



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

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

*DESIDRATAÇÃO EM SECADOR POR ASPERSÃO DA MISTURA DE  
LEITE DE CABRA COM POLPA DE UMBU-CAJÁ*

**TEREZA BÁRBARA BARBOZA PEREIRA**

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro, 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**DESIDRATAÇÃO EM SECADOR POR ASPERSÃO DA MISTURA DE LEITE DE  
CABRA COM POLPA DE UMBU-CAJÁ**

**TEREZA BÁRBARA BARBOZA PEREIRA**

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

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de Produtos  
Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof<sup>ª</sup>.Dr<sup>ª</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo  
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

**Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro, 2008.**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

P436d

2008 Pereira, Tereza Bárbara Barboza

Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-cajá / Tereza Bárbara Barboza Pereira. — Campina Grande, 2008.

118 f.

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

Referências.

Orientadores: Profª. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz.

1. Umbu-cajá 2. Viscosidade 3. Secagem 4. Leite de Cabra 5. Isotermas. I. Título.

CDU – 634.442 043



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

**TEREZA BÁRBARA BARBOZA PEREIRA**

DESIDRATAÇÃO EM SECADOR POR ASPERSÃO DA MISTURA DE LEITE DE CABRA  
COM POLPA DE UMBU-CAJÁ

BANCA EXAMINADORA

Rossana M<sup>a</sup> F. de Figueiredo  
Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueiredo - Orientadora

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

Soraia Vilela Borges  
Dra. Soraia Vilela Borges - Examinadora

Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva - Examinador

PARECER

Aprovada

APROVADA

Aprovado

Aprovado.

FEVEREIRO - 2008

***DEDICO***

*A meus pais, Gelson e Lusinete*

*A minhas irmãs, Bruna e Karla*

*Sem vocês esta conquista não seria possível;*

*logo, esta vitória é nossa.*

*Amo vocês!!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me ter concedido forças, coragem e paciência para chegar até aqui, bem como todas as graças que já recebi até hoje.

A minha família, que me apoiou em todos os momentos da minha vida pessoal e profissional.

A minha amiga Patrícia, por toda a força durante a etapa experimental do meu trabalho e também por sua amizade, que é muito preciosa para mim.

Aos meus orientadores, Rossana e Alexandre, pela orientação, ensinamento e participação na execução deste trabalho.

A todos os colegas do mestrado.

A João Carlos, Karla, Sckaymenn, Adriano, Ezenildo e José Carlos pelas dicas e ajuda durante o mestrado.

Aos professores do mestrado em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

Aos funcionários do Bloco CZ, que sempre estiveram dispostos a me ajudar: Luciene, Silas, Júlio e Paula.

Às secretárias da Pós-Graduação, Rivanilda e Aparecida.

À Capes, pela bolsa concedida.

À Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos do Município de Cabaceiras (ASCOMCAB) pela doação do leite de cabra integral usado nesse trabalho.

A FELINTO, pela doação das embalagens laminadas.

À Corn Products Brasil, pela doação da maltodextrina.

Enfim, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 - Objetivo geral .....	4
1.1.1-Objetivos específicos .....	4
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 - Leite de cabra .....	5
2.1.1 - Características físicas e físico-químicas .....	6
2.1.2 – Leite em pó .....	9
2.2. - Umbu-cajazeira .....	10
2.3 - Polpa de fruta .....	13
2.4 – Reologia .....	14
2.5 - Secagem por aspersão .....	18
2.5.1 – Maltodextrina .....	21
2.6 – Isotermas de sorção de umidade .....	22
2.7 – Embalagens .....	24
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1 - Matérias-primas .....	28
3.2 - Caracterização físico-química do leite de cabra integral .....	28
3.2.1 – Densidade .....	28
3.2.2- Extrato seco total .....	28
3.2.3 – pH .....	28
3.2.4-Sólidos solúveis totais (°Brix) .....	29
3.2.5 – Cinzas .....	29
3.2.6 – Acidez total titulável .....	29
3.2.7-Lipídios .....	29
3.2.8 – Lactose .....	29
3.2.9 – Cor .....	29
3.3 - Processamento do umbu-cajá .....	30
3.3.1 – Seleção .....	30

3.3.2 – Lavagem .....	30
3.3.3 – Despolpamento .....	31
3.3.4 – Acabamento .....	31
3.3.5 – Acondicionamento .....	31
3.3.6 – Congelamento .....	31
3.3.7 – Armazenamento .....	31
3.4 – Caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá .....	31
3.4.1 – Umidade .....	32
3.4.2 - Sólidos totais .....	32
3.4.3 – pH .....	32
3.4.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix) .....	32
3.4.5 – Cinzas .....	32
3.4.6 - Ácido ascórbico .....	32
3.4.7 - Acidez total titulável .....	32
3.4.8 - Açúcares redutores .....	33
3.4.9 – Cor .....	33
3.5 - Preparo das emulsões .....	33
3.6 – Estudo reológico .....	33
3.6.1 - Viscosidade aparente .....	33
3.6.2 – Modelos reológicos .....	33
3.7 – Secagem .....	34
3.8 - Isotermas de adsorção de umidade .....	35
3.9 – Armazenamento .....	37
3.9.1 – Umidade .....	38
3.9.2-pH .....	38
3.9.3-Cinzas .....	38
3.9.4 - Ácido ascórbico .....	38
3.9.5 - Acidez total titulável .....	38
3.9.6- Açúcares redutores .....	39
3.9.7 – Solubilidade .....	39
3.9.8 – Cor .....	39
3.9.9 – Lipídios .....	39
3.10 - Análise estatística .....	39

