atomização foi de 0,7mm. Para a obtenção do cajá em pó no secador por atomização, foram preparadas emulsões contendo polpa de cajá com 15% de maltodextrina; 10% de maltodextrina e 5% de amido modificado e 7,5% de maltodextrina e 7,5% de amido modificado. Foram realizadas análises físico-químicas da polpa de cajá com e sem microencapsulantes e do cajá em pó. Também foram realizadas análises sensoriais da polpa reconstituída do cajá em pó, do produto *in natura*, e do suco, obtido por diluição da polpa em solução açucarada. As análises físico-químicas foram: teor de água, sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico (vitamina C), acidez, pH, Brix, açúcares redutores, não-redutores e totais. Foram realizadas isotermas de atividade de água do cajá em pó nas temperaturas de 10 a 50°C, e sua análise de cor por meio de colorimetria. Na análise sensorial, as amostras foram avaliadas por meio de escala hedônica. A partir dos dados obtidos neste trabalho, pôde-se concluir que a adição de microencapsulantes altera as propriedades físico-químicas da polpa de cajá; a formulação que obteve características sensoriais mais próximas da polpa *in natura* e do suco obtido pela diluição desta, foi a do cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina, e que o aumento da proporção do microencapsulante amido modificado está relacionado com o escurecimento e a alteração das características sensoriais da polpa e do suco de cajá; o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina conserva melhor a cor e a aparência, aproximando-se dessas características *in natura* e para os demais parâmetros avaliados (aroma e sabor) na polpa e no suco, não foram encontradas diferenças significativas entre as formulações estudadas. No estudo das isotermas de atividade de água, o modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata é o que melhor expressa os dados experimentais para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina e microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, enquanto que o modelo de Oswin modificado é o que melhor representa os dados experimentais do cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado. O cajá em pó microencapsulado nas diferentes formulações estudadas, tem elevada higroscopicidade, o que implica no uso de embalagens adequadas, que impeçam o seu contato com o meio-ambiente.

Palavras-chave: Secagem, Isotermas, Higroscopicidade, Análise sensorial.

ABSTRACT

Assays of cajá pulp in spray dryer were realized to obtain cajá powder. The equipment inlet air temperature was 150°C and the outlet air temperature was 93°C. The pulp feeding flow was 0,4 L/h, the drying air temperature was 0,6 m³/min, and the compressed air flow, for atomization, was 30 L/min, and the nozzle aperture was 0,7mm. To obtain cajá powder in the spray dryer, it were prepared emulsions containing cajá pulp with 15% of maltodextrin; 10% of maltodextrin and 5% of modified starch and 7,5% of maltodextrin and 7,5% of modified starch. Physical-chemical analysis of the cajá pulp with and without microencapsulatings and the cajá powder were realized. Sensorial analysis of the reconstituted pulp from cajá powder, the *in natura* product, and the juice obtained from the pulp dilution in sucrose solution, were also realized. The physical-chemical analyses were: moisture, total of solids, ashes, ascorbic acid (C vitamin), acidity, pH, Brix, reducing, non-reducing and total sugars. Isotherms of cajá powder were realized in the temperatures from 10 to 50°C, and its color analysis by colorimetric method. In the sensorial analysis, the samples were evaluated by hedonic scale. From the obtained data in this work, It could be concluded that the addition of microencapsulatings changes the physical-chemical properties of the cajá pulp; the formulation which obtained the sensorial characteristics near the *in natura* pulp and the juice from its dilution was the cajá powder microencapsulated with 15% of maltodextrin, and the increase of the modified starch is related with the darkening and the changes of the sensorial characteristics of the cajá pulp and its juice; the cajá powder microencapsulated with 15% of maltodextrin conserves better the color and the appearance, approaching from the *in natura* characteristics and for the other evaluated parameters (flavor and savor) in the pulp and in the juice, it wasn't find any significative difference between the studied formulations. In the water activity study, the Henderson model modified by Cavalcanti-Mata best represents the experimental data for the cajá powder microencapsulated with 15% of maltodextrin and microencapsulated with 7,5% of maltodextrin + 7,5% of modified starch, while the modified Oswin model best represents the experimental data of the microencapsulated cajá powder with 10% of maltodextrin + 5% of modified starch. The cajá powder microencapsulated in different studied formulations has high higroscopicity, that implies in use of suitable packages that prevent contact of the cajá powder with the environment.

Keywords: Drying, Isotherms, Higroscopicity, Sensorial analysis.

1. INTRODUÇÃO

Diversas frutas tropicais possuem grande valor nutricional e culinário, além do grande potencial industrial. Nas últimas décadas, devido ao desenvolvimento industrial, novas tecnologias de processamento de produtos agrícolas foram introduzidas com a possibilidade de evitar desperdícios e aumentar o consumo dessas frutas fora do período de safra.

Uma das fruteiras com grande potencial econômico para o Nordeste é a cajazeira, que encontra-se disseminada em quase todos os ecossistemas dessa região. Essa fruteira ocorre espontaneamente de forma isolada ou aleatória em quintais e sítios. O fruto desta espécie é aromático, ácido e de sabor bastante agradável, razão pela qual é amplamente consumido sob forma de suco, sorvete, vinhos, licores ou doces. (SOUZA et al., 2001)

A conservação do cajá se dá comumente sob forma de polpa congelada. No entanto, o congelamento implica em alto custo energético além de grande espaço requerido para o armazenamento da polpa. Portanto, torna-se interessante o uso de outras opções de processamento pós-colheita que garantam um produto com maior estabilidade e de fácil armazenamento.

A secagem por atomização é uma alternativa bastante viável para transformação de frutas, visto que, gera um produto na forma de pó, com maior valor agregado e de fácil manipulação, o qual, devido à redução da quantidade de água para próximo de 2%, torna-se bastante estável, podendo ser estocado, na temperatura ambiente, por um período prolongado. Contudo, devido a alta higroscopicidade da fruta em pó, esta deve ser armazenada em embalagens especiais que evitam a transferência de vapor de água do ambiente para o produto.

Os secadores por atomização, também conhecidos como *Spray Dryers*, operam com altas taxas de produção de sólidos, enquanto grande parte de outros tipos de secadores limitam-se a taxas de produção mais baixas, como é o caso dos secadores rotativos, que operam com taxas de produção de baixa a moderada. (FOUST et al., 1982)

Além do seu potencial com relação à taxa de produção de sólidos, os secadores por atomização apresentam vantagens fundamentais sobre os métodos mais comuns de secagem quando se trata do processamento de produtos alimentícios, como a capacidade de trabalhar com alimentos principalmente ricos em gordura e açúcares, e a alta velocidade de

processamento, conservando as características nutricionais do produto devido ao curto tempo de contato da matéria-prima com os gases aquecidos no interior do secador.

A fim de viabilizar o processo de secagem por atomização, faz-se necessário o uso do material de parede, cuja função principal é envolver a partícula seca, evitando a sua adesão nas paredes do secador, devido a caramelização dos açúcares, além de conservar componentes voláteis constituintes do aroma.

Devido a essa tecnologia de secagem por atomização ser pouco aplicada na produção de polpa de frutas em pó, os objetivos do presente trabalho são:

- Secagem da polpa de cajá em secador por atomização utilizando como material de parede o amido modificado e a maltodextrina nas proporções de 15% de maltodextrina, 10% de maltodextrina mais 5% de amido modificado, e 7,5% de maltodextrina mais 7,5% de amido modificado.
- Caracterização das propriedades físico-químicas da polpa e do pó de cajá.
- Determinação da atividade de água do pó de cajá nas temperaturas de 10 a 50°C.
- Determinação dos parâmetros de cor do pó de cajá por meio de análise colorimétrica.
- Análise sensorial da polpa e do suco obtidos pela reconstituição do pó de cajá.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – As frutas tropicais como matéria-prima

O Brasil destaca-se como grande produtor mundial de frutas. Com um volume produzido de 35,7 milhões de toneladas, em 2002, estima-se que 14% (cerca de 5 milhões de toneladas) seja constituído por frutas tropicais pouco exploradas economicamente, como graviola, pinha, sapoti, *Spondias*, entre outras (FAO, 2005).

As frutas são alimentos que oferecem uma grande variedade de sabores e aromas agradáveis. Compostas basicamente de água (80%), que acaba com a sede e hidrata o organismo, elas também têm açúcar (frutose), que se transforma numa grande fonte de energia para o corpo, além das vitaminas A e C e muitos sais minerais, principalmente cálcio, ferro e fósforo. São de digestão rápida, sendo facilmente assimiladas pelo organismo.

Algumas estimulam o intestino, outras ativam as funções gástricas ou desintoxicam o organismo. Entretanto, para se aproveitar bem as propriedades nutritivas das frutas, elas devem ser consumidas quando estão perfeitamente maduras. Como é fácil observar, as frutas são alimentos indispensáveis e, felizmente no Brasil, é possível encontrar os mais variados tipos durante a maioria dos meses do ano.

Sendo um país tão grande e de climas tão diferentes, aqui se cultivam desde frutas tropicais - como o abacaxi e a manga - até as frutas consideradas de climas frios - maçã, pêra e pêssego. Essa abundância faz com que as frutas sejam uma constante na mesa dos brasileiros, onde podem ser consumidas ao natural (melhor forma de aproveitar seus nutrientes) ou em preparações especiais, como doces, geléias, compotas, etc. (SOUZA, 2001).

Embora as frutas possam ser classificadas de várias maneiras, do ponto de vista alimentar elas dividem-se em três grandes grupos:

- cítricas: laranja, acerola, limão, caju, lima, mexerica, tangerina, cidra, etc.
- não cítricas: maçã, pêra, banana, manga, melão, melancia, figo, pêssego, etc.
- oleaginosas: noz, castanha-do-Pará, amendoim, amêndoa, etc.

2.2 – O Cajá

Fruto da cajazeira, o cajá pertence ao gênero das *Spondias* da família das Anacardiáceas. Nativa do Brasil, havendo quem afirme ser também indígena na África, encontrada da Amazônia, aos estados de São Paulo, Minas Gerais até ao estado da Bahia.

O cajá (Figura 2.1) é uma fruta de casca lisa e fina, de cor alaranjada ou avermelhada, muito aromática e de polpa succulenta. Apresenta sabor agridoce, de polpa alaranjada, é apreciado para a fabricação de doces, licores, sucos, sorvetes e polpa.

É rica em sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro, sendo freqüente nas várzeas e matas de terra firme e argilosa, podendo ser encontrado o ano todo.

Auxilia no tratamento de cistites e uretrites, protege contra infecções, é essencial na função da retina, em ações protetoras para a pele e mucosas, por conter vitamina A.



Figura 2.1 – Cajá (*Spondias lutea* L.) maduro.

A colheita se dá com maior incidência entre fevereiro e julho, e observa-se uma pequena safra entre novembro e dezembro. Os frutos são colhidos ainda “de vez”, quando vão ser transportados por longas distâncias.

São mostradas na Tabela 2.1 as informações nutricionais do cajá por 100 gramas do fruto.

Tabela 2.1 - Composição química do cajá por 100 gramas de fruto

Informação nutricional	Quantidade por 100 gramas de fruto
Calorias	70kcal
Água	82,70g
Proteínas	0,80g
Fibra	1,00g
Cálcio	26,00mg
Fósforo	31,00mg
Ferro	2.20mg
Vitamina B1	0.08mg
Vitamina B2	0.06mg
Niacina	0.50mg
Vitamina C	28.00mg

FONTE: FRANCO (2002)

2.3 – Secagem

A água é um dos fatores que geram condições para o crescimento e desenvolvimento de numerosa faixa de microrganismos nos alimentos. A secagem de frutas é uma operação onde ocorrem transferências simultâneas de calor e massa, com a finalidade de evitar o desenvolvimento de microrganismos e inibir processos enzimáticos. Esta pode ser realizada de dois modos: secagem natural (ao sol e vento) e secagem artificial, por meio de calor, umidade relativa e velocidade de ar controlada. (EVANGELISTA, 1998).

Na secagem por meio natural, o produto é exposto ao sol através de lonas estendidas ao chão, pisos encimentados, ou asfaltos, e está sujeito a contaminações através de materiais estranhos, como grãos de outros produtos, areia, pedras e dejetos de animais domésticos portadores de microrganismos causadores de doenças. Já a secagem artificial, é realizada em condições controladas, através de secadores projetados e testados para tal fim. (GAVA, 1983).

A escolha do secador apropriado está relacionada à manipulação do material úmido, o produto final seco, os custos iniciais e de operação. Um secador eficiente deve permitir um bom controle da temperatura, velocidade do ar e umidade relativa. O produto final deve ter características sensoriais e propriedades físico-químicas desejáveis. Para isso deve-se evitar o escurecimento enzimático e a caramelização de açúcares, que afetam a cor e o sabor do produto obtido. (GAVA, 1983).

A operação de secagem envolve fenômenos de extrema complexidade que dependem de parâmetros experimentais e empíricos para o seu equacionamento e modelagem. Os

parâmetros intrínsecos da secagem são: densidade, calor específico, condutividade térmica, difusividade e viscosidade.

2.4 – Secadores

Para a secagem de alimentos existem vários tipos de secadores, de acordo com as características do alimento, a facilidade de processamento, o volume, a quantidade, o estado e as condições do produto, os fatores de origem econômica e, principalmente, a forma que se deseja dar ao produto. (EVANGELISTA, 1998).

Baseado no modo em que o calor é transmitido ao produto, os secadores se dividem em adiabáticos e secadores por transferência de calor em superfície sólida. A principal diferença entre eles é que nos secadores adiabáticos, o calor é transmitido por convecção, pelo uso de gás aquecido, enquanto que no segundo caso, a transferência de calor ocorre por condução, onde o material é seco através do contato com a superfície do secador.

Os principais secadores adiabáticos são os de cabine, de túnel, fornos secadores, spray dryers e secadores de coluna.

Na indústria de alimentos, o secador por transferência de calor através de superfície sólida mais empregado é o de tambor.

Os secadores de tambor, também conhecidos como drum dryers, são cilindros horizontais giratórios, aquecidos internamente por vapor de água. A suspensão a ser seca é espalhada pela superfície externa do secador, adere a ele, e a secagem se realiza enquanto o tambor efetua suas rotações. Quando a suspensão atinge o teor de umidade desejado, é então raspada por meio de facas. O produto final é obtido na forma de escamas. (FOUST et al., 1982).

2.5 – Secagem por atomização (*spray drying*)

A secagem por meio de secadores do tipo Spray Dryer, é o modo mais conveniente de secar soluções que contém sólidos em suspensão, especialmente de origem orgânica. Esse processo oferece curto contato a temperaturas relativamente baixas, diminuindo o risco de degradar produtos mais sensíveis. (LANGRISH et al., 2001)

Esta técnica se remonta ao início do século XX. Desde 1901 se fabrica por este método leite e detergentes em pó. A partir dos anos 1930 houve um grande aumento na variedade de produtos obtidos através da secagem por atomização, especialmente com a aparição do café solúvel e outros produtos em pó. (MAFART, 1994)

Em um spray dryer, a solução é dispersa em uma corrente de gás aquecido. A água das gotículas formadas é rapidamente vaporizada, formando partículas sólidas secas as quais são separadas da corrente de gás através de um ciclone. O fluxo de líquido e gás pode ser co-corrente, contra-corrente ou a combinação de ambos (MCCABE, 2000).

Uma das grandes vantagens da secagem por atomização é o curto período de residência do material no secador, o que permite a secagem de substâncias termo-sensíveis.

A operação de secagem por atomização está baseada em quatro fases:

- a) Atomização do líquido,
- b) Contato do líquido atomizado com o ar quente,
- c) Evaporação da água,
- d) Separação do produto em pó do ar de secagem.

A pulverização do líquido na câmara de secagem pode ser feita por discos ou bicos atomizadores. No primeiro caso (sistema centrífugo), um disco ranhurado, girando a alta velocidade, pulveriza o líquido e projeta as gotículas de maneira radial ao fluxo de ar quente que entra pelo dispersor de ar situado na parte superior da câmara. A câmara tem normalmente uma forma cilíndrica na sua parte superior e cônica na inferior.

A atomização através de bicos especiais poderá ser ocasionada por bombas de alta pressão ou por sistema pneumático (ar comprimido).

O aquecimento do ar pode ser feito por contato indireto (tubulações aletadas aquecidas por vapor, óleo ou sistema elétrico) ou por queima direta de gás, óleo ou outro combustível.

É muito importante nas características do pó final, a maneira com que o ar quente entra em contato com o líquido atomizado. O fluxo de ar quente é normalmente introduzido na câmara através do dispersor de ar, localizado na parte superior da mesma. O líquido

pulverizado poderá ter o mesmo fluxo do ar quente (fluxo paralelo) ocorrendo, neste caso, um contato da partícula com ar à temperatura cada vez mais baixa. É um sistema usado para produtos mais sensíveis ao calor. (GAVA, 1983)

No fluxo em contracorrente, o líquido é pulverizado numa posição oposta à entrada de ar quente, ocorrendo o contato da partícula mais seca com o ar mais quente. Tal sistema utiliza eficientemente o calor, sendo indicado para produtos não termosensíveis.

A evaporação da água do líquido pulverizado (névoa) ocorre na câmara de secagem, quando o ar quente entra em contato com a partícula úmida. A construção da câmara e as condições de trabalho são ajustadas de modo que ocorra a evaporação necessária de água sem elevar demasiadamente a temperatura do produto.