<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
4.1 – Caracterização da polpa de umbu-cajá .....	40
4.2 – Caracterização do leite de cabra integral .....	42
4.3 - Caracterização das emulsões .....	43
4.4 - Caracterização das formulações .....	46
4.5 – Estudo reológico .....	50
4.5.1 - Viscosidade aparente .....	50
4.5.2 – Modelos reológicos .....	52
4.6 – Isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó .....	55
4.7 – Armazenamento das formulações .....	60
4.7.1 – Umidade .....	60
4.7.2. – Acidez total titulável .....	64
4.7.3. – pH .....	66
4.7.4. – Solubilidade .....	69
4.7.5. - Ácido ascórbico .....	71
4.7.6. – Açúcares redutores .....	74
4.7.7 – Cinzas .....	76
4.7.8. – Lipídios .....	78
4.7.9 – Luminosidade .....	80
4.7.10 – Intensidade de vermelho (+a*) .....	82
4.7.11 – Intensidade de amarelo (+b*) .....	84
<b>5 – CONCLUSÕES .....</b>	<b>87</b>
<b>6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>117</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Umbu-cajá .....	11
<b>Figura 2.2</b> - Classificação dos fluidos segundo o comportamento reológico .....	15
<b>Figura 2.3</b> - Contato ar-atomizado:1-entrada de ar; 2-entrada do produto;3-saída de ar; 4-saída de produto e 5-atomizador (VIEIRA,1999) .....	20
<b>Figura 3.1</b> - Fluxograma para obtenção da polpa de umbu-cajá .....	30
<b>Figura 3.2</b> - Secador por aspersão (Labmaq MSD 1.0) .....	35
<b>Figura 3.3</b> - Embalagem de polietileno e laminada .....	38
<b>Figura 4.1</b> - Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das diferentes amostras a 20°C com ajuste pelo modelo de Mizrahi–Berk .....	54
<b>Figura 4.2</b> - Isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de GAB .....	59

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Características físico-químicas do leite de cabra em sua forma integral, semi-desnatada e desnatada (BRASIL, 2000a) .....	9
<b>Tabela 2.2</b> - Características físicas do umbu-cajá em cinco estádios de maturação (LIMA et al., 2002) .....	12
<b>Tabela 2.3</b> - Características químicas e físico químicas do umbu-cajá em cinco estádios de maturação (LIMA et al., 2002) .....	12
<b>Tabela 3.1</b> - Atividade de água de soluções saturadas de sais a 30 °C .....	36
<b>Tabela 4.1</b> – Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos da polpa de umbu-cajá integral .....	40
<b>Tabela 4.2</b> – Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físicos químicos do leite de cabra integral .....	42
<b>Tabela 4.3</b> – Valores médios dos parâmetros físico-químicos das emulsões com 10% e 15% de maltodextrina .....	44
<b>Tabela 4.4</b> – Caracterização físico-química das formulações com 10% e 15% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone ...	47
<b>Tabela 4.5</b> - Valores médios da viscosidade aparente (Pa s) a 20 °C das diferentes amostras .....	51
<b>Tabela 4.6</b> - Parâmetros de ajuste de diferentes modelos, coeficientes de determinação e desvios percentuais médios .....	53
<b>Tabela 4.7</b> - Valores experimentais da umidade de equilíbrio ( $X_e$ ) das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador .....	56
<b>Tabela 4.8</b> – Parâmetros dos modelos de GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina coletadas na câmara do secador .....	58
<b>Tabela 4.9</b> - Valores médios da umidade (%) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	60
<b>Tabela 4.10</b> - Valores médios da umidade (%) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	63

<b>Tabela 4.11</b> – Valores médios da acidez total titulável (% ác. cítrico) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	65
<b>Tabela 4.12</b> - Valores médios da acidez total titulável (% ác. cítrico) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	66
<b>Tabela 4.13</b> - Valores médios do pH da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	67
<b>Tabela 4.14</b> - Valores médios do pH da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	68
<b>Tabela 4.15</b> - Tempos médios da solubilidade (min) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	69
<b>Tabela 4.16</b> - Valores médios da solubilidade (min) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	70
<b>Tabela 4.17</b> - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	72
<b>Tabela 4.18</b> - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	73
<b>Tabela 4.19</b> - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .	74
<b>Tabela 4.20</b> - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	75

<b>Tabela 4.21</b> - Valores médios das cinzas (%) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	76
<b>Tabela 4.22</b> - Valores médios das cinzas (%) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	77
<b>Tabela 4.23</b> - Valores médios dos lipídios (%) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	78
<b>Tabela 4.24</b> - Valores médios dos lipídios (%) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	79
<b>Tabela 4.25</b> - Valores médios da luminosidade da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	81
<b>Tabela 4.26</b> - Valores médios da luminosidade da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	82
<b>Tabela 4.27</b> - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	83
<b>Tabela 4.28</b> - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	84
<b>Tabela 4.29</b> - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	85
<b>Tabela 4.30</b> - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem .....	86

## RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se produzir, caracterizar e armazenar formulações em pó a partir de leite de cabra, polpa de umbu-cajá (*Spondias spp.*) e maltodextrina adicionada nas proporções de 10% e 15%. Também foram realizadas caracterizações químicas, físico-químicas e reológicas do leite de cabra, da polpa de umbu-cajá e das emulsões compostas por leite/polpa/maltodextrina. As emulsões foram secas em secador por aspersão e os pós resultantes caracterizados quanto à umidade, acidez total titulável, pH, solubilidade, ácido ascórbico, açúcares redutores, cinzas, lipídios e parâmetros de cor. Os pós foram armazenados durante 120 dias, em dois tipos de embalagem: laminada e de polietileno. As amostras em pó armazenadas tiveram a evolução de suas características acompanhadas a cada 20 dias durante o armazenamento por meio das mesmas determinações. A higroscopicidade dos pós foi determinada por meio da determinação das isothermas de adsorção de umidade na temperatura de 30 °C. A polpa de umbu-cajá e as emulsões apresentaram comportamento pseudoplástico e o aumento da concentração de maltodextrina reduziu a viscosidade aparente das amostras. As formulações em pó apresentaram caráter higroscópico e o aumento no percentual adicionado de maltodextrina reduziu a higroscopicidade das amostras. As isothermas de adsorção de umidade apresentaram comportamento do tipo III e os modelos de GAB e Peleg foram bem ajustados aos dados experimentais. Ao longo do armazenamento, as formulações em pó, com 10 e 15% de maltodextrina, tiveram aumentados a umidade e o teor de açúcares redutores, mas reduzidos o teor de ácido ascórbico, a intensidade de vermelho e a intensidade de amarelo, e se mantiveram estáveis quanto a solubilidade e luminosidade. A embalagem laminada manteve a umidade, o teor de ácido ascórbico e a intensidade de amarelo em níveis mais próximos ao percentual inicial. O tipo de embalagem não exerceu influência sobre o pH, açúcares redutores, lipídios, luminosidade e intensidade de vermelho. As formulações com maior percentual de maltodextrina (15%) mantiveram a estabilidade, ao longo do armazenamento, com relação aos teores de acidez total titulável, pH e lipídios.

**Palavras-chave:** *Spondias spp.*, leite de cabra, secagem, viscosidade, isothermas, armazenamento

## ABSTRACT

This main purpose of this work has to do with producing, characterizing and storing formulations for powder out of goat milk, ‘umbu-cajá’ (*Spondias spp.*) pulp and maltodextrin added in the 10% and 15% proportions. Chemical, physical-chemical and rheological characterizations have also been tested with goat milk, ‘umbu-cajá’ pulp as well as composed emulsions of milk/pulp/maltodextrin. The emulsions have been dried in a spray dryer and the powders characterized according to moisture, titratable acidity, pH, solubility, ascorbic acid, reducing sugars, ash, lipids and color parameters. Powders have been stored for 120 days in two types of packages: one of polyethylene and the other laminated. The stored powder samples had their evolution accompanied each 20 days during the storing process through the very same determinations. The hygroscopicity powder was determined by the means of determination of moisture adsorption isotherms in the temperature of 30 degrees Celsius. The ‘umbu-cajá’ pulp and the emulsions presented a pseudoplastic behavior and the increasing of maltodextrin concentration reduced the apparent viscosity of the samples. The powder formulations presented a hygroscopic and the increasing in the percentage of the added maltodextrin reduced the hygroscopicity of the samples. The moisture adsorption isotherms presented a behavior of type III and the GAB and Peleg models have been well fitted to the experimental data. Through the storing process, the powder formulations, with 10 and 15% of maltodextrin, have increased moisture and the reducing sugar levels but reduced ascorbic acid, the redness and yellowness, which have been kept stable as for solubility and brightness. The laminated package kept moisture, the ascorbic acid level and the yellowness in the closest levels to the initial percentage. The type of package did not have any influence over the pH, reducing sugars, lipids, brightness and redness. The formulations with the greatest percentage of maltodextrin (15%) kept stability during all the storing process, with some relations with the levels of titratable acidity, pH and lipids.

**Keywords:** *Spondias spp.*, goat milk, drying, viscosity, isotherm, storage.

## 1 - INTRODUÇÃO

A espécie caprina está difundida em todo o mundo, com exceção das regiões polares. Em algumas áreas geográficas a cabra é o animal doméstico de maior importância econômica, graças à sua rusticidade e à qualidade dos produtos que fornece ao homem para sua alimentação e vestuário. Em certos casos, a exploração caprina constitui fator primordial para a vida da população em zonas castigadas por secas e desprovidas de agricultura estável (JARDIM, 1984).