A separação do produto seco do ar de secagem tem importância sobre as características do pó final, devido ao manuseio mecânico usado nesta operação. Excessivo manuseio mecânico resulta num pó mais fino. Os secadores por atomização usam dois sistemas básicos de separação:

1) A separação principal do pó ocorre na parte inferior (base) da câmara de secagem. O ar de secagem sempre arrasta partículas finas que são recuperadas em sistemas de separação, usualmente ciclones. O pó mais fino, coletado no ciclone, poderá ser misturado ou não com o pó obtido na base do secador. Na Figura 2.2 pode-se observar o esquema de funcionamento de um secador deste tipo onde os dois tipos de pós são misturados antes da embalagem.

2) A separação do pó ocorre somente em sistemas de separação (ciclones), sendo necessário assim um número maior de ciclones (3 a 8, dependendo de cada tipo).

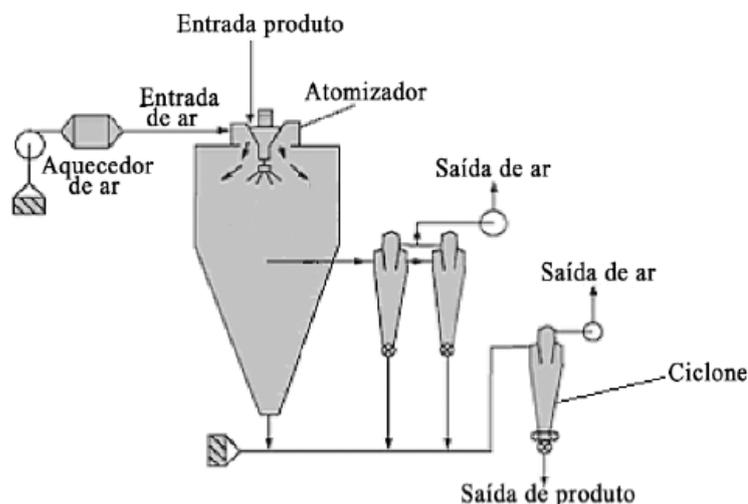


Figura 2.2 - Esquema básico de funcionamento de um secador por atomização.

As quatro fases da secagem por atomização interferem nas características do pó final. Assim, a maneira de atomizar e as propriedades do líquido atomizado influenciam o tamanho da partícula sólida, sua densidade, aparência e umidade. Já o contato líquido-ar quente e a evaporação influenciam a densidade do pó, aparência, umidade, retenção de aroma e sabor. Como já foi mencionado, a técnica de separação do pó do ar de secagem influencia a granulometria do produto desidratado. As variáveis importantes no controle das características do pó final podem ser assim resumidas:

- líquido atomizado (teor de sólidos, número e tamanho de partículas e viscosidade);
- atomizador (tipo e mecanismo de funcionamento);
- ar de secagem (velocidade, temperatura do ar de entrada e temperatura do ar de saída).

Os únicos fatores que são controlados diretamente na secagem por atomização são: a temperatura do ar na entrada, a pressão de atomização e a corrente de alimentação. Estes fatores de entrada influenciam sobre a umidade do pó obtido, assim como a temperatura de saída do ar utilizado. (PÉREZ-CORREA & FARÍAS, 1995)

Na medida em que todos estes fatores estão relacionados entre si, a variação de um deles, provoca a variação de todos os fatores de saída. Como o calor latente médio de vaporização da água do produto varia com a umidade final do pó, torna-se difícil estabelecer leis quantitativas relativas às variações dos fatores. Entretanto, podem-se estabelecer leis empíricas como a empregada pela Niro Atomizer. (MAFART, 1994):

$$\frac{\Delta T_a}{10} - \Delta T'_a + \Delta(ES) - k \times \Delta W = 0 \quad (2.1)$$

em que

ΔT_a : variação de temperatura do ar na entrada (em °C);

$\Delta T'_a$: variação de temperatura do ar na saída (em °C);

$\Delta(ES)$: variação do extrato seco inicial (em %);

ΔW : variação da umidade do pó (em %);

k : constante característica do produto.

Indiretamente esta relação pode dar idéia da influencia da temperatura de entrada do ar sobre a capacidade de evaporação do secador para um teor de sólidos em suspensão e uma umidade do pó na saída constantes.(PISECKY, 1983)

O balanço térmico simplificado do secador permite escrever:

$$\dot{E}L_m = \dot{F} \times C_a \times (T_a - T'_a) \quad (2.2)$$

em que

\dot{E} : capacidade de evaporação (em kg h⁻¹);

L_m : Calor latente médio de evaporação da água do produto (em J kg⁻¹);

\dot{F} : Vazão mássica da corrente de ar (em kg h⁻¹);

C_a : Calor específico do ar (em kJ kg⁻¹ °C⁻¹);

T_a : temperatura do ar na entrada (em °C);

T'_a : temperatura do ar na saída (em °C);

2.6 – Microencapsulamento

Os aditivos, como os amidos, são inofensivos à saúde, desde que se obedecem aos percentuais máximos permitidos, estabelecidos pela Dinal, Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Estão presentes em quase todos os alimentos industrializados e

disponíveis para consumo no comércio de alimentos, com exceção dos que são processados “artesanalmente” pelo comércio de alimentos naturais e dos alimentos in natura.

O uso de aditivos no processamento de alimentos visa aumentar a conservação ou estabilidade do mesmo, reduzindo as perdas nutricionais que possam ocorrer, além de tornarem os alimentos mais atraentes aos olhos do consumidor, sem confundir-lo ou influenciá-lo negativamente; dessa forma, proporcionam as condições essenciais para o processamento dos alimentos, além de padronizá-los (PRADO, 1995).

Uma das características muito valorizada no uso de amidos modificados, é o microencapsulamento. No entanto a capacidade de encapsular não é característica de todos os tipos de amido, alguns servindo apenas de auxiliares no processo de secagem sem exercer a função de encapsular aromas e sabores, vitaminas ou princípios ativos.

As dextrinas enzimáticas e maltodextrinas de baixa dextrose equivalente (DE), pela conformação de algumas de suas moléculas que se aproximam das ciclodextrinas, podem servir em algumas situações para encapsulação.

O microencapsulamento é uma técnica relativamente recente que vem se desenvolvendo em ritmo acelerado. O conceito básico é de um agente ativo aprisionado em invólucro protetor, semelhante a um recobrimento (*coating*), para ser liberado em determinado momento programado. A liberação vai depender do material empregado na confecção do envelope, ou parede protetora e das condições físicas vigentes (CONSTANT & STRINGHETA, 2002).

O microencapsulamento é um processo físico de envolvimento de partículas sólidas, de gotículas de líquido ou de gases com uma membrana fina de revestimento (material de parede), que serve para proteger o material ativo de fatores que possam causar deterioração, ou para estabilizar e permitir a liberação controlada de componentes do núcleo sob determinadas condições (ROSENBERG et al., 1990). Por exemplo, materiais higroscópicos podem ser protegidos da umidade, e a estabilidade de produtos voláteis ou sensíveis ao calor, luz e oxidação podem ser mantidos (SHAHIDI & HAN, 1993).

O microencapsulamento pode reter os voláteis e o aroma de componentes dos produtos alimentícios. A escolha da técnica de microencapsulamento a ser empregada depende das propriedades físicas e químicas do material a ser encapsulado, tamanho desejado das

microcápsulas, tipo de aplicação e mecanismo de liberação dos componentes do material ativo (JACKSON & LEE, 1991).

A utilidade geral do microencapsulamento é a de manusear líquidos como se fossem sólidos, separar componentes numa mistura de sólidos, reduzir a volatilidade do material, proporcionar proteção do ambiente aos componentes do núcleo, alterar as propriedades da superfície, controlar a liberação dos componentes, reduzir a volatilidade ou inflamabilidade de líquidos, e mascarar o sabor amargo de alguns compostos (BAKAN, 1978).

O processo para o microencapsulamento de componentes alimentícios envolve inicialmente a mistura do material ativo e do material de parede através de meios mecânicos (TODD, 1970).

Os processos de microencapsulamento incluem a secagem por atomização, extrusão, recobrimento em leito fluidizado, secagem com resfriamento, co-cristalização e extrusão centrífuga. Os processos de microencapsulamento envolvendo técnicas físicas e químicas são coacervação, envolvimento com lipossomas e encapsulamento molecular. A polimerização interfacial é um método químico para envolvimento de componentes de materiais alimentícios (KONDO, 1989).

Vários produtos alimentícios têm sido encapsulados, entre os quais ácidos, bases, aminoácidos, corantes, enzimas, microrganismos, aromas, gorduras, óleos, vitaminas, minerais e adoçantes.

De acordo com DZIEZAK (1988), o encapsulamento através da secagem por atomização é a técnica mais utilizada na indústria alimentícia.

2.7 – Microcápsulas

As microcápsulas com diâmetro variando de 5 a 5000 μm , podem ser esféricas, oblongas ou de forma irregular, monolíticas ou agregadas, e podem ter paredes simples ou múltiplas (BALASSA & FANGER, 1971; SPARKS, 1985).

O uso de microcápsulas em alimentos representa geralmente um componente para ser usado em misturas. Existem muitos tipos de substâncias microencapsuladas usadas como aditivos alimentícios, alguns no desenvolvimento e produção de aromas artificiais ou naturais e especiarias. O uso de microcápsulas pode melhorar ou alterar as propriedades sensoriais,

nutricionais e aparência dos alimentos, e também pode ser aplicado como preservante (VERSIC, 1988).

A espessura da parede pode ser controlada para alterar a permeabilidade e estabilidade das microcápsulas. O conteúdo das microcápsulas é liberado através de uma série de métodos, tais como: mecânicos, por exemplo através da mastigação; fusão, por exposição ao calor, ou solubilização, quando colocados em solventes (JACKSON & LEE, 1991).

A concentração do material de parede pode variar de 1 a 70% do peso das microcápsulas, mas nas aplicações comerciais normalmente varia de 3 a 30%, o que corresponde a uma espessura da película seca variando de 1-200 μm , dependendo da área superficial do material a ser encapsulado e outras características físicas do sistema (BAKAN, 1978).

2.7.1 – Caracterização das microcápsulas

A caracterização das microcápsulas pode ser efetuada através de meios químicos, físicos, físico-químicos e sensoriais. A estrutura das microcápsulas pode ser observada diretamente através de várias técnicas (microscopia eletrônica, absorção ultra-sônica, ressonância magnética nuclear, etc.). Cada técnica apresenta suas vantagens e desvantagens.

Através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) pode-se estudar os efeitos da composição do material de parede e condições de secagem sobre a estrutura das microcápsulas, observar como o núcleo do material está organizado na matriz sólida, verificar a existência de vazios na microcápsula, e como estas microestruturas são afetadas pela concentração de sólidos da emulsão atomizada e pela temperatura do ar de secagem; também pode ser usada para determinar a capacidade de encapsulamento, através do grau de integridade e porosidade das microcápsulas (SHAHIDI & HAN, 1993).

ROSENBERG et al. (1990) observaram a superfície das microcápsulas através do MEV, na qual a maltodextrina (DE 20) foi utilizada como material de parede para encapsular o metil-lantranilato, e verificaram que as partículas eram muito porosas, apresentando muitas crateras e fendas.

Uma série de experimentos foram realizados para se estudar o efeito da composição de alimentos sobre a morfologia superficial da partícula e verificou-se que existe uma relação

crítica entre componentes de alto e baixo peso molecular acima da qual as partículas com dobras na superfície podem ser obtidas e abaixo da qual superfícies lisas ocorrem (ALEXANDER & KING, 1985).

2.7.2 – Material de parede

Material de cobertura, também referido como cápsula, material de parede ou membrana, são representados por uma grande variedade de polímeros naturais ou películas sintéticas (BAKAN, 1978; SPARKS, 1985).

A alta higroscopicidade e termoplasticidade natural dos pós obtidos de sucos de frutas causam problemas tais como: adesão nas paredes do secador, dificuldade de manuseio, endurecimento, etc. Por isso, o uso de aditivos para facilitar a secagem e melhorar as propriedades para o transporte e armazenagem dos pós é praticamente inevitável (BAKAN, 1978; SPARKS, 1985).

De acordo com KING et al. (1976) para um material de parede ter desempenho adequado deverá preencher as seguintes condições:

- proteger o núcleo ativo da oxidação, luz e umidade durante a vida de prateleira,
- impedir a perda dos componentes voláteis,
- ter capacidade para envolver o material ativo, resultando um pó de escoamento livre, com facilidade de manuseio e incorporação dentro de misturas alimentícias secas.

Para preencher estas condições o material de parede deve ter as seguintes propriedades:

- capacidade para estabilizar a emulsão inicial,
- formação de película,
- baixa higroscopicidade,
- baixa viscosidade,
- capacidade para liberar o núcleo ativo na reconstituição,

- custo relativamente baixo.

Uma das principais variáveis que influenciam a retenção de compostos voláteis do aroma durante a secagem por atomização é o material de parede (BANGS & REINECCIUS, 1988).

O material de parede geralmente utilizado nos produtos alimentícios são carboidratos (amidos hidrolizados, amidos lipofílicos e exsudato de plantas) e proteínas; podem estar em qualquer estado físico: líquido, sólido, dispersão em líquidos ou emulsões complexas (BAKAN, 1978).

Os que têm como base proteínas, apresentam algumas desvantagens como: baixa solubilidade em água fria e maior custo. Já os polímeros derivados de carboidratos podem superar estes atributos negativos. Os amidos simples hidrolizados têm sido usados extensivamente para produzir microcápsulas de aromatizantes secos.

De baixo custo, funcionais, os amidos dextrinizados lamentavelmente exibem uma deficiência maior: a incapacidade para formar uma emulsão aquosa estável na incorporação do aroma. Este defeito tem sido superado através do desenvolvimento dos amidos lipofílicos (BANGS & REINECCIUS, 1988).

Nenhum dos materiais de parede citados apresentam todas as características desejáveis. Isoladamente apresentam vantagens e desvantagens, sendo geralmente empregadas misturas dos mesmos.

Materiais de parede comumente empregados:

- Carboidratos: amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextrinas, sacarose e ciclodextrinas
- Celuloses: carboximetilcelulose, metilcelulose, etilcelulose, nitrocelulose, acetilcelulose, celulose acetato-ftalato, celulose acetato-butirato-ftalato (gomas: goma acácia, agar, alginato de sódio, carragena)
- Lipídios: ceras, parafina, cera de abelha, diglicerídeos, monoglicerídeos, óleos e gorduras

- Proteínas: glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobinas, peptídios. (SHAHIDI & HAN, 1993).

2.7.3 – O amido e seus derivados como suporte na desidratação por atomização.

Para a maioria dos sucos de frutas, a desidratação por atomização sem aditivos exige a instalação de dispositivos especiais na câmara de secagem, tais como paredes resfriadas, resfriadores e dispersadores de ar secundários, reciclagem do produto seco, indução de cristalização no alimentador. Para evitar a instalação de tais dispositivos é possível a adição de coadjuvantes (suportes) no líquido de alimentação, algumas vezes em quantidades superiores a 75 %, calculado sobre o teor de sólidos totais (MASTERS, 1991).

O amido possui as mais variadas aplicações, notadamente na indústria de alimentos. Apenas para exemplificar, o amido é usado nas indústrias têxtil, siderúrgica, de papel, farmacêutica e plástica. Além de seu uso como amido “in natura”, de suas frações (amilose e amilopectina) ou mesmo de seus produtos de hidrólise (dextrinas, maltose e glicose), o amido pode sofrer modificações ou derivações que o moldam de acordo com as necessidades tecnológicas. Estas modificações ou derivações podem ser físicas ou químicas. Entre as modificações mais comuns pode-se citar os amidos pré-gelatinizados e aqueles modificados quimicamente (CIACCO & CRUZ, 1982).

Os pós obtidos pela concentração dos sucos de frutas, representam um importante mercado. Nesta forma física, constituem um ingrediente estável natural e fácil de dosar, o qual pode ser usado para incorporar cor e sabor em alimentos ou produtos farmacêuticos. Entretanto, a alta higroscopicidade e natureza termoplástica destes pós, causam problemas tais como adesão às paredes do secador, dificuldade de manipulação, empastamento, etc. (ANANDARAMAN & REINECCIUS, 1986). Entre os suportes de amido e derivados podem ser citados:

- Amidos ou féculas (nativos ou granulares): presença de grânulos de amido de cor branca, sabor neutro, com coloração azul com lugol, pH entre 5,5 e 6,0, acidez de 1,0 a 1,5 mL de NaOH/100 g e DE (dextrose equivalente) < 2. Neste grupo são disponíveis produtos comerciais de milho e mandioca. As féculas de mandioca no Brasil são fornecidas por grande número de indústrias.

- Dextrinas: as dextrinas podem ser separadas em dois grupos, em função do processo de produção.
- Pirodextrinas ou dextrinas ácidas: em pó, de cor creme a amarela e sabor neutro. Presença de grânulos de amido quebrados com reação de cor violeta a vermelha com lugol, pH entre 2,0 e 5,0, acidez entre 2,0 e 3,0 mL de NaOH/100 g e $2 < DE < 30$. Existem dextrinas para uso industrial (colas e adesivos) e para uso alimentar.
- Dextrinas enzimáticas: produto em pó de cor branca, sabor neutro e ausência de grânulos de amido, mas com reação de coloração violeta a vermelha com lugol. O pH localiza-se entre 4,5 e 6,0, acidez entre 1,0 e 2,0 mL de NaOH/100 g e $5 < DE < 30$.
- Maltodextrinas (enzimática): produto em pó de cor branca a levemente creme, sabor neutro a levemente adocicado, ausência de grânulos de amido, mas com coloração violeta à amarela (cor do lugol), pH entre 4,5 e 5,5, acidez entre 0,5 e 2,0 mL de NaOH/100 g e $5 < DE < 20$, com presença de baixos teores de maltose ($< 5\%$) e de glicose ($< 3\%$). As maltodextrinas podem ser consideradas como amidos pré-gelatinizados levemente hidrolisados por enzimas.
- Ciclodextrinas (enzimática): produto em pó de cor branca a levemente creme, sabor neutro, ausência de grânulos de amido mas com coloração avermelhada a amarela (cor do lugol), com pH entre 7,0 a 7,5, acidez entre 0,5 e 2,0 mL de NaOH/100 g e $2 < DE < 8$. Como as ciclodextrinas têm DE zero (não têm extremidades reductoras), o DE dos produtos comerciais se deve à impurezas como dextrinas e açúcares redutores (glicose e maltose).
- Xaropes: produtos líquidos de cor amarela dourada, transparente (também disponível na forma desidratada) e reação com lugol de coloração amarela (cor do lugol). O pH está entre 4,5 e 6,0, acidez entre 0,5 e 2,0 mL de NaOH/100 g e $DE > 20$, com presença de teores variados de maltose e de glicose e sabor adocicado a doce.