A exploração da caprinocultura destinada à produção de leite nas condições semi-áridas do Nordeste, vem crescendo rapidamente em função da demanda por leite e seus derivados como fonte de proteína animal, e não como anteriormente, quando o consumo se restringia apenas ao leite *in natura* por crianças com problemas nutricionais e idosos (SILVA & ARAÚJO, 1998).

O leite de cabra é recomendado para ser consumido por pessoas alérgicas ao leite de vaca; no caso das crianças, pode ser um excelente substituto na falta do leite materno.

Segundo ORDÓÑEZ et al. (2005b) o leite pode ser definido sob dois pontos de vista: do biológico, em que se enquadra como produto da secreção das glândulas mamárias de fêmeas mamíferas, cuja função natural é a alimentação dos recém-nascidos e o físico-químico, cujo leite é considerado uma mistura homogênea de um grande número de substâncias (lactose, glicérides, proteínas, sais, vitaminas, enzimas etc.), das quais algumas estão em emulsão (a gordura e as substâncias associadas), algumas em suspensão (as caseínas ligadas a sais minerais) e outras em dissolução verdadeira (vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro, sais etc.).

O leite de cabra é de cor branca pura, apresentando sabor e odor próprios; trata-se de um alimento recomendado principalmente pelo alto valor nutritivo e por ser de fácil digestão; seu grande valor nutricional resulta da riqueza em extrato seco, sobretudo em gordura (CASTRO, 1984). De acordo com JARDIM (1984) a alta digestibilidade decorre do reduzido tamanho e da grande dispersão dos glóbulos graxos, assim como dos caracteres próprios de sua caseína que, durante a digestão, formam coágulos menos resistentes e mais friáveis que os do leite de vaca e que podem ser desintegrados mais rapidamente pelas enzimas proteolíticas.

A caprinocultura leiteira tem aumentado, de forma bastante significativa, sua participação no cenário agropecuário brasileiro, superando o constante desafio de conquistar e manter novos mercados para o leite de cabra e seus derivados. Atualmente, em

todo o Brasil inúmeros estabelecimentos registrados nos Serviços de Inspeção produzem e comercializam leite pasteurizado, leite ultrapasteurizado (UHT), leite em pó, iogurtes, sorvetes, doces e queijos elaborados a partir do leite de cabra. Esta oferta cada vez mais variada tem exigido maior eficiência de todos aqueles envolvidos na atividade e, neste sentido, devem ser considerados dois pontos de fundamental importância, em que o primeiro é a qualidade: o termo qualidade aplicado ao leite, refere-se à sua qualidade higiênica, composição, nível tecnológico e saúde do rebanho. Os ganhos em eficiência no processamento industrial, aliados às características sensoriais do produto final, fazem com que a qualidade da matéria-prima seja um atributo cada vez mais considerado pelas indústrias de laticínios, enquanto o segundo é a produtividade. A tendência mundial na atividade leiteira é de redução das margens de lucro e os processos de industrialização do leite e distribuição de derivados têm exigido volumes crescentes. Maior produtividade diminui o capital investido por litro de leite produzido, reduzindo o custo e, conseqüentemente, aumentando o lucro. Antecipar essas tendências e se adequar da melhor forma possível pode significar a sobrevivência do produtor, que deve buscar a especialização na produção de leite para melhor aproveitamento dos fatores de produção (capital, terra e trabalho) e aumento da produtividade do rebanho e do volume de produção (BORGES & BRESSLAU, 2002).

Na área alimentícia, diversas pesquisas são realizadas com a finalidade de melhorar os produtos quanto aos aspectos nutricionais e sensoriais.

O leite de cabra apresenta características peculiares quanto ao sabor e odor, as quais podem ser atribuídas, principalmente, ao alto teor de ácidos graxos de cadeia curta, como o cáprico, caprílico e capróico. Visando diminuir os efeitos de tais particularidades atribuídas a este tipo de leite é interessante que haja um estudo a respeito de alternativas. Dentro desta contextualização, insere-se o uso de polpas de fruta associada ao leite de cabra como possibilidade promissora.

O Nordeste é rico em fruteiras nativas e, apesar de muitas apresentarem perspectivas amplas de aproveitamento econômico, poucas, como a umbu-cajazeira, têm sido estudadas.

O umbu-cajá possui excelente sabor e aroma, apresenta boa aparência e qualidade nutritiva, sendo grande o consumo na forma *in natura*. O rendimento médio da polpa é de 55 a 65%, apresentando potencial para a sua utilização na forma processada como polpa congelada, sucos, néctares e sorvetes. A época da colheita na Paraíba ocorre no período de abril a julho, sendo realizada manualmente, pois a árvore apresenta altura menor que a

cajazeira, facilitando a coleta dos frutos. Devem ser colhidos nos estádios de maturação verdosos ou semi-maduros, tendo em vista serem classificados como climatéricos, o que proporciona uma seleção melhor dos frutos e qualidade de seus produtos. Os frutos maduros se desprendem da planta e caem, sofrendo danos ao se chocarem com galhos e com o solo, podendo perder líquido e entrar em processo de fermentação, além de ficarem expostos ao ataque de insetos, deteriorando-se rapidamente (LIMA et al., 2002).

O fruto da umbu-cajazeira assume posição de destaque no tocante ao aspecto comercial, em função do aroma, sabor e palatabilidade, que oferece ao ser degustado nas mais variadas formas (NORONHA et al., 2000). O sabor e o aroma marcantes o elegem como opção interessante para compor associações com o leite de cabra.

Visando conservar o produto obtido através da associação leite de cabra e umbu-cajá, uma opção bastante exequível é a secagem. Em termos econômicos, as vantagens atribuídas à secagem são muitas e, dentre elas se tem menores gastos em quantidade, tamanho e qualidade do material de embalagem, além de redução do espaço ocupado pelo produto durante o transporte e armazenamento (EVANGELISTA, 1998).

A escolha de um procedimento de secagem depende das características físicas e químicas do produto, da diversidade e da quantidade do alimento a ser processado (ORDÓÑEZ et al., 2005a). A secagem em secadores por aspersão (spray-dryer) reúne comparada a outros meios, as melhores condições de rendimento técnico e econômico para a produção de leite em pó e polpa de fruta em pó. No Brasil, o secador por aspersão tem sido muito utilizado para a elaboração de leite em pó e café solúvel, entre outros (EVANGELISTA, 1998).

Ante o exposto, a investigação de diferentes técnicas para minimizar os efeitos do sabor e odor do leite de cabra, o aproveitamento de frutas nativas e a busca da melhor forma de se conservar o produto obtido, orientaram a realização deste trabalho.

## **1.1 - Objetivo geral**

Realizar a secagem de emulsões compostas por leite de cabra integral associado à polpa de umbu-cajá e maltodextrina em secador por aspersão.

### **1.1.1-Objetivos específicos**

- Caracterizar, físico-quimicamente, o leite de cabra integral;
- Produzir polpa de umbu-cajá e caracterizá-la química e físico-quimicamente;
- Determinar o comportamento reológico da polpa de umbu-cajá e da mistura leite de cabra com umbu-cajá e maltodextrina;
- Efetuar a secagem das emulsões compostas de leite de cabra integral, umbu-cajá e maltodextrina, em secador por aspersão;
- Verificar a higroscopicidade das amostras em pó por meio do levantamento das isotermas de adsorção de umidade;
- Estudar as alterações físico-químicas das amostras em pó acondicionadas em embalagens laminada e de polietileno, durante 120 dias.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Leite de cabra**

Há muitos séculos, o homem primitivo aprendeu a domesticar animais, primeiro para a obtenção de carne e, logo em seguida, descobriu as vantagens da utilização de seu leite. Para a grande maioria da população humana, o leite é um alimento importante e, como tal, é uma matéria-prima significativa na elaboração de produtos diversos (ABREU, 2000). Segundo este autor, o leite pode ser definido sob três pontos de vista: do fisiológico, do físico-químico e do higiênico. No aspecto fisiológico, o leite é o produto da secreção das glândulas mamárias das fêmeas mamíferas, logo após o parto, com a finalidade de alimentar o recém-nascido na primeira fase de vida; na definição físico-química, diz-se que o leite é uma emulsão natural perfeita na qual os glóbulos de gordura estão mantidos em suspensão, em um líquido salino açucarado, graças à presença de substâncias protéicas e minerais em estado coloidal; finalmente, do ponto de vista higiênico, trata-se de um produto íntegro da ordenha total e sem interrupção de uma fêmea leiteira em bom estado de saúde, bem alimentada e sem sofrer cansaço, isento de colostro, recolhido e manipulado em condições higiênicas.

De acordo com o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do leite de cabra (BRASIL, 2000a) o leite de cabra é definido como produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados e este é considerado integral quando não houver qualquer alteração do teor de gordura contido na matéria-prima.

A produção nacional diária de leite de cabra é de 22.000 litros, cuja produção mensal é de 660.000 litros e a produção anual de 7.920.000 litros. A região Nordeste produz, diariamente, 10.000 litros de leite de cabra, ou seja, 45,4% da produção nacional. Aos poucos, o leite caprino vai gerando emprego e renda nas propriedades rurais (COSTA, 2005).

O leite de cabra é um dos alimentos mais completos e sua importância é baseada no alto valor nutritivo, como riqueza de proteínas, vitaminas, gorduras, sais minerais e alta digestibilidade, razão pela qual é bastante recomendado para pessoas convalescentes, idosas e crianças, especialmente quando alérgicas ao leite bovino; atualmente, vem conquistando crescente mercado, tanto na forma de leite pasteurizado congelado como na de leite em pó e, mais recentemente, em embalagens longa vida; assim, a caprinocultura

brasileira vem ganhando grande impulso nos últimos anos, devido ao seu potencial (FONSECA, 2006).

### **2.1.1 - Características físicas e físico-químicas**

A composição do leite varia com a raça, condições ambientes, estágio de lactação, estação do ano, alimentação, cuidados dispensados ao animal e estado de saúde da cabra (JARDIM, 1984). A raça influencia especialmente na quantidade e percentagem de matéria gorda; a alimentação deve ser conveniente. Se o animal for alimentado em demasia, não produzirá mais leite nem, tampouco, um leite mais gordo, enquanto uma alimentação deficiente vai refletir em uma produção bem abaixo do nível normal; daí surge a necessidade de uma alimentação balanceada; tempos frios diminuem tanto a produção de leite como a de matéria gorda (BEHMER, 1984).