As dextrinas e amidos nativos são bastante usados como suportes, mas principalmente para produtos de menor preço, onde a qualidade não é o fator mais importante. No Brasil muitas dextrinas são vendidas como se fossem maltodextrinas. Em alguns casos, nem são produtos de hidrólise enzimática e nem se sabe se são realmente de grau alimentar.

O pH é muito ácido e as pirodextrinas muito coloridas, interferindo com a cor natural dos produtos desidratados. Nos produtos onde a qualidade é importante, principalmente para manter sabores e aromas, o uso de maltodextrina é preferível. Nos produtos de maior valor agregado, principalmente para uso farmacêutico e em alguns sucos de frutas, pode ser utilizado ciclodextrina. Algumas empresas estrangeiras já comercializam misturas prontas para atender determinados fins, que são chamados de sistemas (GLUCIDEX, s/d). Esses sistemas incluem maltodextrinas, xaropes de glicose, gomas, ciclodextrinas, entre outros e são desenvolvidos para atender mercados específicos.

2.7.4 – Maltodextrinas

O FDA (Food and Drug Administration) estabelece a fórmula da maltodextrina $((C_6H_{12}O_5)_n H_2O)$ como um polímero sacarídeo nutritivo não doce que consiste de unidades D-glicose ligadas principalmente a cadeias α 1-4, apresenta-se em forma de pó branco ou solução concentrada e é produzido pela hidrólise parcial do amido de milho com ácidos e/ou enzimas. É definido pela dextrose equivalente (DE), que é a medida do grau de hidrólise da molécula de amido. Depois da hidrólise o material é filtrado para remover insolúveis e secos (KENYON & ANDERSON, 1988).

Quando o amido hidrolisado tem dextrose equivalente (DE) com um valor menor do que 20, é chamado de maltodextrina. Se a DE é igual ou maior do que 20, é chamado de sólido de xarope de milho. Estes dois derivados aumentam a viscosidade da emulsão com alta concentração de sólidos (Reineccius, citado por CONSTANT & STRINGHETA, 2002).

De acordo com KENYON & ANDERSON (1988) as propriedades funcionais da maltodextrina são:

- Estabilização da emulsão - Maltodextrinas e sólidos de xarope de milho não têm uma capacidade emulsificante (propriedades lipofílicas e hidrofílicas), por isso são usualmente combinados com outros materiais emulsificantes, tais como a goma arábica ou amidos especialmente modificados para obter a necessária estabilidade da emulsão. A concentração do agente emulsificante variará em função de sua capacidade emulsificante, da concentração de material ativo a ser encapsulado, do processo de produção usado e da estabilidade desejada.

- Propriedade de formação de película - Na encapsulação a qualidade do produto final é afetada pela capacidade do material de parede de formar película em torno do material ativo e de sua capacidade para protegê-lo.
- Higroscopicidade - Maltodextrinas com DE baixo não são muito higroscópicos, mas o custo é maior; materiais encapsulados com estes produtos dão pós com escoamento livre. A higroscopicidade aumenta com o aumento da DE.
- Viscosidade - A viscosidade e a solubilidade podem ser as duas mais importantes características de um material encapsulante. O aumento dos sólidos na alimentação do secador com relação constante sólidos/produto pode aumentar a eficiência econômica da operação. A viscosidade das soluções com maltodextrinas e dos sólidos de xarope de milho é baixa e decresce com o aumento da DE.
- Liberação do aroma - Aromas encapsulados encontram aplicação em toda a indústria de alimentos. Maltodextrinas e sólidos de xarope de milho tem excelente solubilidade em água fria e seu uso no encapsulamento de aromas proporciona uma rápida liberação dos mesmos, principalmente quando aplicados para bebidas.
- Baixo custo - Maltodextrinas e sólidos de xarope de milho custam menos do que quase todos os outros materiais encapsulantes.

Quando a emulsão com maltodextrina e óleo de laranja é seca por atomização a retenção dos compostos voláteis geralmente varia de 70 a 85%, dependendo dos parâmetros de operação do secador. Os sólidos de xarope de milho tem desempenho menor e o nível de retenção mais freqüente está entre 65 e 80%. A razão para a menor retenção destes dois agentes de encapsulamento é freqüentemente citada como a pequena capacidade de formação de película. O material de parede deve formar uma película em torno das gotículas e efetivamente reter o aroma do óleo durante o processo de secagem enquanto a água evapora (Reineccius, citado por CONSTANT & STRINGHETA, 2002).

A relação máxima suco de fruta/maltodextrina varia de acordo com cada tipo de suco, pois é função da estrutura química dos carboidratos presentes nos sucos. Em estudos comparativos observaram-se diferentes comportamentos para diferentes carboidratos: uma proporção de no mínimo 50% de maltodextrina com DE 12 foi requerida para secagem de frutose, 35% para glicose e nenhum para sacarose (KENYON & ANDERSON, 1988).

A maltodextrina é muito usada no microencapsulamento por ter baixo custo, baixa higroscopicidade e ser muito estável quando possui alta dextrose equivalente (DE), garantindo um tempo longo de armazenagem sem necessidade da adição de antioxidantes. Mas possui desvantagens tais como: pobre capacidade para formar filme e pobre retenção dos voláteis (ANANDARAMAN & REINECCIUS, 1986).

Reineccius citado por CONSTANT & STRINGHETA (2002) avaliou combinações de maltodextrina e goma arábica e verificou que misturas contendo 60% de maltodextrina e 40% de goma arábica podem ser usadas para encapsular aromas e oferecer excelente estabilidade contra a oxidação. Esse tipo de mistura, além de oferecer um custo menor, possui as propriedades desejáveis da goma arábica.

2.7.5 – Amidos modificados

De acordo com Reineccius citado por CONSTANT & STRINGHETA (2002), o amido hidrolizado não oferece propriedade emulsificante, pois é apenas hidrofílico. Para que essa propriedade exista, deve conter os grupamentos lipofílicos e hidrofílicos. Diante deste fato foram realizadas pesquisas para modificar quimicamente os amidos incorporando um componente lipofílico.

Os amidos modificados proporcionam excelente retenção de componentes voláteis durante a secagem por atomização e pode ser usado com alta concentração de sólidos; a solução é substancialmente menos viscosa do que a da goma arábica e desta forma pode ser usado em concentrações maiores de sólidos no alimento. O uso da goma arábica é geralmente limitado em cerca de 35% da concentração de sólidos do alimento, enquanto que os amidos modificados podem tipicamente ser usados em concentrações de aproximadamente 50%.

O amido fosfatado é empregado no preparo de alimentos prontos sujeitos a ciclos de refrigeração ou congelamento, por serem menos susceptíveis à retrogradação.

Segundo MOORTHY (2000), os amidos fosfatados diferem de seus amidos nativos por formarem pastas claras de alta consistência, boa resistência ao congelamento e boas propriedades emulsificantes.

A principal desvantagem dos amidos modificados é a falta de proteção contra a oxidação durante a armazenagem.

2.8 – Atividade de Água

A água é um componente básico em alimentos, e o seu controle pode ser crítico para garantir a segurança microbiológica do tempo de prateleira ao consumo, ou ainda para otimizar um processo de produção (BLAHOVEC, 2004).

O teor de água é quantidade total de água em um produto e é expresso em % em relação ao seu peso. Mas apenas a água superficial está disponível para o crescimento de microrganismos.

A atividade de água (a_w) é a relação entre a pressão de vapor do produto e o do ar do ambiente em que se encontra. Desde sua introdução, há mais de 40 anos, o conceito de atividade de água tem sido amplamente usado na preservação de alimentos e tem servido para melhorar os processos e desenvolver novos produtos.

A atividade de água, pH, temperatura e outros parâmetros, têm grande impacto no crescimento de microrganismos, embora apenas a_w e pH sejam os parâmetros de maior influência.

Define-se como sendo a água disponível para o crescimento de fungos e bactérias que pode levar à produção de toxinas ou participar de reações químicas ou bioquímicas, (como o escurecimento não enzimático, conhecido como reações de Maillard) as quais podem alterar a textura, aroma, cor, sabor, valor nutricional do produto e a sua estabilidade, ou seja, o tempo de prateleira.

Alguns microrganismos requerem um mínimo de água para se desenvolver ou produzir toxinas. Para o *Staphylococcus aureus*, o mínimo necessário de a_w é de 0,86. Já o *Clostridium botulinum A* e a *Escherichia coli* 0,95, e a *Salmonella*, 0,92. O mofo *Aspergillus flavus* produz toxinas abaixo de 0,83, mas não cresce quando a atividade de água está abaixo de 0,78. Outros fungos podem se desenvolver em atividades de água não menores que 0,6.

Dois produtos podem ter o mesmo teor de água, mas valores de a_w totalmente diferentes. Isto ocorre devido a diferenças na natureza do produto (se é hidrofóbico ou hidrófilo), na composição química, no pH e nas características estruturais (parte não aquosa).

2.8.1 – Determinação da atividade de água

A atividade de água como conceito termodinâmico amplo, se define como uma relação de fugacidades, ou seja, é igual à fugacidade relativa do vapor de água em equilíbrio com o produto (BLAHOVEC, 2004).

$$a_w = \frac{f}{f_o} \quad (2.3)$$

em que

- a_w : atividade de água, decimal;
- f : fugacidade da água no alimento;
- f_0 : fugacidade da água pura.

Para baixas pressões e temperaturas pode-se escrever essa equação na seguinte forma, que é a mais comum (COULTATE, 1996):

$$a_w = \frac{P}{P_o} \quad (2.4)$$

em que

- a_w : atividade de água, decimal;
- P : pressão de vapor da água no alimento (em Pa);
- P_0 : pressão de vapor da água pura. (em Pa).

No equilíbrio, existe uma relação entre a a_w de um alimento e a umidade relativa do ar no equilíbrio (URE, expressa em porcentagem) no ambiente fechado em que esse se encontra, e portanto é sempre 100 vezes maior que o valor de a_w (COULTATE, 1996):

$$a_w = \frac{\%URE}{100} \quad (2.5)$$

Baseando-se nisso, pode-se determinar experimentalmente a atividade de água colocando-se o produto em um ambiente com umidade e temperatura constantes, por um tempo suficiente para que o produto e o ambiente entrem em equilíbrio, não havendo mais

trocas de umidade. A umidade relativa do ar deste ambiente em equilíbrio com o produto é a atividade de água.

A determinação da atividade de água pode ser realizada pelos métodos estático, semi-estático ou dinâmico (FIOREZE, 2004).

No método estático, o produto é colocado em repouso num recipiente fechado acima de uma solução salina saturada ou ácida, mas sem contato com a mesma. O recipiente deve estar em ambiente cuja temperatura seja constante e o produto é pesado depois de alguns dias até manter peso constante, e a partir daí, é determinada a sua umidade de equilíbrio.

O princípio baseia-se no fato de que uma solução salina saturada em um ambiente fechado produz uma umidade relativa de equilíbrio característica para cada sal. O produto pode perder ou ganhar água até atingir o equilíbrio.

O inconveniente deste método está no fato de que o produto pode se deteriorar antes que seja determinada a sua atividade de água devido ao tempo gasto.

O método semi-estático difere em relação ao estático, pois o produto sofre uma pequena agitação periódica para facilitar a difusão de umidade nas proximidades da sua superfície para a atmosfera dentro do recipiente, o que torna este processo um pouco mais rápido (FIOREZE, 2004).

O método dinâmico consiste em colocar o produto em uma cápsula com um sensor de umidade relativa, com o menor espaço livre possível e em temperatura constante. Devido ao pequeno espaço livre, o equilíbrio é rapidamente atingido e a umidade relativa do ambiente, quando não sofre mais variações, corresponde à atividade de água do produto, que é então pesado para determinar sua umidade de equilíbrio.

A principal vantagem deste método é o curto período necessário para se realizar a leitura da atividade de água, e, portanto, não há risco de deterioração do produto além de poder se obter uma isoterma de sorção em algumas horas.

2.8.2 – Modelagem matemática

As equações de isotermas de sorção são úteis prever as propriedades de sorção de água em alimentos. No entanto, vários modelos existem para descrever este fenômeno e nenhum

deles fornece resultados precisos em toda a faixa de atividade de água e para todos os tipos de alimento. LABUZA (1975) atribui isto ao fato de que a água está associada diferentemente aos alimentos por diferentes mecanismos em diferentes regiões de atividade de água (AL-MUHTASEB et al., 2004).

As isotermas de equilíbrio higroscópico em produtos biológicos e alimentos são da forma sigmóide do tipo II, segundo classificação de BET. Este tipo de isoterma é característico de superfícies não-porosas e hidrofílicas tais como maltodextrinas e suas frações (RADOSTA et al., 1989).

A isoterma do tipo II, originada a partir da adsorção em um sólido não poroso, mostra um aumento rápido da quantidade de gás adsorvida para valores baixos de pressão relativa, que se torna mais lento para valores intermediários de P/P_0 . Este comportamento se deve à forte interação das primeiras moléculas de gás com os sítios mais ativos do sólido. Após o preenchimento desses sítios, o gás passa a interagir com os de mais baixa energia. Isso é visualizado pela menor inclinação da região central da isoterma. Na região final da curva ocorre um aumento rápido da quantidade de gás adsorvida em função da pressão relativa. Isso se deve ao início da formação de camadas múltiplas e posterior condensação. Informações sobre a área do sólido são extraídas a partir da primeira região da curva, ou seja, da região onde se tem a formação de uma monocamada (TEIXEIRA et al., 2001).

As equações de isotermas existentes podem ser divididas em dois grupos distintos: 1) equações empíricas ou semi-empíricas, usando funções como exponencial, potência ou logarítmica; e 2) equações com alguma base teórica. (BLAHOVEC, 2004).

As equações mais importantes são baseadas na sorção homogênea de água. Até a década de 1970, a equação de B.E.T. (Brunauer, Emmet & Teller) era limitada para obter a aproximação de resultados experimentais em atividades de água menores que 0,4, mas com a mesma, era possível estimar o conteúdo de água correspondente a monocamada molecular na superfície interna do material.

Desde a década de 1980, a equação de G.A.B. (Van Den Berg & Bruin) tem sido usada com sucesso a fim de obter isotermas de sorção em diversos materiais. Em comparação a equação de dois parâmetros de B.E.T., a equação de G.A.B. possui um parâmetro a mais, e é possível utilizá-la para modelagem de isotermas experimentais para valores de atividade de água de até 0,9.

MENKOV (2000), ao estudar isotermas de sorção de água a várias temperaturas, propôs alguns modelos relacionando-os com a temperatura. Os modelos utilizados neste trabalho foram os de Oswin modificado, Henderson modificado por Thompson, Henderson modificado por Cavalcanti-Mata e o modelo de G.A.B.

Equação de Oswin modificada:

$$Ue = \frac{(a + b t)}{\left[\frac{(1 - a_w)}{a_w} \right]^{\frac{1}{c}}} \quad (2.6)$$

Equação de Henderson modificada por Thompson:

$$Ue = \left\{ \frac{\ln(1 - a_w)}{[-a(t + b)]} \right\}^{\frac{1}{c}} \quad (2.7)$$

Equação de Henderson modificada por Cavalcanti-Mata:

$$Ue = \left\{ \frac{\ln(1 - a_w)}{[-a(t^b)]} \right\}^{\frac{1}{c}} \quad (2.8)$$

Equação de G.A.B.:

$$Ue = \frac{C K M_0 a_w}{(1 - K a_w) (1 - K a_w + C K a_w)} \quad (2.9)$$

em que,

- Ue : teor de água de equilíbrio, % b.s.
 a_w : atividade de água, decimal;
 T : temperatura, °C;
 M_0 : teor de água da monocamada molecular;
 a, b, c, C, K : coeficientes que dependem do produto.

2.9 – Análise sensorial

A análise sensorial pode ser definida como um método científico usado para analisar, medir e interpretar as reações das características dos alimentos e dos materiais como são percebidas pelos órgãos da visão, tato, olfação, audição e gustação (AMERINE et al., 1965).

Todo objeto tem características inatas, seja uma flor, um produto alimentício ou um livro. Quando, num dado ambiente, um observador toma consciência de um objeto, este atua como um estímulo sobre os sentidos, produzindo um efeito sobre o observador, uma sensação que é uma função das características inatas do objeto (DUTCOSKY, 1996).

A percepção envolve a filtração, interpretação e reconstrução das sensações que o observador tem do objeto.

Segundo DUTCOSKY (1996), na indústria de alimentos e nas instituições de pesquisa, a análise sensorial tem como aplicações:

- Controle das etapas de desenvolvimento de um novo produto,
- avaliação do efeito das alterações nas matérias-primas ou no processamento tecnológico sobre o produto final,
- controle de efeito da embalagem sobre os produtos acabados,
- controle de qualidade,
- vida de prateleira e
- teste de mercado de um novo produto ou produto reformulado.