Em função da sua composição química, como proteína, lactose e conteúdo de gordura, a qualidade do leite é algo que merece destaque. Recentemente, tem-se dado atenção especial aos ácidos gordurosos, relacionando-os à saúde humana (TORII et al., 2004).

A composição protéica total do leite reúne várias proteínas específicas, dentre as quais a mais importante é a caseína. Existem vários tipos identificados de caseína:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\kappa$ , todas similares em sua estrutura e se agregam, formando grânulos insolúveis chamados micelas; as demais proteínas do leite estão distribuídas de forma solúvel (GONZÁLEZ et al., 2001). As proteínas do leite constituem ingredientes dos mais valorizados pelas suas excelentes propriedades nutritivas, tecnológicas e funcionais (SGARBIERI, 2005). A lactose é o único glicídio livre que existe em quantidade importante em todos os leites e também o componente mais abundante, simples e constante em proporção; sua principal origem está na glicose do sangue; o tecido mamário isomeriza-se em galactose e se liga a um resto de glicose para formar uma molécula de lactose, que pode ser fator limitante da produção de leite visto que as quantidades de leite produzidas na mama dependem das possibilidades de síntese deste glicídio; é considerada o componente mais lábil, diante da ação microbiana, pois é um bom substrato para as bactérias que a transformam em ácido láctico (ORDÓÑEZ et al., 2005b).

A gordura do leite é composta, essencialmente, de glicerídeos e esteróides; a gordura forma glóbulos que ficam suspensos no leite como emulsão, apresentando

diâmetros que variam de 1 a 10 microns (RIBEIRO & RIBEIRO, 2001). O componente lipídico do leite é formado de uma complexa mistura, sendo os triglicerídeos os lipídeos mais significativos, compostos de três ácidos graxos em ligação covalente a uma molécula de glicerol por pontes de éster; a gordura do leite é secretada das células epiteliais mamárias na forma de glóbulos graxos, principalmente compostos de triglicerídeos rodeados de uma dupla camada lipídica similar à membrana apical das células epiteliais; tal membrana ajuda a estabilizar os glóbulos de gordura formando uma emulsão dentro do ambiente aquoso do leite (GONZÁLEZ et al., 2001).

O leite de cabra apresenta microelementos minerais em quantidades semelhantes ao leite de vaca, porém com menor teor de cobalto relacionado com a reduzida taxa de vitamina B<sub>12</sub>; seus teores de ferro e cobre são bastante variáveis; todavia, para a nutrição humana os elementos minerais de maior importância são o cálcio e o fósforo e, neste aspecto, os leites de cabra e de vaca são equivalentes (JARDIM, 1984).

A densidade e a temperatura de congelamento do leite são duas constantes físicas relevantes na verificação de sua qualidade. A densidade está relacionada à riqueza do leite em sólidos totais, diminuindo, portanto, com a adição de água. O ponto de congelamento ou ponto crioscópico, por sua vez, propicia a informação da quantidade de água eventualmente adicionada (BRASIL et al., 1999). O leite é uma emulsão de gordura em água cuja densidade fornece informações sobre a quantidade de gordura nele contida (BRASIL, 2005). Como a composição química do leite varia, a densidade também sofre variação. Dentre as causas mais comuns se tem a temperatura do leite no momento da análise e a de estocagem, tempo decorrido desde a ordenha, do processamento, dentre outros. Um leite pasteurizado cuja gordura é fundida tem a densidade diminuída (ABREU, 2000).

O leite, ao sair do úbere, é ligeiramente ácido; a acidez superior à normal é proveniente da acidificação do leite pelo desdobramento da lactose, provocada pelos fermentos lácticos (microrganismos) que estão em multiplicação no leite; a acidez tende, portanto, a aumentar na medida em que o leite vai envelhecendo, influenciando consideravelmente na temperatura e na higiene empregada nas diversas etapas de manipulação (BEHMER, 1984). A determinação do pH pode ser uma forma direta e rápida de obtenção da acidez do leite e derivados haja vista que um pH acima de 6,7 indica uma possível infecção do úbere do animal, enquanto abaixo de 6,5 sinaliza a presença de colostro ou atividade microbiana (MORETTO et al., 2002). O leite de cabra apresenta

capacidade tampão superior à do leite de vaca, sendo mais recomendado, então, para pessoas em tratamento de úlceras gástricas (RIBEIRO & RIBEIRO, 2001).

Os sólidos totais do leite, também denominado extrato seco total pode ser definido como sendo “todos os componentes do leite, menos a água”, os quais determinam a qualidade nutricional e o rendimento industrial de um leite. O valor nutritivo é função dos componentes que possui, como: proteínas, gordura, lactose, sais minerais etc.; do mesmo modo, o rendimento do leite para a produção de produtos processados (queijo, doce de leite, leite em pó etc.) é função, dentre outros fatores, do seu conteúdo de sólidos (ABREU, 2000). A variação no teor de sólidos totais (gordura + proteína + lactose + cinzas) é, em sua grande parte, dependente das variações no teor de gordura do leite, fração com maior amplitude de variação. No caso dos sólidos não-gordurosos, talvez o único componente com capacidade limitada de variação em função da nutrição seja a proteína (GONZÁLEZ et al., 2001).