De acordo com LAWLESS & CLAASEN (1993), a escolha de um método de análise sensorial para desenvolvimento de um produto, está baseada em testes de aceitação, discriminativos (se há diferenças entre dois produtos aceitos) e análises descritivas (referente às qualidades sensoriais presentes e suas intensidades), que estão em função das percepções sobre o produto.

2.9.1 – Teste de preferência

O teste de preferência pode ser considerado como uma das mais importantes etapas da análise sensorial. Representa o somatório de todas as percepções sensoriais e expressa o julgamento, por parte do consumidor, sobre a qualidade do produto. Mede a preferência, para prever a aceitabilidade.

Os testes empregados para determinação de preferência podem ser:

- Teste pareado,
- teste de ordenação,
- escala hedônica (mais usado).

A escala hedônica avalia quanto o provador gostou ou desgostou de uma determinada amostra. É largamente utilizada, desde que foi desenvolvida por Peryam e Pilgrim em 1957, para análise de preferência e aceitabilidade, para provadores não treinados (DUTCOSKY, 1996).

A forma geral da escala é:

- | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------|
| 1 | desgostei muitíssimo | 7 | gostei moderadamente |
| 2 | desgostei muito | 8 | gostei muito |
| 3 | desgostei moderadamente | 9 | gostei muitíssimo |
| 4 | desgostei ligeiramente | | |
| 5 | Não gostei nem desgostei | | |
| 6 | gostei ligeiramente | | |

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da etapa experimental do trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas – LAPPA, do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG, Campus I, em Campina Grande – PB.

3.1 – Matéria-prima

As frutas utilizadas para o processamento foram adquiridas junto a produtores da região de Campina Grande.

3.2. – Processamento da matéria-prima

As etapas pelas quais passaram os frutos encontram-se no fluxograma da Figura 3.1.



Figura 3.1 – Fluxograma das etapas de manipulação dos frutos.

3.2.1 – Recepção e seleção

Os frutos foram recebidos no laboratório, Figura 3.2, e imediatamente foi dado início às operações de preparo de maneira que o tempo de espera entre a recepção e o armazenamento fosse o menor possível, minimizando alterações de natureza físico-química.



Figura 3.2 – Recepção dos frutos para processamento.

Os frutos selecionados foram os que estavam em estágio maduro, eliminando-se os frutos deteriorados e materiais estranhos, Figura 3.3.



Figura 3.3 – Seleção dos frutos e descarte de material não aproveitável.

3.2.2 – Limpeza e Lavagem

Os frutos selecionados foram lavados em água corrente para a retirada do excesso de sujeira, e lavados com detergente para retirar as impurezas agregadas, Figura 3.4 (a). Em seguida foram lavados por imersão em recipiente plástico, Figura 3.4 (b), contendo solução sanitizante de hipoclorito de sódio, com concentração de 100ppm, ficando imersas nessa solução durante 15 minutos para a eliminação dos germes ainda aderidos à casca dos frutos.

Após a imersão o material foi posto à temperatura ambiente para eliminar a sua umidade superficial.



Figura 3.4 – (a) Lavagem e (b) sanitização dos frutos.

3.2.3 – Processamento e obtenção da polpa de cajá

A obtenção da polpa de cajá foi realizada em duas etapas empregando uma despoldadeira da marca Laboremus, Figura 3.5(a). Na primeira etapa os frutos foram processados utilizando-se uma peneira com furos de 2.5mm de diâmetro no interior do equipamento, Figura 3.5(b). O produto obtido apresentou alto teor de materiais fibrosos e casca.



Figura 3.5 – (a) Despoldadeira e (b) processamento dos frutos.

Com o objetivo de refinar este material, a polpa de cajá foi processada da mesma forma que os frutos, porém a peneira utilizada nesta etapa, era de furos de 1mm de diâmetro. A polpa obtida é mostrada na Figura 3.6.



Figura 3.6 – Polpa de cajá

3.2.4 – Armazenagem

Visando conservar as características da polpa, a mesma foi embalada em sacos plásticos de polietileno, em porções de 300g, e armazenada em um freezer a temperatura de -30°C, sendo descongelada à medida que era necessária para uso no secador.

3.3 – Determinação das propriedades físico-químicas da polpa de cajá.

As propriedades físico-químicas da polpa foram determinadas segundo os métodos propostos pela Association of Official Agricultural Chemists (A.O.A.C., 1984).

3.3.1 – Teor de água e sólidos totais

O teor de água foi determinado pelo método da evaporação da água do produto, mantido em estufa a 105 °C até a amostra atingir peso constante. O percentual de teor de água, em base úmida do produto, foi determinado dividindo-se a diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra pelo seu peso inicial e multiplicando-se por 100.

O percentual de sólidos totais é obtido dividindo-se o peso final da amostra pelo seu peso inicial, e multiplicando-se este valor por 100.

3.3.2 – Cinzas

As cinzas foram obtidas pela pesagem do resíduo inorgânico após incineração da amostra em temperatura próxima a 525 °C por 4 horas.

3.3.3 – Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada pela titulação eletrométrica da polpa com solução de hidróxido de sódio a 0,1N.

3.3.4 – Ácido ascórbico (Vitamina C)

A concentração de ácido ascórbico foi determinado pelo método de Tilmans. Este método baseia-se na titulação empregando o 2-6 diclorofenol-indofenol que dá cor azul em solução alcalina e cor rósea em solução ácida, sendo reduzido pelo ácido ascórbico a sua forma incolor.

3.3.5 – Açúcares redutores, totais e não-redutores

O método de determinação de açúcares redutores baseia-se nas propriedades físicas de suas soluções ou no poder redutor dos açúcares mais simples. A determinação de açúcares redutores pelo método de redução com solução alcalina, baseia-se na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Fehling. A quantidade de açúcar redutor em uma amostra de alimentos é determinada pelo volume de solução de açúcar de concentração desconhecida, necessário para reduzir completamente o volume medido da solução de Fehling.

Para determinação dos açúcares totais, submeteu-se a amostra ao tratamento com ácido clorídrico P.A. e posteriormente a sua neutralização. A partir daí, utilizou-se do procedimento anterior para se determinar os açúcares redutores.

Por diferença entre os resultados de determinações de açúcares redutores e totais, obteve-se o teor de açúcares não-redutores.

3.4 – Obtenção da polpa de cajá em pó

A polpa de cajá em pó foi obtida utilizando-se o secador por atomização Mini Spray Dryer modelo MSD 1.0, da Labmaq do Brasil.

Neste equipamento pode-se ajustar a temperatura do ar de secagem, a pressão do ar para atomização, a vazão da bomba peristáltica para alimentação de polpa no aparelho e a abertura do bico de atomização.

A temperatura para o ar de secagem (entrada) foi de 150°C e na saída do equipamento foi de 93°C. A vazão de alimentação de polpa foi de 0,4L/h, a vazão do ar de secagem foi de 0,6m³/min, a vazão ar comprimido para atomização foi de 30L/min e a abertura do bico de atomização foi de 0,7mm.

Foram preparadas emulsões contendo 15% em massa de encapsulantes e 85% de polpa de cajá. Devido à sua alta viscosidade, as emulsões foram diluídas em água destilada na proporção de 1:1.

Os encapsulantes utilizados foram maltodextrina com DE=20 e o amido modificado *Snow Flake*®, fornecidos pela Corn Products do Brasil S.A.

As formulações usadas foram: 15% de maltodextrina, 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado, e 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado. Estas formulações receberam as respectivas nomenclaturas: 15M, 10M + 5AM e 7,5M + 7,5AM. O equipamento utilizado é mostrado na Figura 3.7.



Figura 3.7 – Mini Spray Dryer Labmaq modelo MSD 1.0

3.5 – Isotermas de atividade de água

As isotermas de atividade de água foram obtidas no Laboratório de Transferência em Meios Porosos, do Departamento de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG, Campus I, em Campina Grande – PB, utilizando o método dinâmico com o equipamento Thermoconstanter Novasina TH-2 (Figura 3.8).

Foram pesadas, aproximadamente 2g de cada amostra seca, em seguida foram umedecidas com 2ml de água destilada, sendo posteriormente homogeneizadas e desidratadas, em estufa, à temperatura constante.

Em tempos regulares, as amostras foram pesadas e colocadas no equipamento a fim de determinar o teor de água de equilíbrio e a atividade de água para cada uma, à temperatura constante.



Figura 3.8 – Equipamento Thermoconstanter Novasina modelo TH-02.

3.6 – Modelagem matemática

A modelagem matemática foi realizada utilizando-se os modelos de Oswin modificado, Henderson modificado por Thompson, Henderson modificado por Cavalcanti-Mata, e o modelo de G.A.B., correspondentes às equações 2.6, 2.7, 2.8 e 2.9.

Para calcular os parâmetros dos modelos, utilizou-se o programa de regressão não-linear, pelo método de Levenberg-Marquardt existente no programa computacional STATISTICA 6.0.

3.7 – Análise colorimétrica

A Análise colorimétrica foi realizada na Unidade de Pesquisa e Demonstração em Alimentos, do Centro de Formação Tecnólogos da Universidade Federal da Paraíba - Campus III, em Bananeiras – PB. O equipamento utilizado foi um colorímetro da marca Minolta, modelo CR-10.

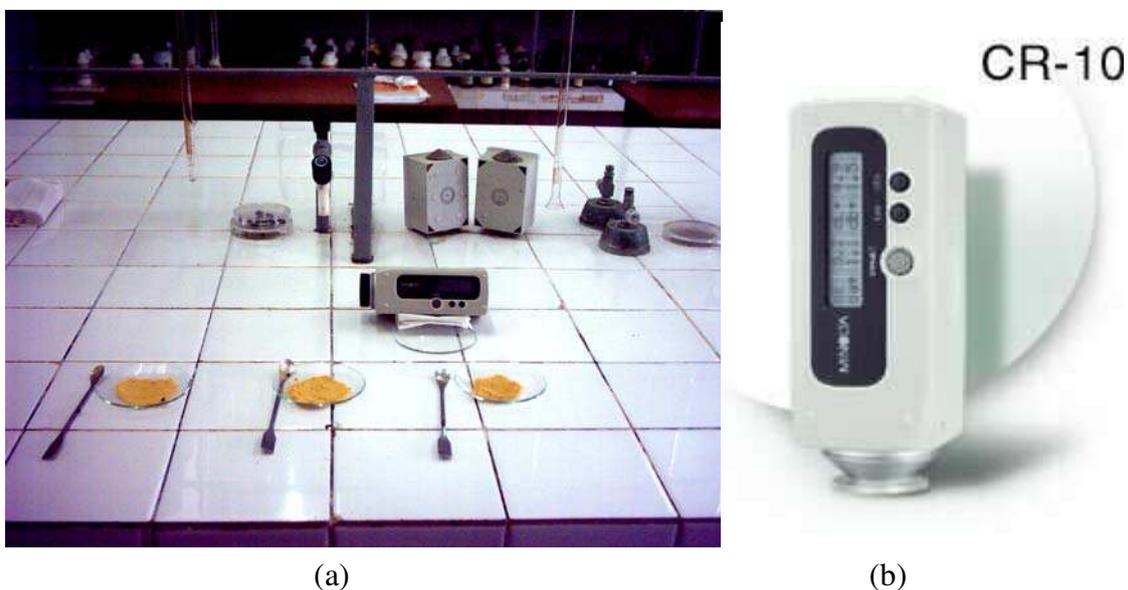


Figura 3.9 – (a) Amostras preparadas para análise colorimétrica e (b) o equipamento utilizado.

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados. Em cada amostra, foram analisados 3 parâmetros, **L**, **a** e **b**, e para cada um, realizou-se análise de variância e teste de Tukey a fim de saber se houveram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

3.8 – Análise sensorial

As polpas, com exceção da *in natura*, foram obtidas por meio da reconstituição do cajá em pó com água destilada. Os sucos foram obtidos por diluição das polpas com solução de sacarose.

Com relação às polpas foram analisados os atributos sensoriais: cor, aparência e aroma, e para o suco, além dos anteriores também foi considerado o atributo sabor. A avaliação foi feita por meio de teste de preferência baseado em escala hedônica, em ambiente inodoro e iluminado pela luz do dia.

As amostras foram avaliadas em copos de plástico descartáveis codificados com Algarismos de 3 dígitos, sendo “123” para a amostra *in natura*, “321” para a amostra com 15% de maltodextrina, “213” para a amostra com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado, e “312” para a amostra com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado. Todas as amostras foram postas ao acaso, distribuídas em bandejas plásticas.

O delineamento experimental foi conduzido por meio de blocos inteiramente casualizados. Os dados coletados foram avaliados pela análise de variância, ANOVA, através do programa do pacote estatístico ASSISTAT v.7.2b. Para a comparação das médias aplicou-se teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os resultados das médias foram apresentados de forma tabular e gráfica (perfil sensorial).

Na Figura 3.10 encontra-se o formulário do teste de preferência para a avaliação sensorial da polpa e do suco de cajá obtidos da polpa em pó e *in natura*.

O teste foi realizado com apenas 5 pessoas devido a pequena quantidade de amostras obtidas.

Avalie cada uma das amostras codificadas de polpa e suco de cajá, e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo das amostras.

Escala hedônica

- 9 - Gostei muitíssimo
- 8 - Gostei muito
- 7 - Gostei moderadamente
- 6 - Gostei ligeiramente
- 5 - Não gostei nem desgostei
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 3 - Desgostei moderadamente
- 2 - Desgostei muito
- 1 - Desgostei muitíssimo

Polpa				
Amostra =>	123	321	213	312
Cor				
Aparência				
Aroma				

Suco				
Amostra =>	123	321	213	312
Cor				
Aparência				
Aroma				
Sabor				

Comentários: _____

Nome: _____ Data: ____/____/____

Figura 3.10 – Formulário de avaliação sensorial da polpa e do suco de cajá

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Rendimento

Foram processados 155 kg de cajá, obtendo-se cerca de 57 kg de polpa, resultando um rendimento médio de 0,368 kg de polpa/kg de cajá.

Na secagem por atomização, para cada 300 g de polpa+microencapsulantes foram obtidos cerca de 33 g de pó. Sendo um rendimento médio de 11 g de pó/100 g de emulsão.

4.2 – Caracterizações físico-químicas

Na Tabela 4.1 encontram-se os dados da caracterização físico-química da polpa de cajá *in natura*, das emulsões com microencapsulantes e do cajá em pó nas diferentes formulações.

Observa-se que o pH aumenta com a adição dos microencapsulantes e principalmente quando há maior proporção de amido modificado.

Foi observado que o teor de sólidos solúveis aumenta com a adição de maltodextrina. Isto se deve ao fato da maltodextrina ser mais solúvel que o amido modificado usado no experimento. Segundo MOORTHY (2000), os amidos ácido-modificados apresentam solubilidade parcial em baixas temperaturas.

Ainda pode-se constatar por meio da análise química, que o aumento da proporção de amido modificado na emulsão, está relacionado com o aumento de açúcares redutores.

Tabela 4.1 – Valores médios da análise físico-química da polpa de cajá *in natura*, das emulsões com microencapsulantes e do cajá em pó.

Características físico-químicas	<i>In natura</i>	Emulsões			Cajá em pó		
		15M ¹	10M+5AM ²	7,5M+7,5AM ³	15M ¹	10M+5AM ²	7,5M+7,5AM ³
pH	2,69	2,89	2,88	2,96	–	–	–
Acidez titulável (%)	2,15	1,81	1,88	1,79	–	–	–
Vitamina C (mg/100g)	23,28	20,50	20,43	20,46	–	–	–
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,47	24,50	21,25	18,00	–	–	–
Açúcares Redutores (%)	6,89	11,52	12,27	13,07	–	–	–
Açúcares totais (%)	7,28	12,03	12,65	13,78	–	–	–
Sólidos totais (%)	11,67	13,84	13,57	13,92	97,66	97,88	97,81
Cinzas (%)	0,56	0,48	0,49	0,48	2,76	2,85	2,77
Umidade (%)	88,33	86,16	86,43	86,08	2,34	2,12	2,19

1) 15% de maltodextrina; 2) 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado; 3) 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

4.3 – Análise sensorial

Os atributos escolhidos para caracterização do perfil sensorial das amostras de polpa e suco de cajá foram: cor, aroma e aparência, e o parâmetro sabor apenas para o suco. Cabe ressaltar que as análises comparativas foram feitas com a polpa de cajá reconstituída adicionando água destilada ao cajá em pó, e o suco, por diluição da polpa em água e açúcar.

Os resultados da análise sensorial encontram-se nos perfis sensoriais das amostras (Figuras 4.1 e 4.2). O centro da figura representa o ponto zero da escala e a intensidade

aumenta do centro para a periferia. A média de cada atributo por amostra é marcada no eixo correspondente, onde o perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos.

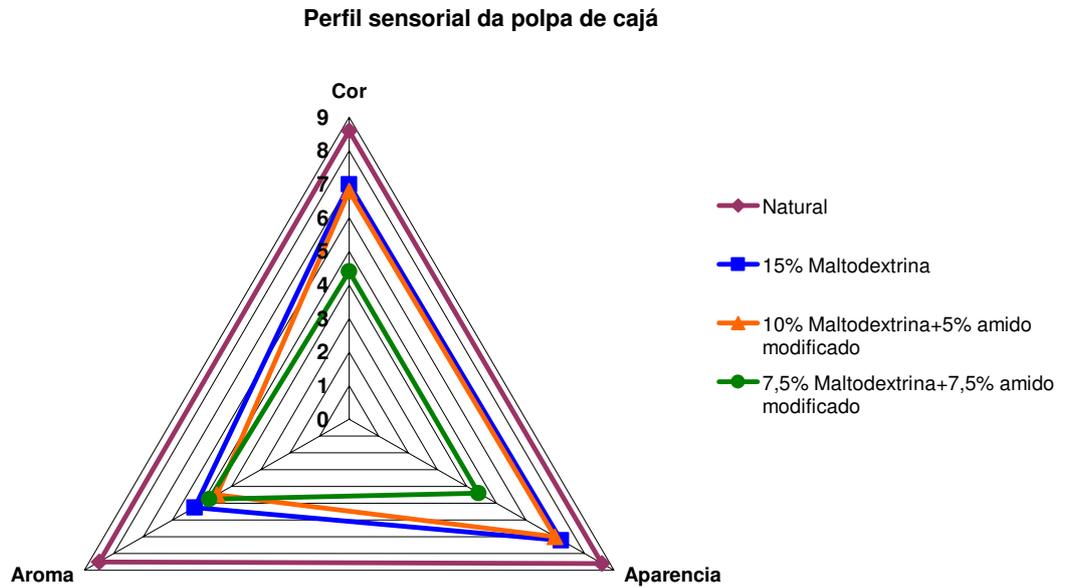


Figura 4.1 – Perfil sensorial da polpa de cajá natural e da polpa reconstituída a partir do cajá em pó desidratado com diferentes microencapsulantes

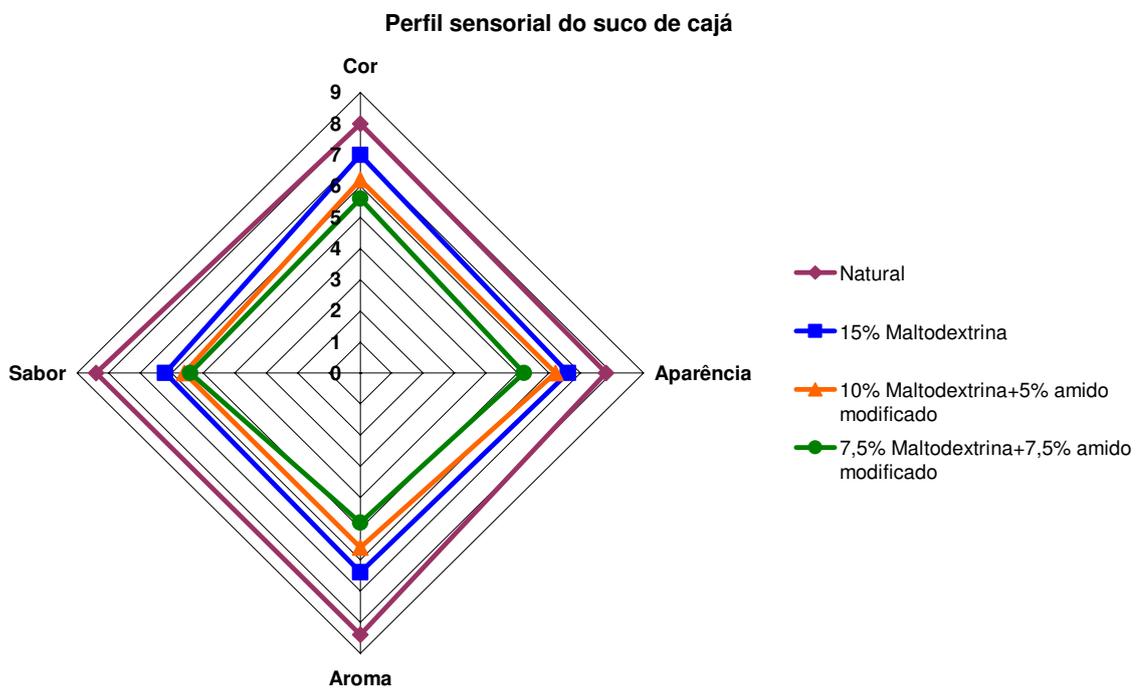


Figura 4.2 – Perfil sensorial do suco de cajá natural e do suco obtido pela diluição da polpa com diferentes microencapsulantes em água e açúcar.

Na Figura 4.1, pôde-se constatar que a maltodextrina como microencapsulante, conserva melhor a cor e a aparência da polpa de cajá, enquanto que para o aroma observa-se uma pequena diferença que pode ser explicada pela análise estatística.

A análise de variância dos resultados mostrou que houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade nos atributos aroma e aparência, enquanto que na cor, a diferença foi significativa apenas em nível de 1% de probabilidade entre as amostras de polpa de cajá. Os dados da ANOVA da análise sensorial da polpa de cajá encontram-se no anexo A.

Na Tabela 4.2 estão os resultados do teste de Tukey para o parâmetro aroma, onde foram comparadas as médias entre as amostras com microencapsulante e a amostra *in natura*. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tuckey.

Tabela 4.2 – Comparação entre médias do aroma da polpa de cajá preparada com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para aroma
Polpa “ <i>in natura</i> ”	8,60 α
Polpa com 15% de maltodextrina	6,00 $\alpha\beta$
Polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	5,40 β
Polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	5,40 β
DMS	2,83

Observa-se na Tabela 4.2 que não existem diferenças significativas entre a polpa do cajá “*in natura*” e a polpa de cajá com 15% de maltodextrina. No entanto essa polpa não difere significativamente das polpas com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado e 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Constata-se, para os parâmetros cor e aparência, que apenas a amostra com 7,5% de maltodextrina e 7,5% de amido modificado se diferencia da amostra *in natura*. Este fato pode ser observado nas Tabelas 4.3 e 4.4 e também na Figura 4.1, onde a linha verde, que representa a amostra com 7,5% de maltodextrina e 7,5% de amido modificado, está bastante afastada da amostra sem aditivos.

Tabela 4.3 – Comparação entre médias da aparência da polpa de cajá preparada com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para aparência
Polpa “ <i>in natura</i> ”	8,60 α
Polpa com 15% de maltodextrina	7,20 $\alpha\beta$
Polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	7,00 $\alpha\beta$
Polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	4,40 β
DMS	3,02

Tabela 4.4 – Comparação entre médias da cor da polpa de cajá preparada com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para cor
Polpa “ <i>in natura</i> ”	8,60 α
Polpa com 15% de maltodextrina	7,00 $\alpha\beta$
Polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	6,80 $\alpha\beta$
Polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	4,40 β
DMS	2,97

Na Figura 4.2 observa-se o perfil sensorial do suco de cajá, onde verifica-se que uma maior presença de maltodextrina contribui para a conservação do produto dentro dos parâmetros analisados.

Ainda na Figura 4.2, em relação aos parâmetros aroma e sabor, observa-se que houve um grande afastamento da amostra *in natura* em relação às demais. Este afastamento também pode ser constatado pela análise estatística.

Em relação ao suco de cajá, na análise de variância, apenas no parâmetro sabor houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade. Para os demais atributos, a diferença foi em nível de 1% de probabilidade. Os dados da ANOVA da análise sensorial da polpa de cajá encontram-se no anexo A.

Nessas Tabelas 4.5 e 4.6 percebe-se que apenas o suco de cajá com 10% de maltodextrina não difere estatisticamente do suco feito com o produto *in natura*, embora a diferença do valor médio atribuído pelos provadores seja de 2 pontos.

Tabela 4.5 – Comparação entre médias do aroma do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para aroma
Suco obtido da polpa “ <i>in natura</i> ”	8,40 α
Suco obtido da polpa com 15% de maltodextrina	6,40 $\alpha\beta$
Suco obtido da polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	5,40 β
Suco obtido da polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	4,80 β
DMS	2,16

Tabela 4.6 – Comparação entre médias do sabor do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para sabor
Suco obtido da polpa “ <i>in natura</i> ”	8,40 α
Suco obtido da polpa com 15% de maltodextrina	6,20 $\alpha\beta$
Suco obtido da polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	5,60 β
Suco obtido da polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	5,60 β
DMS	2,47

De acordo com a Tabela 4.7, para o atributo de aparência do suco de cajá, observa-se que só existe diferença entre as amostras quando se compara o suco de cajá feito com a fruta *in natura* e o suco de cajá feito com o cajá em pó obtido com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado como microencapsulante. Este fato, também, pode ser constatado por meio da Figura 4.2, onde se observa que o quadrado que representa a análise sensorial do suco de cajá com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, se afasta muito do perfil sensorial do suco de cajá feito com a polpa *in natura*, e caminha em direção do eixo central.

Tabela 4.7 – Comparação entre médias da aparência do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para aparência
Suco obtido da polpa “ <i>in natura</i> ”	7,80 α
Suco obtido da polpa com 15% de maltodextrina	6,60 $\alpha\beta$
Suco obtido da polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	6,20 $\alpha\beta$
Suco obtido da polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	5,20 β
DMS	1,75

Para a cor, foi observado, por meio da Tabela 4.8, que as amostras *in natura*, a com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado e a com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, diferem entre si. A amostra com 15% de maltodextrina difere estatisticamente apenas da amostra com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Tabela 4.8 – Comparação entre médias da cor do suco de cajá preparado com cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento para cor
Suco obtido da polpa “ <i>in natura</i> ”	8,00 α
Suco obtido da polpa com 15% de maltodextrina	7,00 $\alpha\beta$
Suco obtido da polpa com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado	6,20 $\beta\gamma$
Suco obtido da polpa com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	5,60 γ
DMS	1,36

4.4 – Análise colorimétrica

Foram avaliados 3 parâmetros relacionados à cor: “L”, (luminosidade), que varia de 0 a 100, “a”, que está relacionado com a cor vermelha, se o seu valor for positivo, e a cor verde, se for negativo, e “b”, que indica a quantidade de amarelo, se positivo, ou azul, se negativo,.

Na Tabela 4.9, observa-se que, segundo o teste de Tukey para o parâmetro “L”, existem diferenças significativas. Este fato se explica devido ao escurecimento não-enzimático da polpa à medida que a proporção de amido modificado, que contém açúcares redutores, aumenta. O escurecimento não enzimático está relacionado com a reação de

Maillard, que ocorre na presença destes açúcares redutores, aminoácidos e calor (EVANGELISTA, 1998).

Tabela 4.9 – Comparação entre médias do parâmetro “L” da polpa de cajá em pó obtida com diferentes microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento
Cajá em pó com 15% de maltodextrina	61,17 α
Cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% amido modificado	57,77 β
Cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% amido modificado	53,02 γ
DMS	2,68

Para o parâmetro “a”, pôde-se constatar na Tabela 4.10 que apenas a primeira amostra é estatisticamente diferente das demais.

Tabela 4.10 – Comparação entre médias do parâmetro “a” da polpa de cajá em pó obtida com diferentes microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento
Cajá em pó com de 15% maltodextrina	10,67 β
Cajá em pó com de 10% maltodextrina + 5% amido modificado	12,17 α
Cajá em pó com de 7,5% maltodextrina + 7,5% amido modificado	12,82 α
DMS	1,17

Para o parâmetro “b”, observa-se na Tabela 4.11, que apenas a última amostra diferenciou-se das demais.

Tabela 4.11 – Comparação entre médias do parâmetro “b” da polpa de cajá em pó obtida com diferentes microencapsulantes.

Tratamentos	Médias de tratamento
Cajá em pó com 15% de maltodextrina	43,77 α
Cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% amido modificado	42,85 α
Cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% amido modificado	40,00 β
DMS	2,30

Estas diferenças sugerem que a presença da maltodextrina está relacionada com uma melhor conservação da cor da polpa de cajá, o que também foi observado, qualitativamente, através da análise sensorial da polpa e do suco obtidos da polpa em pó e comparados com a polpa *in natura*.

4.5 – Isotermas de atividade de água

Foram obtidas curvas de equilíbrio utilizando-se os modelos matemáticos: Oswin modificado, Henderson modificado por Thompson, Henderson modificado por Cavalcanti-Mata e G.A.B.

As isotermas obtidas são, segundo classificação de B.E.T., do tipo II, estando de acordo com o que foi descrito por RADOSTA et al. (1989) em relação ao comportamento dos materiais contendo maltodextrinas e suas frações.

Na Tabela 4.12, encontram-se os parâmetros dos modelos, os erros médios relativos e os coeficientes de correlação de cada isoterma, onde a temperatura variou de 10 a 50°C na formulação do cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.

Tabela 4.12 – Parâmetros dos modelos de isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 15% de maltodextrina, e seus respectivos coeficientes de correlação (R^2), erros relativos (P) e tendência de distribuição dos resíduos.

Modelos	Parâmetros	R^2 (%)	P (%)	Tendência
Oswin modificado	a = 0,007404	98,85	9,57	Tendenciosa
	b = -0,000055			
	c = 0,061536			
Henderson modificado por Thompson	a = 0,011965	99,15	7,72	Tendenciosa
	b = 212,4022			
	n = 0,618975			
Henderson modificado por Cavalcanti-Mata	a = 2,09916	99,16	7,59	Tendenciosa
	b = 0,102392			
	n = 0,627305			
G.A.B.	C = 1,266791	96,32	10,32	Tendenciosa
	M = 0,111624			
	K = 0,948163			

Observa-se nesta Tabela 4.12 que os modelos matemáticos utilizados tiveram coeficientes de correlação (R^2), superiores a 96%.

Com exceção do modelo de G.A.B., os demais modelos tiveram erro médio relativo abaixo de 10%, sendo adequados para descrever o fenômeno estudado.

De acordo com a Figura 4.3, todos os modelos tiveram uma distribuição dos resíduos considerada tendenciosa.

Nos modelos de Henderson modificado por Thompson e o de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata, os coeficientes de correlação foram superiores a 99% e os valores de erro médio relativo menores que 8%, sendo, neste caso, o modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata o mais adequado para a predição das isotermas de atividade de água do cajá em pó com 15% de maltodextrina por apresentar maior valor do coeficiente de correlação e menor valor de erro médio relativo.

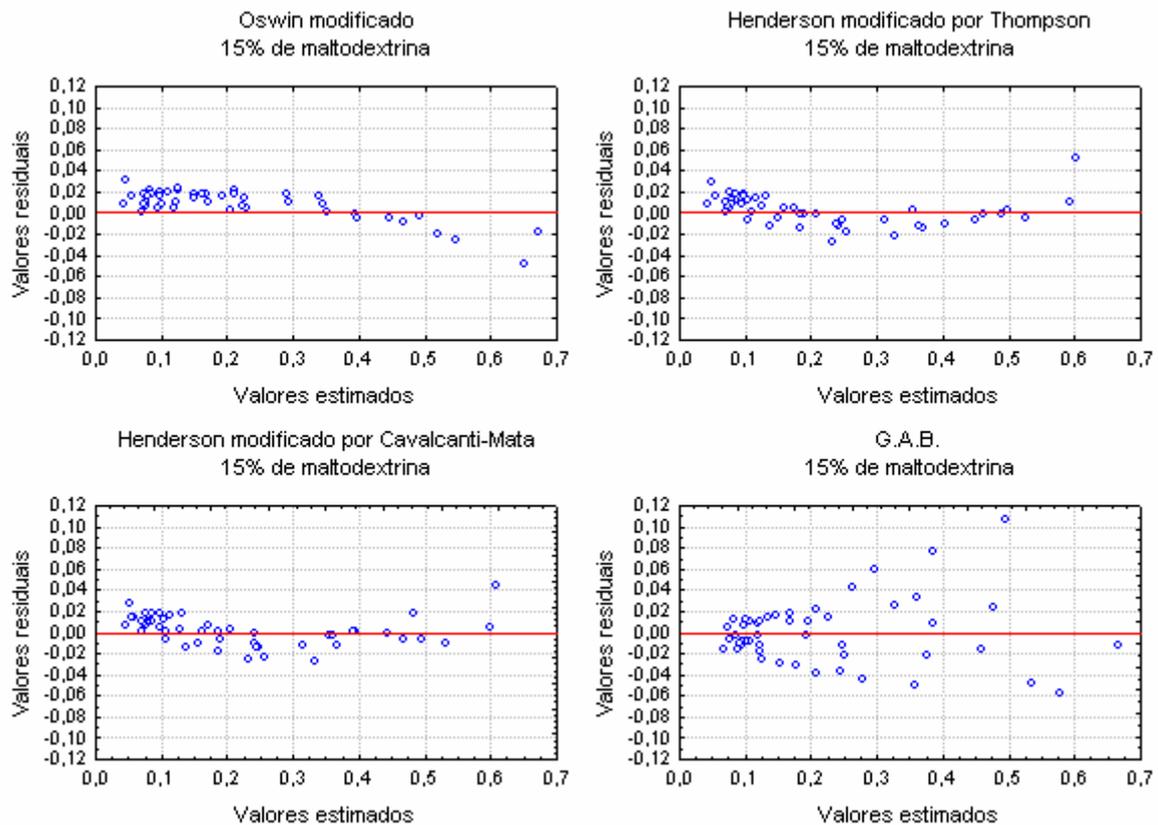


Figura 4.3 – Tendência de distribuição dos resíduos para os diversos modelos em função dos valores de equilíbrio higroscópico do cajá em pó com 15% de maltodextrina.

Nas Figuras 4.4 a 4.7 encontram-se as isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 15% de maltodextrina e temperaturas variando entre 10 e 50°C ajustadas pelos

modelos de Oswin modificado, Henderson modificado por Thompson, Henderson modificado por Cavalcanti-Mata e G.A.B.