A cor característica do leite (branco-amarelado opaca) é devida, sobretudo, à dispersão da luz pelas micelas de caseína, sendo que glóbulos de gordura dispersam a luz mas pouco contribuem para a cor branca do leite, enquanto a cor amarelada é devida a substâncias lipossolúveis (caroteno e a riboflavina) (VENTURINI et al., 2007).

De acordo com o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra (BRASIL, 2000a) este leite deve apresentar cor branca, odor e sabor característicos.

Tem-se, na Tabela 2.1 as características físico-químicas do leite de cabra em sua forma integral, semi-desnatada e desnatada.

**Tabela 2.1** - Características físico-químicas do leite de cabra em sua forma integral, semi-desnatada e desnatada (BRASIL, 2000a)

Parâmetro	Leite integral	Leite semi-desnatado	Leite desnatado
Gordura (% m/m*)	Teor original	0,6 a 2,9	Máx.0,5
Acidez (% ácido láctico)	0,13 a 0,18 para todas as variedades**		
Sólidos não-gordurosos (% m/m)	Mínimo 8,20 para todas as variedades		
Densidade (15/15 °C)	1,0280-1,0340 para todas as variedades		
Índice crioscópico (°H)	-0,550 a -0,585 para todas as variedades		
Proteína total (Nx 6,38) (% m/m)	Mínimo 2,8 para todas as variedades		
Lactose (% m/v)	Mínimo 4,3 para todas as variedades		
Cinzas (% m/v)	Mínimo 0,70 para todas as variedades		

\* Serão admitidos valores inferiores a 2,9% m/m para a variedade integral e semi-desnatada, mediante comprovação de que o teor médio de gordura de determinado rebanho não atinja este nível.

\*\* A faixa normal para a acidez titulável de leite de cabra cru congelado variará de 0,11 a 0,18%, expressa em ácido láctico.

### 2.1.2 - Leite em pó

Leite em pó é um produto resultante da desidratação total do leite; apresenta vida útil longa, o que permite amenizar os problemas de sazonalidade na produção, facilita o sistema de comercialização e torna o transporte mais econômico, pois, neste caso, o volume é grandemente diminuído pela remoção de água (ABREU, 2000).

Segundo o R.I.I.S.P.O.A. (Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal) (BRASIL, 1996) consideram-se fases de fabricação do leite em pó para consumo humano direto: a seleção do leite, padronização dos teores de gordura e de sólidos totais, preaquecimento, pré-concentração, homogeneização, secagem por aspersão e embalagem. De acordo ainda, com este regulamento, se o leite passar por algum processo de modificação, o fato deve ser indicado, seja como leite acidificado ou adicionado de açúcares, bem como do acréscimo de amido dextrinizado quando este for efetuado.

A produção de leite no Brasil é elevada porém com relação ao leite em pó, a produção industrial ainda não supriu as necessidades do País; as indústrias brasileiras têm investido na produção de leite em pó, não só para suprir as carências do mercado interno

mas, também visando à conquista do mercado externo. Com relação ao Nordeste, os produtores de leite são, em sua maioria, organizados na forma de cooperativas, com pequenas usinas de processamento que, em geral se limitam à pasteurização, embalagem, armazenamento e distribuição do leite. Estas cooperativas são, em geral, empresas pequenas e apresentam problemas de produção excedente, sobretudo por não disporem de condições de investir em tecnologias para a produção do leite em pó (ANDRADE JUNIOR et al., 2005).

A venda de leite de cabra em pó corresponde a apenas 4% do total do leite de cabra produzido no Brasil (COSTA, 2005) representando, assim, um percentual muito pequeno mas com grande potencial de crescimento, em razão de uma das principais formas de comercialização do leite de cabra ser congelado, apresentando vida útil curta, de cerca de 40 dias, além de demandar altos custos de transporte e armazenamento.

## 2.2 - Umbu-cajazeira

O gênero *Spondias*, da família Anacardiaceae, possui dezoito espécies das quais seis ocorrem no Nordeste brasileiro; são árvores frutíferas tropicais em domesticação, exploradas pelo valor comercial dos seus frutos. Duas espécies são exploradas extrativamente: a cajazeira (*Spondias mombin* L.), que tem como centro de diversidade a Amazônia ocidental e a Mata Atlântica, e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) nativo do semi-árido do Nordeste; as outras quatro são cultivadas empiricamente, em pomares domésticos: a cirigueleira (*Spondias purpúrea* L.), provavelmente originária do México ou América Central, a cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn.), oriunda da Polinésia, a umbu-cajazeira e a umbuguela (*Spondias* spp.), sem dúvida híbridos interespecíficos de origem desconhecida e de ocorrência no semi-árido do Nordeste (SOUZA & ARAÚJO, 1999).