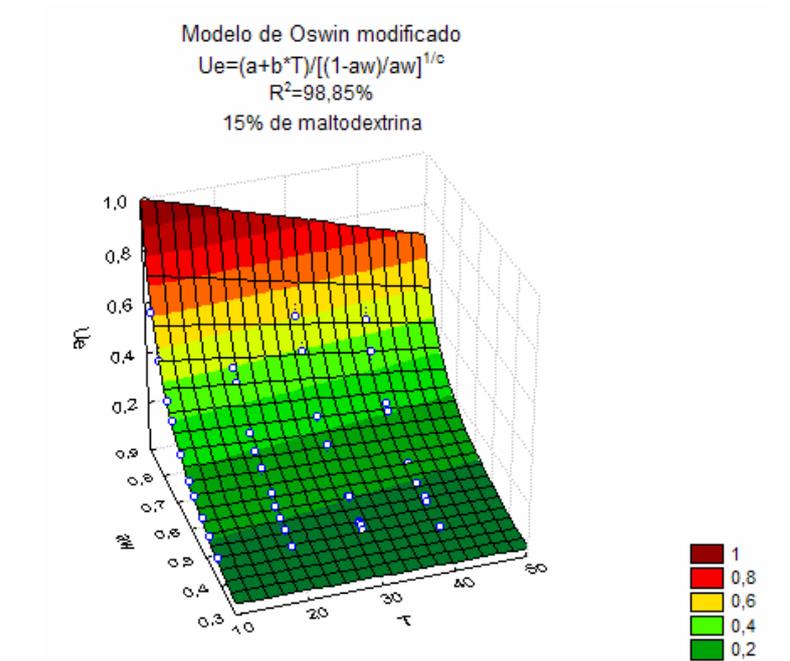


Figura 4.4 – Isothermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Oswin modificado para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.

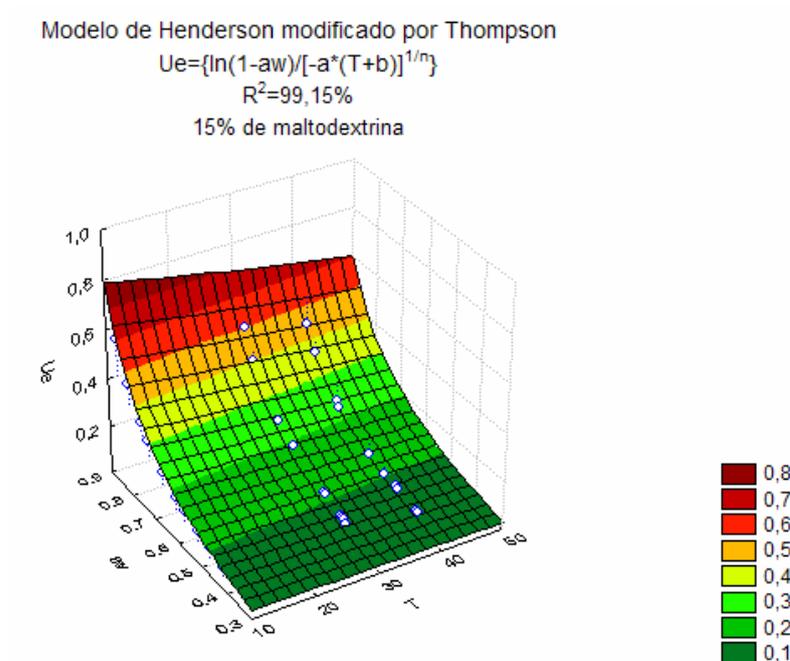


Figura 4.5 – Isothermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Thompson para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.

Modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata
 $U_e = \{\ln(1-aw)/[-a*(T^b)]^{1/n}\}$
 $R^2 = 99,16\%$
 15% de maltodextrina

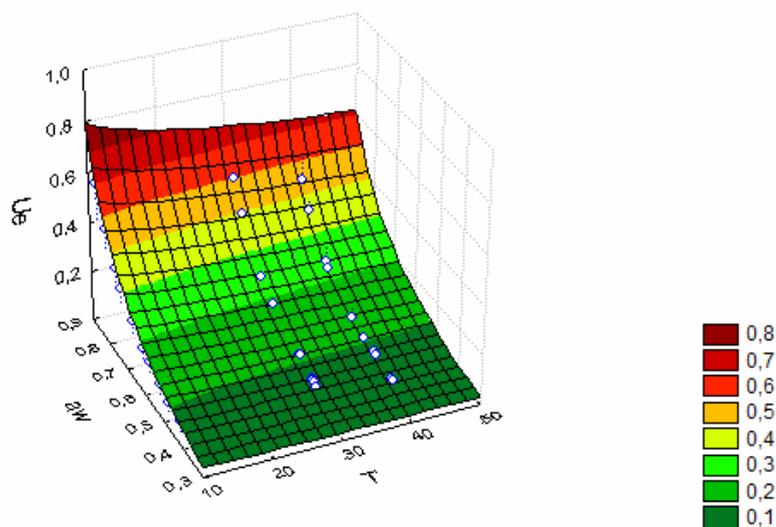


Figura 4.6 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.

Modelo de G.A.B.
 $U_e = (C*K*M*aw)/((1-K*aw)*((1-K*aw)+(C*K*aw)))$
 $R^2 = 96,32\%$
 15% de maltodextrina

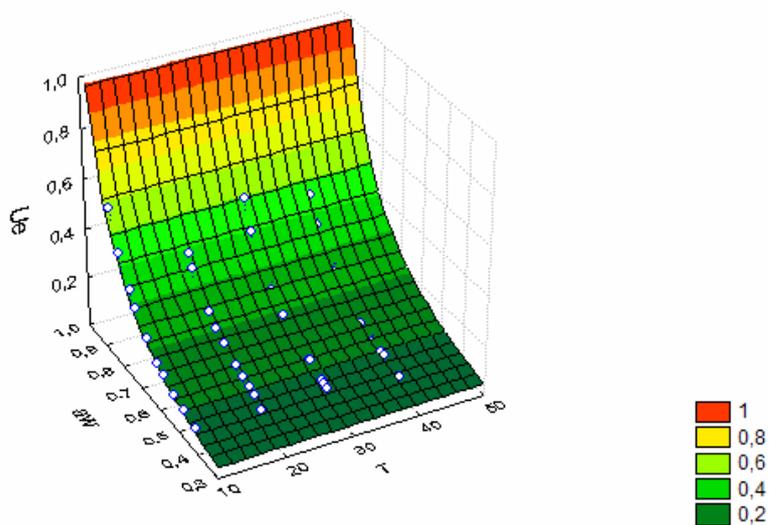


Figura 4.7 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de G.A.B. para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina.

Na Tabela 4.13, encontram-se os parâmetros dos modelos, os erros médios relativos e os coeficientes de correlação de cada isoterma, onde a temperatura variou de 10 a 50°C na

formulação de cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

Tabela 4.13 – Parâmetros dos modelos de atividade de água para o cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado, e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erros relativos (P) e tendência de distribuição dos resíduos.

Modelos	Parâmetros	R^2 (%)	P (%)	Tendência
Oswin modificado	a = 0,007801	98,57	6,87	Aleatória
	b = -0,000044			
	c = 0,072929			
Henderson modificado por Thompson	a = 0,008867	98,15	9,53	Tendenciosa
	b = 293,2732			
	n = 0,571277			
Henderson modificado por Cavalcanti-Mata	a = 2,280825	97,95	9,19	Tendenciosa
	b = 0,072742			
	n = 0,577554			
G.A.B.	C = 1,18890	96,57	11,16	Tendenciosa
	M = 0,093185			
	K = 0,980714			

Constata-se por meio da Tabela 4.13 que os modelos matemáticos utilizados tiveram coeficientes de correlação (R^2), superiores a 96%.

No modelo de G.A.B., o erro médio relativo foi superior a 10%, sendo inadequado para descrever o fenômeno estudado.

Embora o modelo de Henderson modificado por Thompson tenha apresentado coeficiente de correlação superior a 98%, assim como o de Oswin modificado, de acordo com a Figura 4.8, apenas o modelo Oswin modificado apresentou aleatoriedade dos resíduos e menor valor de erro médio relativo, sendo o mais adequado para a predição do equilíbrio higroscópico do cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

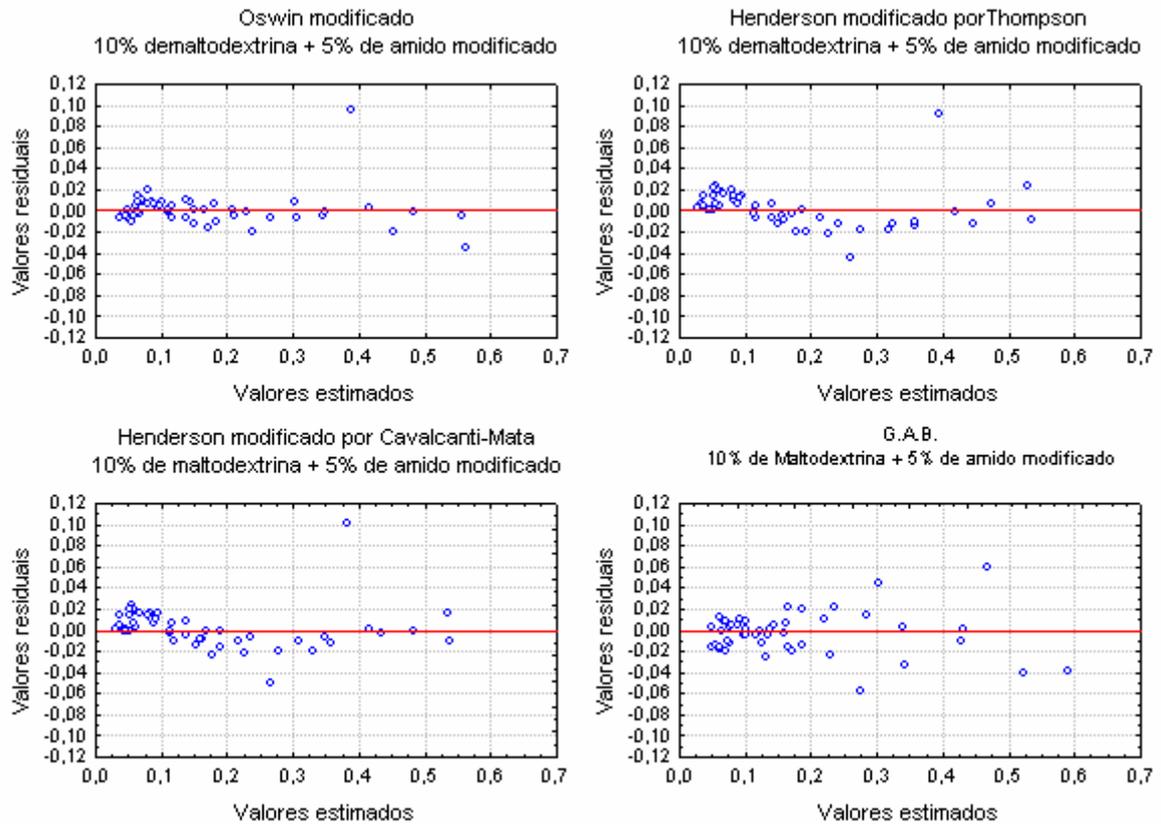


Figura 4.8 – Tendência de distribuição dos resíduos para os diversos modelos em função dos valores da atividade de água do cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

Nas Figuras 4.9 a 4.12 estão as isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 10% de maltodextrina e 5% de amido modificado, com temperaturas variando entre 10 e 50°C ajustadas pelos modelos de Oswin modificado, Henderson modificado por Thompson, Henderson modificado por Cavalcanti-Mata e G.A.B.

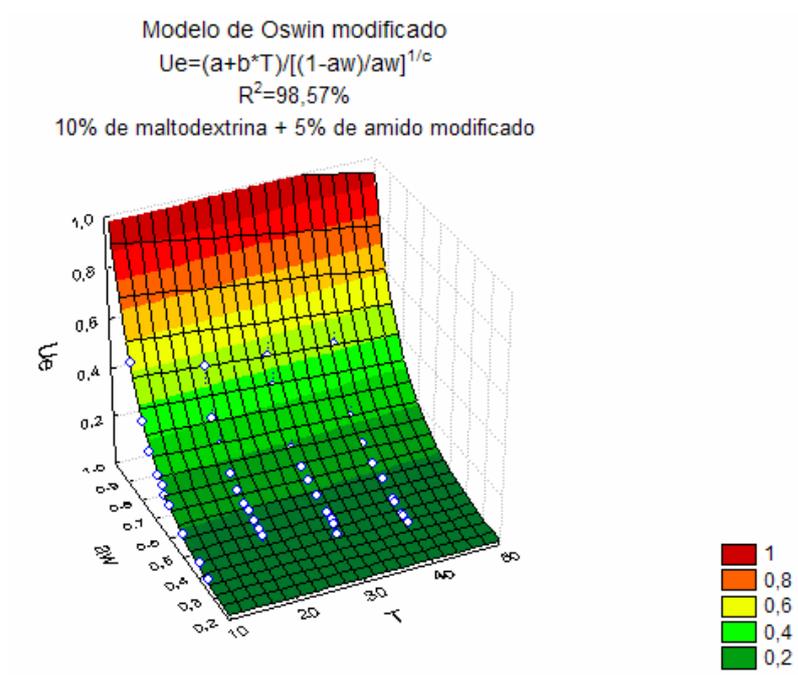


Figura 4.9 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Oswin modificado para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

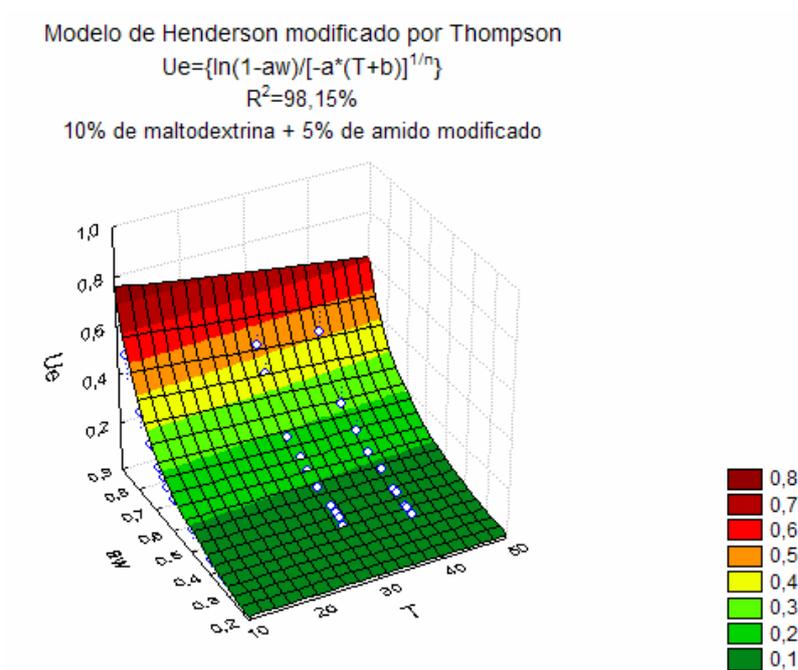


Figura 4.10 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Thompson para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

Modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata

$$U_e = \{\ln(1-aw)/[-a^*(T^b)]^{1/n}\}$$

 $R^2 = 97,95\%$
 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado

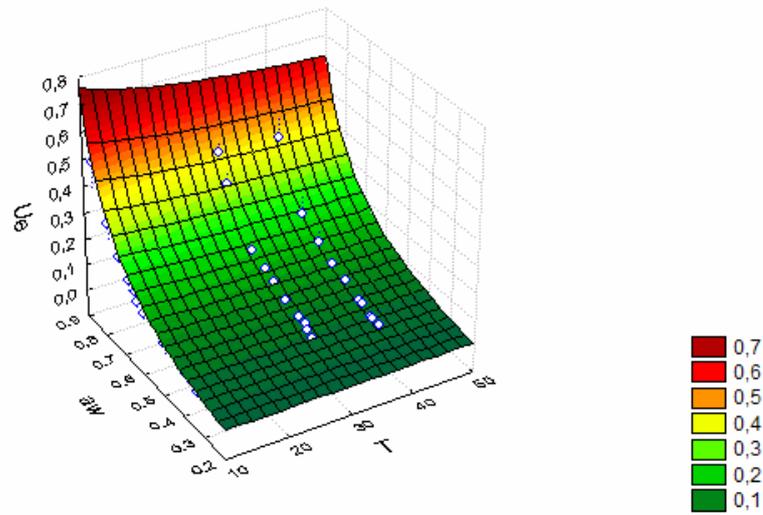


Figura 4.11 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

Modelo de G.A.B.

$$U_e = (C*K*M*aw)/((1-K*aw)*((1-K*aw)+(C*K*aw)))$$

 $R^2 = 96,57\%$
 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado

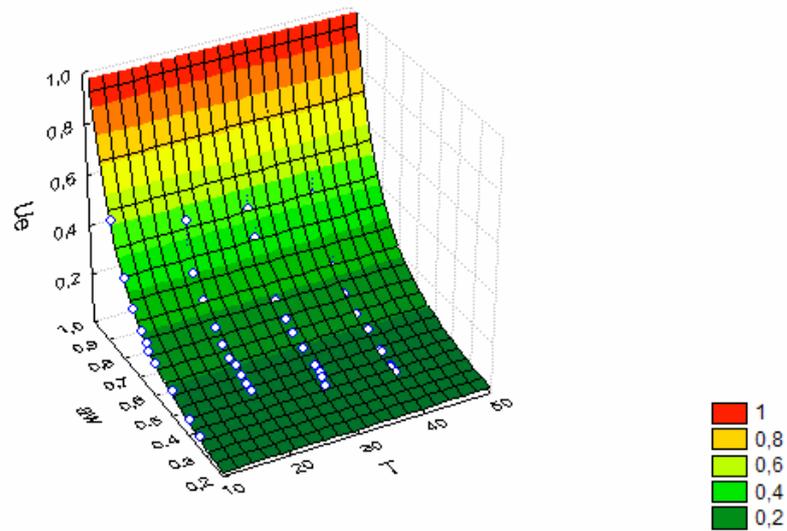


Figura 4.12 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de G.A.B. para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

Na Tabela 4.14, encontram-se os parâmetros dos modelos, os erros médios relativos e os coeficientes de correlação de cada isoterma, onde a temperatura variou de 10 a 50°C na

formulação de cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Tabela 4.14 – Parâmetros dos modelos de atividade de água para o cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erros relativos (P) e tendência de distribuição dos resíduos.

Modelos	Parâmetros	R^2 (%)	P (%)	Tendência
Oswin modificado	a = 0,006708	96,88	10,51	Tendenciosa
	b = -0,00003			
	c = 0,077927			
Henderson modificado por Thompson	a = 0,009380	98,79	8,32	Aleatória
	b = 333,8733			
	n = 0,637085			
Henderson modificado por Cavalcanti-Mata	a = 2,785965	98,63	7,59	Aleatória
	b = 0,064421			
	n = 0,641695			
G.A.B.	C = 0,848545	97,47	13,06	Aleatória
	M = 0,107319			
	K = 0,933541			

De acordo com a Tabela 4.14, observa-se que todos os modelos tiveram coeficientes de correlação superiores a 96% e apenas para os modelos de Henderson modificado por Thompson e de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata, os valores de erros médios relativos são inferiores a 10%, sendo os demais inadequados para descrever o processo.

Observa-se na Figura 4.13 que os modelos de Henderson modificado por Thompson o de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata e o de G.A.B. tem uma distribuição dos resíduos considerada aleatória, sendo que o modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata pode ser indicado como o que melhor representa a predição da atividade de água do cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, por apresentar menor erro médio relativo.

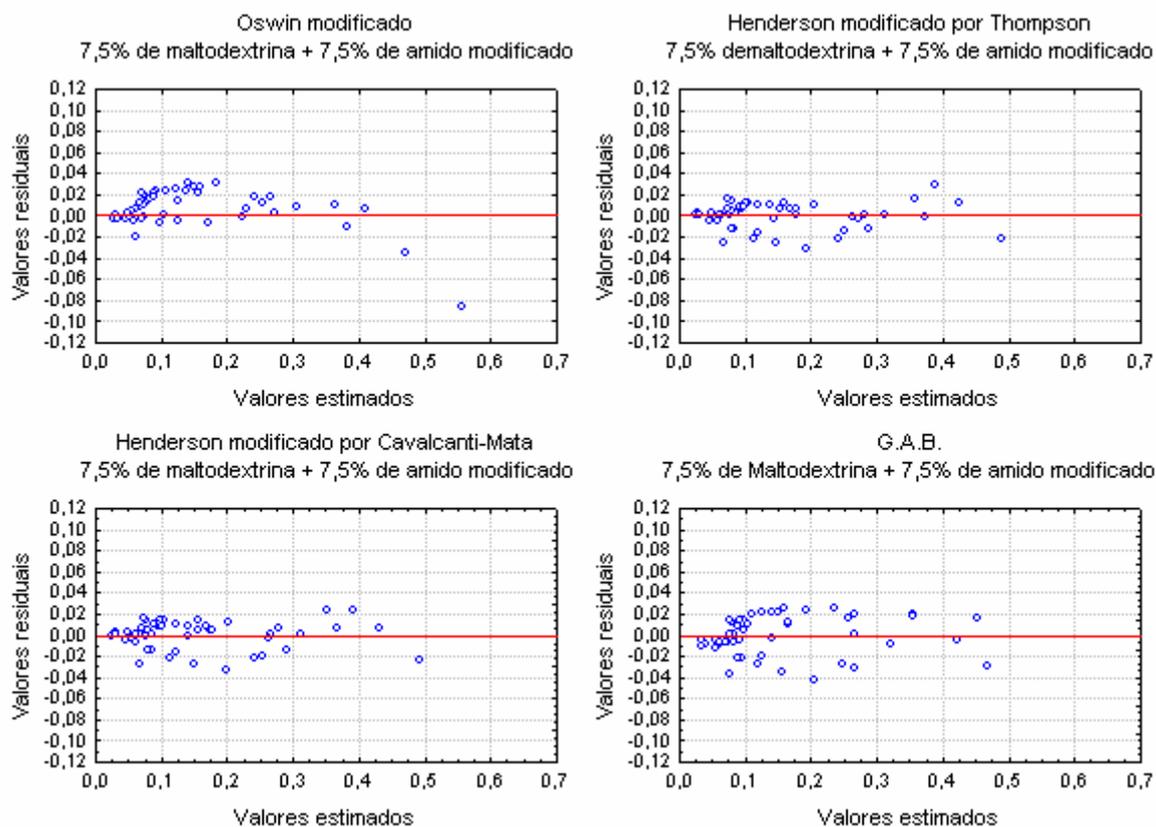


Figura 4.13 – Tendência de distribuição dos resíduos para os diversos modelos em função dos valores da atividade de água do cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Nas Figuras 4.14 a 4.17 estão as isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 7,5% de maltodextrina e 7,5% de amido modificado, com temperaturas variando entre 10 e 50°C ajustadas pelos modelos de Oswin modificado, Henderson modificado por Thompson, Henderson modificado por Cavalcanti-Mata e G.A.B.

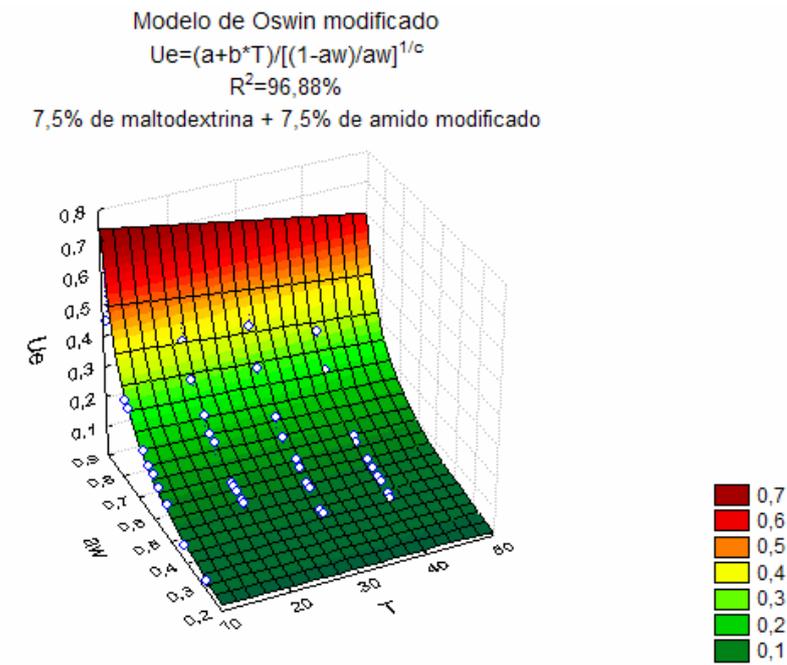


Figura 4.14 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Oswin modificado para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

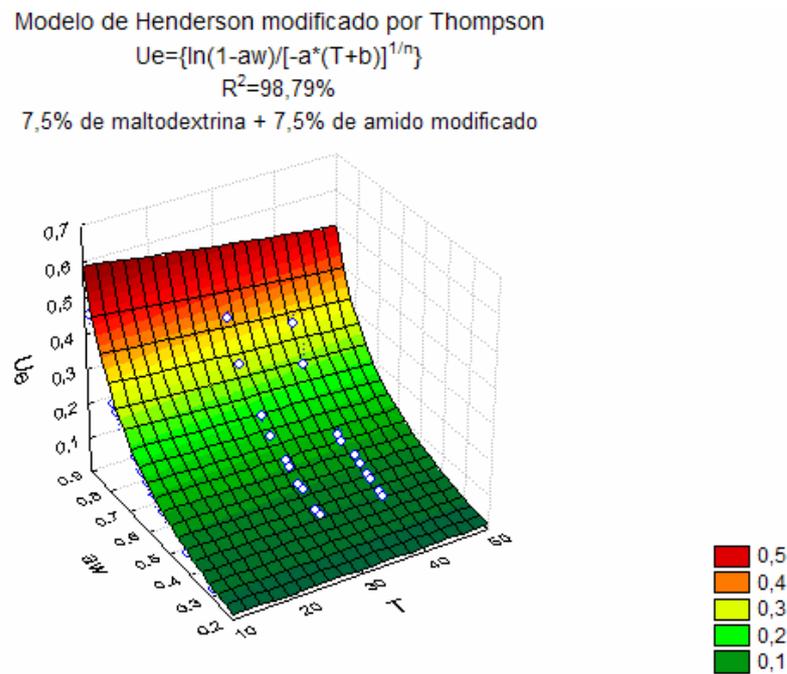


Figura 4.15 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Thompson para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata

$$U_e = \{\ln(1 - a_w) / [-a \cdot (T^b)]^{1/n}\}$$

 $R^2 = 98,63\%$
 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado

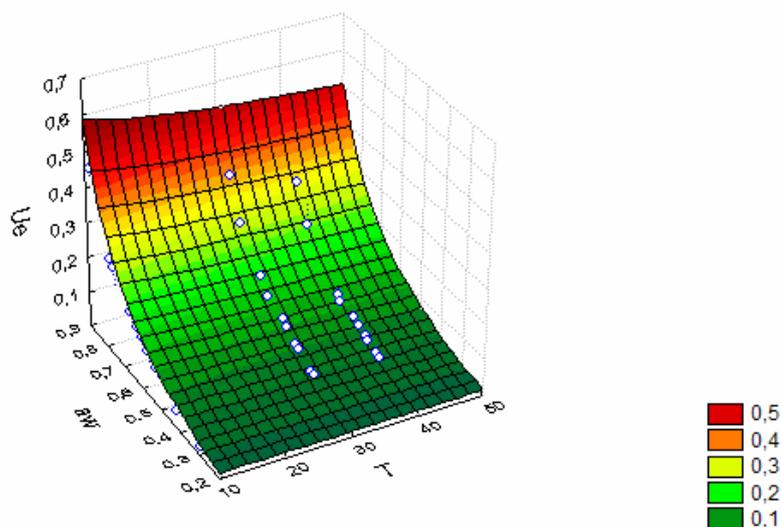


Figura 4.16 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Modelo de G.A.B.

$$U_e = (C \cdot K \cdot M \cdot a_w) / ((1 - K \cdot a_w) \cdot ((1 - K \cdot a_w) + (C \cdot K \cdot a_w)))$$

 $R^2 = 97,47\%$
 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado

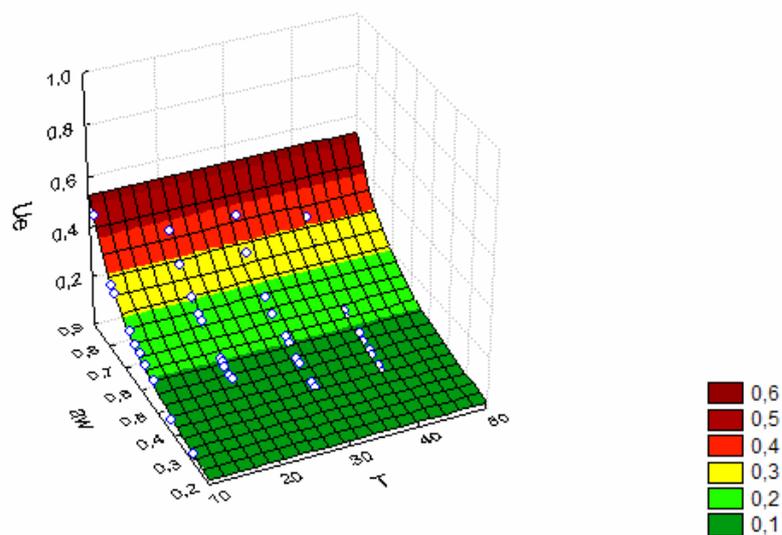


Figura 4.17 – Isotermas de atividade de água ajustadas pelo modelo de G.A.B. para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

A higroscopicidade do pó de cajá com diferentes percentuais de microencapsulantes foi determinada experimentalmente e a partir destes valores foi observado que para as

temperaturas de 20 e 40°C e atividade de água de 0,6 e 0,8, o teor de água de equilíbrio corresponde a valores que podem comprometer a estabilidade do produto, tanto sob o aspecto físico-químico quanto sob o aspecto microbiológico.

Esses valores de temperatura e umidade relativa correspondem a grande maioria dos dados climáticos médios das cidades brasileiras. Portanto, ao se analisar as Figuras 4.18 a 4.20 e a Tabela 4.15, pode-se constatar que os valores de teor de água de equilíbrio encontram-se entre 0,14 e 0,40 para o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina; 0,12 a 0,38 para o cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado e entre 0,12 a 0,34 para o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

Tabela 4.15 – Higroscopicidade do cajá em pó contendo diferentes percentuais de microencapsulantes nas temperaturas de 20 e 40°C.

Atividade de água	15% de maltodextrina		10 % de maltodextrina + 5% de amido modificado		7,5 % de maltodextrina + 7,5% de amido modificado	
	Teor de água de equilíbrio		Teor de água de equilíbrio		Teor de água de equilíbrio	
	(b.s.)		(b.s.)		(b.s.)	
	20°C	40°C	20°C	40°C	20°C	40°C
0,6	0,17	0,14	0,15	0,12	0,14	0,12
0,8	0,40	0,33	0,38	0,32	0,34	0,27

Pode-se constatar, por meio da Tabela 4.15, que o cajá em pó com 15% de maltodextrina apresenta maior higroscopicidade dentro das condições avaliadas, enquanto que o cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, apresenta menor capacidade de adsorver água do meio ambiente.

Nas Figuras 4.18 a 4.20, encontram-se as isotermas de equilíbrio higroscópico para o cajá em pó com 15% de maltodextrina; 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado e 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

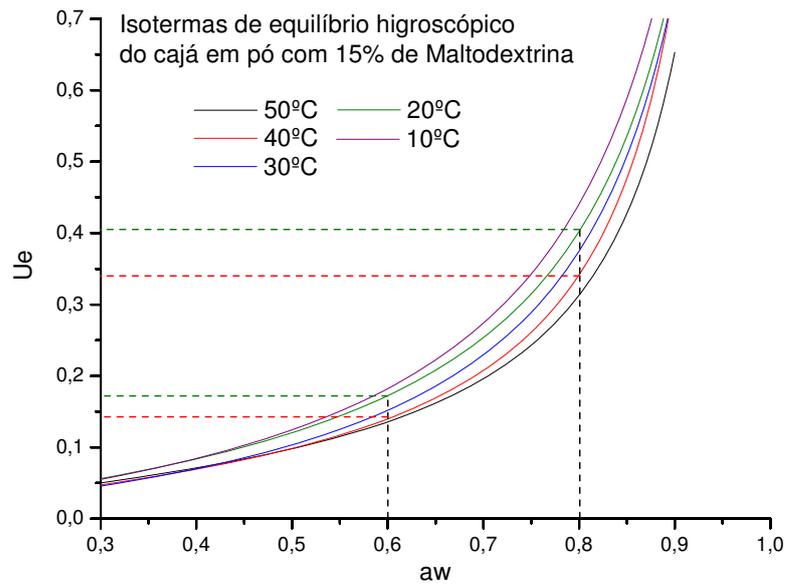


Figura 4.18 – Isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 15% de maltodextrina.

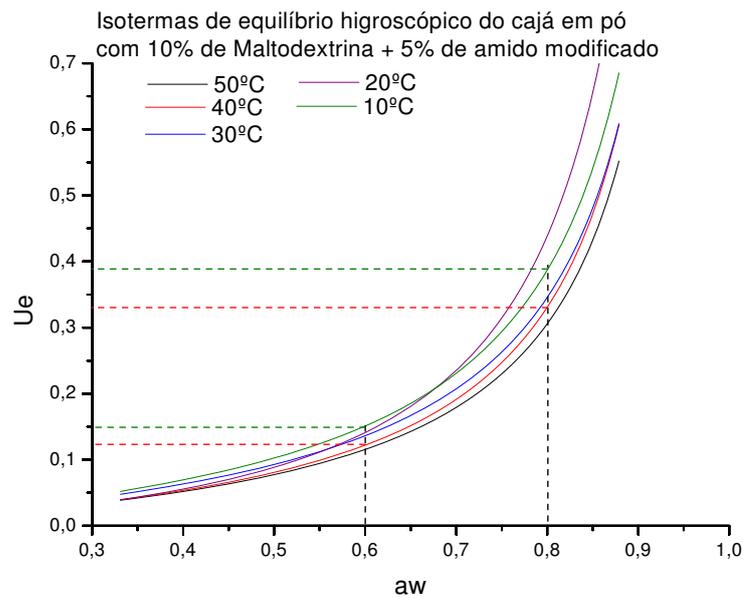


Figura 4.19 – Isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado

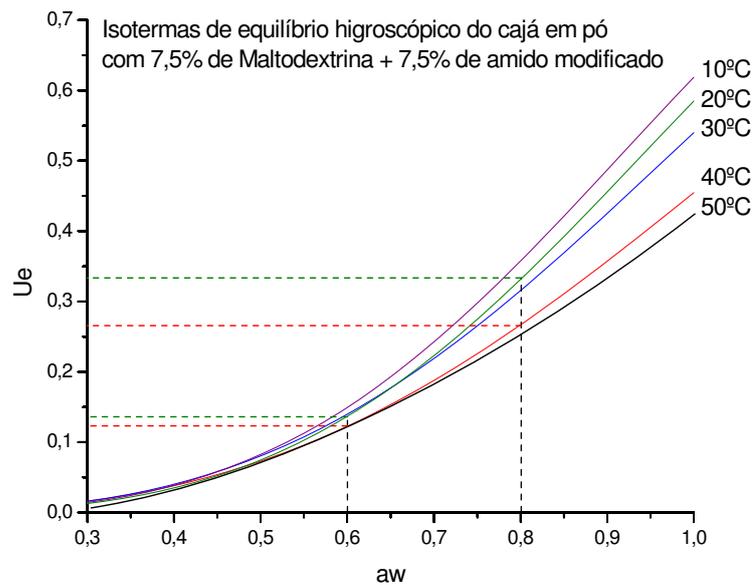


Figura 4.20 – Isotermas de atividade de água para o cajá em pó com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado

Desta forma fica evidente que o cajá em pó não poderá ser armazenado nesses ambientes, e neste caso, o produto, para ser preservado, deve receber uma embalagem adequada, que impeça o contato com esse ambiente.

Portanto o cajá em pó com os diferentes microencapsulantes deverão ser embalados em recipientes metálicos, de vidro ou de papel laminado multifoliado.

Isto sugere que novos trabalhos deverão ser desenvolvidos levando-se em consideração a higroscopicidade do produto em pó e determinando-se o seu tempo de prateleira.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 – Conclusões

O estudo desenvolvido para obtenção de polpa de cajá em pó utilizando secagem por atomização, permitiu chegar às seguintes conclusões:

- 1) A adição de microencapsulantes altera as propriedades físico-químicas da polpa, principalmente os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) e de açúcares redutores.
- 2) Para os perfis sensoriais da polpa e do suco obtidos da reconstituição do cajá em pó, a formulação que obteve características sensoriais mais próximas da polpa de cajá *in natura* e do suco foi o produto em pó contendo 15% de maltodextrina como microencapsulante.
- 3) O aumento da proporção de amido modificado está relacionado com o escurecimento e alteração das características sensoriais da polpa e do suco de cajá.
- 4) Das três formulações estudadas, a que possui 15% de maltodextrina como microencapsulante, conserva melhor a cor e a aparência da polpa de cajá. Para os demais parâmetros avaliados (aroma e sabor) na polpa e no suco, não existem diferenças significativas entre as amostras obtidas.
- 5) No estudo das isotermas de atividade de água, verificou-se que as isotermas obtidas são do tipo II, segundo classificação de B.E.T.
- 6) O modelo de Henderson modificado por Cavalcanti-Mata é o que melhor expressa os dados experimentais de atividade de água do cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina e microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, por ter um valor maior do coeficiente de correlação e um valor menor de erro relativo médio.
- 7) O modelo Oswin modificado tem uma tendência aleatória na sua distribuição dos resíduos e um valor menor de seu erro relativo médio, sendo o mais adequado para a

predição das isotermas de atividade de água do cajá em pó microencapsulado com 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado.

- 8) Dentro das faixas de temperatura de 20 a 40°C e atividade de água de 0,6 a 0,8, o cajá em pó microencapsulado com 15% de maltodextrina tem maior higroscopicidade, enquanto que o cajá em pó microencapsulado com 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado, teve a menor capacidade de adsorver água do meio ambiente.
- 9) O cajá em pó para ser preservado, deve receber uma embalagem adequada, que impeça o seu contato com o meio-ambiente.

5.2 – Sugestões

- Estudar a utilização de diferentes encapsulantes, inclusive combinados, buscando melhor conservação dos óleos essenciais, que compõem o aroma e o sabor.
- Comparar os dados obtidos, inclusive de rendimento, com outros métodos de secagem, como *foam-mat* e leito de jorro.
- Caracterizar as microcápsulas formadas através de microscopia eletrônica de varredura.
- Estudar o tempo de prateleira da polpa de cajá em pó com diferentes tipos de embalagem.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALEXANDER, K.; KING, C. J. Factors governing surface morphology of spray-dried amorphous substances. **Drying Technology**, v.3, n.3, p.321-348, 1985.

AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M.; ROESSLER, E. B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York: Academic Press, 1965. 802p.

ANANDARAMAM, S.; REINECCIUS, G. A. Stability of encapsulated orange pell oil. **Food Technology**, Chicago, v.40, p.88-93, 1986.

A.O.A.C. (Association of official Analytical Chemists). **Official methods of Analysis**. 14. ed. Arlington, 1984, 5231p.

BAKAN, J. A. Microencapsulation of foods and related products. **Food Technology**, Chicago, v.27, n.11, p.34-44, 1978.

BALASSA, L. L.; FANGER, G. O. Microencapsulation in the food industry. **Critical Reviews in Food Technology**, v.2, p.245-265, 1971.

BANGS, W. E.; REINECCIUS, G. A. Corn starch derivatives: possible wall materials for spray-dried flavor manufacture. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Flavor encapsulation**. Washington: American Chemical Society, 1988. p.12-28. (ACS Symposium series 370).

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, received 12 May 2003; accepted 4 February 2004

CIACCO, C.F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152p.

CONSTANT, P.B.L.; STRINGHETA, P.C. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.36, n.1, p.12-18, 2002.

COULTATE, T. P. **Food – the chemistry of its components**. 3.ed. London: Royal Society of Chemistry, 1996. p. 321-339. (Series of the royal society of chemistry paperbacks).

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Ed. Universitária Champagnat, 1996. 123p.

DZIEZAK, J. D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, v.42, n.4, p.136-151, Apr., 1988.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. Rio de Janeiro – RJ: Atheneu, 1998. 692 p.

FAO (Roma) 2005. **Statistical Databases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=FBS&Domain=FBS&servlet=1&hasbulk=&version=ext&language=EN>>

Acesso em: 19 de Setembro de 2005.

FIGLIORINI, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2004. p. 74-79.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. p.409-435.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 308 p.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1983. 284 p.

GLUCIDEX. **Maltodextrins, and dried glucose syrups, food and dietetic food**. Roquette, s.d. 28 p.

JACKSON, L. S.; LEE, K. Microencapsulation and the food industry. **Lebensmittel – Wissenschaft & Technologie**, v.24, n.4 p.289-297, 1991.

KENYON, M. M.; ANDERSON, R. J. **Maltodextrins and low-dextrose-equivalence corn syrup solids: production and technology for the flavor industry**. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. Flavor encapsulation. Washington: American Chemical Society, 1988. p.7-11. (ACS Symposium series 370)

KING, W.; TRUBIANO, P.; PERRY, P. Modified starch encapsulating agents offer superior emulsification, film forming, and low surface oil. **Food Product Development**, v. 10, n.10, p.54-57, dec., 1976.

KONDO, A., **Microcapsule processing and technology**. New York: Marcel Dekker, 1989. p.142-153.

LABUZA, T. P. Oxidative changes in foods at low and intermediate moisture levels. In: DUCKWORTH, R. B. **Water relations of foods**. ed. New York: Academic Press, 1975, 455p.

LANGRISH, T. A. G.; FLETCHER, D. F. Spray drying of food ingredients and applications of CFD in spray drying, **Chemical Engineering and Processing**, v. 40, n. 4, p 345-354, July, 2001

LAWLESS, H.; CLAASSEN, M. R. Application of the central dogma in sensory evaluation. **Food Technology**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 139-223, June 1993.

MAFART, P. **Ingeniería industrial alimentaria**. Zaragoza España: Acribia, 1994. p.253-272.

MASTERS, K. **Spray drying Handbook**. 5 ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1991.725p.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P., **Unit operations of chemical engineering**, 6.ed. New York: McGraw-Hill Book Company, p. 816-817, 2000.

MENKOV, N. D. Moisture sorption isotherms of vetch seeds at four temperatures. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.76, p. 373-380, jan. 2000.

MOORTHY, S.N. Large scale industries. In. BALAGOPALAN, C. **Integrated technologies for value addition and post harvest management in tropical tuber crops**. Thiruvananthapuram: Central Tuber Crops Research Institute, 2000. cap.6, p.106-137.

PÉREZ-CORREA, J. R.; FARÍAS, F. Modelling and control of a spray dryer: a simulation study, **Food Control**, v. 6, n. 4, p. 219-227, Aug, 1995.

PISECKY, J. New generation of spray dryers for milk products, **Dairy Ind. Internat**, n.48, p.21-23, 1983.

PRADO, M. C. L. **Receitas naturais de sanduíches, patês, sucos e companhia**. São Paulo – SP: Hemus, 1995. 23p.

RADOSTA, S.; SCHIERBAUM, F.; REUTHER, F.; ANGER, H. Polymer-water interaction of maltodextrins. Part I: water vapour sorption and desorption of maltodextrin. **Starch/Starke**, v. 41, n. 10, p. 395-401, Oct. 1989

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, n.5, p.1288-1294, May, 1990.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.33, p.501-547, 1993.

SOUZA, V.A.B.; ARAÚJO, E.C.E.; VASCONCELOS, L.F L. Perspectivas do melhoramento de espécies nativas do Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/SBMP, 2001. (CD Rom).

SPARKS, R. E. Microencapsulation. In: GRAYON, M., ECKROTH, D., GRABER, E., KINGSBERG, A.; SIEGEL, P. M. **Concise Encyclopedia of Chemical Technology**. ed. New York: Wiley & Sons, 1985. p.762-763.

TEIXEIRA, V. G.; COUTINHO, F. M. B.; GOMES, A. S. Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno, **Química Nova**, v.24, n. 6, p. 808-818, 2001.

TODD, R. D. Microencapsulation and the flavour industry. In: **The Flavor Industry**, v.1, p. 768-771, 1970.

VERSIC, R. J. Flavor encapsulation: an overview. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Flavor encapsulation**. Washington: American Chemical Society, 1988. p.1-6. (ACS Symposium series 370).

ANEXO A

Tabela 1A – Análise de variância do aroma da polpa de cajá obtida pela reconstituição do pó de cajá microencapsulado com diferentes formulações

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	32.30000	8.07500	3.5495 *
Tratamentos	3	34.95000	11.65000	5.1209 *
Resíduo	12	27.30000	2.27500	
Total	19	94.55000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 2A – Análise de variância da aparência da polpa de cajá obtida pela reconstituição do pó de cajá microencapsulado com diferentes formulações

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	6.20000	1.55000	0.6000 ns
Tratamentos	3	46.00000	15.33333	5.9355 *
Resíduo	12	31.00000	2.58333	
Total	19	83.20000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 3A – Análise de variância da cor da polpa de cajá obtida pela reconstituição do pó de cajá microencapsulado com diferentes formulações

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	3,20000	0,80000	0,3200 ns
Tratamentos	3	45,00000	15,00000	6,0000 **
Resíduo	12	30,00000	2,50000	
Total	19	78,20000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 4A – Análise de variância do aroma do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	20,50000	5,12500	3,8679 *
Tratamentos	3	37,35000	12,45000	9,3962 **
Resíduo	12	15,90000	1,32500	
Total	19	73,75000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 5A – Análise de variância da aparência do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	27,20000	6,80000	7,8462 **
Tratamentos	3	17,35000	5,78333	6,6731 **
Resíduo	12	10,40000	0,86667	
Total	19	54,95000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 6A – Análise de variância da cor do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	23,70000	5,92500	11,2857 **
Tratamentos	3	16,20000	5,40000	10,2857 **
Resíduo	12	6,30000	0,52500	
Total	19	46,20000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 7A – Análise de variância do sabor do suco de cajá obtido pela diluição da polpa em solução de sacarose

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	4	21,70000	5,42500	3,1449 ns
Tratamentos	3	26,55000	8,85000	5,1304 *
Resíduo	12	20,70000	1,72500	
Total	19	68,95000		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 8A – Análise de variância do parâmetro L para as 3 amostras de cajá em pó.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	3	4,70250	1,56750	1,0290 ns
Tratamentos	4	134,06000	67,03000	44,0022 **
Resíduo	6	9,14000	1,52333	
Total	11	147,90250		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 9A – Análise de variância do parâmetro **a** para as 3 amostras de cajá em pó.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	3	0,34917	0,11639	0,4029 ns
Tratamentos	4	9,72667	4,86333	16,8346 **
Resíduo	6	1,73333	0,28889	
Total	11	11,80917		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

Tabela 10A – Análise de variância do parâmetro **b** para as 3 amostras de cajá em pó.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	TF
Blocos	3	3,00917	1,00306	0,8918 ns
Tratamentos	4	30,97167	15,48583	13,7686 **
Resíduo	6	6,74833	1,12472	
Total	11	40,72917		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

ns = não significativo; F.V.: Fator de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M.: Quadrado médio; TF: Teste F.

ANEXO B

Tabela 1B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=50°C

M 15% ¹		M 10% + AM 5% ²		M 7,5% + AM 7,5% ³	
Aw	Ue	Aw	Ue	Aw	Ue
0,899	0,652840	0,879	0,551750	0,876	0,437270
0,879	0,522050	0,863	0,480420	0,86	0,416620
0,867	0,488264*	0,798	0,311188*	0,774	0,234520
0,793	0,306548*	0,757	0,217970	0,718	0,163550
0,738	0,234185*	0,653	0,153070	0,653	0,121670
0,666	0,168750	0,587	0,107920	0,522	0,071380
0,623	0,146030	0,513	0,099950	0,51	0,067480
0,519	0,102820	0,426	0,051550	0,474	0,040630
0,383	0,078110	0,359	0,040560	0,314	0,031980
0,363	0,051440	0,331	0,031830	0,29	0,025440

1) 15% de maltodextrina; 2) 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado; 3) 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

* Ponto interpolado; aw: atividade de água; Ue: teor de água de equilíbrio.

Tabela 2B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=40°C

M 15% ¹		M 10% + AM 5% ²		M 7,5% + AM 7,5% ³	
Aw	Ue	Aw	Ue	Aw	Ue
0,841	0,442821	0,834	0,417170	0,812	0,313188*
0,804	0,354452	0,718	0,205230	0,759	0,220880
0,714	0,229461	0,643	0,149350	0,598	0,105170
0,707	0,206790	0,574	0,112740	0,584	0,092210
0,585	0,123410	0,512	0,094960	0,517	0,087030
0,527	0,099430	0,447	0,064620	0,493	0,076510
0,481	0,096354	0,435	0,063090	0,461	0,066850
0,469	0,092378	0,39	0,045030	0,445	0,062200
0,397	0,071422	0,384	0,042990	0,409	0,049320
0,393	0,070383	0,358	0,040650	0,393	0,042890

1) 15% de maltodextrina; 2) 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado; 3) 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

* Ponto interpolado; aw: atividade de água; Ue: teor de água de equilíbrio.

Tabela 3B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=30°C

M 15% ¹		M 10% + AM 5% ²		M 7,5% + AM 7,5% ³	
Aw	Ue	Aw	Ue	Aw	Ue
0,848	0,501550	0,836	0,433270	0,83	0,374050
0,809	0,394350	0,796	0,341735*	0,774	0,267910
0,710	0,234130	0,673	0,172680	0,668	0,176410
0,645	0,187935	0,606	0,147010	0,627	0,139110
0,522	0,109960	0,569	0,122071*	0,553	0,116370
0,513	0,116602	0,514	0,095990	0,535	0,103290
0,452	0,087370	0,446	0,080380	0,491	0,082960
0,447	0,082110	0,417	0,077590	0,472	0,078120
0,441	0,081910	0,406	0,065010	0,412	0,051640
0,432	0,072530	0,385	0,044940	0,393	0,050990

1) 15% de maltodextrina; 2) 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado; 3) 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

* Ponto interpolado; aw: atividade de água; Ue: teor de água de equilíbrio.

Tabela 4B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=20°C

M 15% ¹		M 10% + AM 5% ²		M 7,5% + AM 7,5% ³	
Aw	Ue	Aw	Ue	Aw	Ue
0,795	0,392639	0,804	0,484880	0,83	0,372659*
0,774	0,352148	0,763	0,298922*	0,773	0,284064*
0,689	0,240479	0,708	0,228349*	0,702	0,215160
0,652	0,207653	0,636	0,167275*	0,667	0,178340
0,611	0,179052	0,594	0,132150	0,641	0,170560
0,549	0,148580	0,551	0,110650	0,534	0,112130*
0,518	0,129750	0,516	0,109940	0,527	0,105810*
0,486	0,117160	0,485	0,095140	0,513	0,099324*
0,457	0,103714	0,452	0,083970	0,481	0,091770*
0,419	0,08223	0,424	0,079520	0,468	0,090200*

1) 15% de maltodextrina; 2) 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado; 3) 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

* Ponto interpolado; aw: atividade de água; Ue: teor de água de equilíbrio.

Tabela 5B – Dados experimentais de isotermas de equilíbrio, para T=10°C

M 15% ¹		M 10% + AM 5% ²		M 7,5% + AM 7,5% ³	
Aw	Ue	Aw	Ue	Aw	Ue
0,854	0,602267	0,848	0,527938*	0,871	0,468428*
0,808	0,460847	0,775	0,347050	0,767	0,273990
0,753	0,356110	0,724	0,257794*	0,747	0,260700
0,725	0,304570	0,672	0,206710	0,657	0,184070
0,667	0,230260	0,642	0,187200	0,624	0,160880*
0,608	0,184020	0,631	0,155890	0,598	0,148242*
0,574	0,164462	0,596	0,137290	0,566	0,131136
0,521	0,132380	0,494	0,102900	0,521	0,107370
0,471	0,115010	0,388	0,072730	0,414	0,054160
0,415	0,095381	0,332	0,051060	0,290	0,030990

1) 15% de maltodextrina; 2) 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado; 3) 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado.

* Ponto interpolado; aw: atividade de água; Ue: teor de água de equilíbrio.