O endocarpo, comumente chamado “caroço”, é usado como semente na propagação sexuada das *Spondias*. Embora algumas espécies possuam mais de uma semente por endocarpo (cajazeira e cajaraneira), outras somente possuem uma (umbuzeiro) ou raramente uma semente (umbu-cajazeira) e outras nenhuma (cirigueleira e umbugueleira). A cirigueleira, a umbugueleira e a umbu-cajazeira, são propagadas pelo método vegetativo através de estacas grandes plantadas diretamente no campo, as quais demoram a enraizar e a formar a copa de uma nova planta. As estacas, na maioria das vezes, emitem brotações mas não enraízam. Esses mesmos problemas também são constatados quando se propaga a

cajazeira, a cajaraneira e o umbuzeiro por estaquia. A provável causa do alto insucesso da propagação das *Spondias* por estaquia é a época da coleta dos propágulos que, para obtenção de maiores percentagens de enraizamento, devem ser coletados no final da fase fenológica do repouso da planta (MARTINS & MELO, 2006).

A procura pelos frutos do gênero *Spondias* desperta interesse especialmente para a agroindústria devido às suas boas características para a industrialização, e para o consumo *in natura* ou, ainda, para o fabrico de sorvetes, polpas, geléias etc. Os frutos são comercializados em feiras livres ou destinados ao abastecimento da indústria. Pelas potencialidades apresentadas por este gênero, pode-se afirmar que se trata de um recurso fitogenético importante para o Nordeste, em que as condições edafoclimáticas favorecem o cultivo e a sua produção (NORONHA et al., 2000).

A umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) é uma planta arbórea, da família Anacardiaceae. Presume-se ser resultante do cruzamento natural entre o cajá (*S. mombin*) e o umbu (*S. tuberosa*) (MARTINS & MELO, 2006). Apresenta origem desconhecida, com características de planta xerófila, sendo encontrada em plantios desorganizados disseminados no Nordeste (LIMA et al., 2002).

O fruto (Figura 2.1) é caracterizado como uma drupa arredondada, de cor amarela, casca fina e lisa, com endocarpo grande, branco, suberoso e enrugado, localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente (LIMA et al., 2002). A umbu-cajazeira apresenta cerca de 90% dos endocarpos desprovidos de sementes (SOUZA et al., 1997), o que torna inviável a sua propagação sexuada, sendo tradicionalmente propagada pelo método vegetativo assexuado.



**Figura 2.1** - Umbu-cajá

As características físicas do umbu-cajá em cinco estádios de maturação são apresentadas na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2** - Características físicas do umbu-cajá em cinco estádios de maturação (LIMA et al., 2002)

<b>Estádio de maturação</b>	<b>Diâmetro longitudinal (cm)</b>	<b>Diâmetro transversal (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Rendimento em polpa (%)</b>
FTV	3,75	3,40	17,77	25,04
FIP	3,85	2,65	19,60	49,38
FPA	3,60	2,45	19,07	52,97
FTA	3,65	2,90	22,30	55,75
FTAA	3,50	2,60	19,10	52,60

FTV - fruto totalmente verde; FIP - fruto com início de pigmentação; FPA - fruto com predominância de amarelo; FTA - fruto totalmente amarelo; FTAA - fruto totalmente amarelo alaranjado

Na Tabela 2.3 se encontram as características químicas e físico-químicas do umbu-cajá, também em cinco estádios de maturação.

**Tabela 2.3** - Características químicas e físico - químicas do umbu-cajá em cinco estádios de maturação (LIMA et al., 2002)

<b>Estádio de maturação</b>	<b>pH</b>	<b>SST (°Brix)</b>	<b>ATT (%)</b>	<b>SST/ATT</b>	<b>Vitamina C (mg/100g)</b>
FTV	2,01	9,10	2,40	3,80	14,25
FIP	2,02	10,65	2,20	4,85	16,45
FPA	2,09	10,70	1,63	6,57	18,35
FTA	2,00	11,25	1,77	6,39	17,75
FTAA	2,06	11,25	1,55	7,51	12,90

FTV- fruto totalmente verde; FIP - fruto com início de pigmentação; FPA - fruto com predominância de amarelo; FTA - fruto totalmente amarelo; FTAA - fruto totalmente amarelo alaranjado; SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez total titulável

A diversidade genética de populações subespontâneas de umbu-cajazeira presente no Nordeste brasileiro é ampla, porém, se encontra ameaçada pelo processo indiscriminado de exploração das áreas onde ocorrem essas populações, particularmente pela prática de formação de pastagens e pela expansão das áreas urbanas. Outras informações sobre esta espécie praticamente inexistem na literatura especializada. É, imperativo, portanto, que esforços no sentido de garantir a preservação e a utilização racional da variabilidade

genética dessa importante frutífera sejam empreendidos pelos órgãos de pesquisa pública (DINIZ, 2003).

Apesar do crescimento de algumas espécies frutíferas, sabe-se que as espécies nativas do Brasil, ora consideradas exóticas, necessitam de maior atenção econômica, apesar do grande potencial de exploração, tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo. Essas espécies são exploradas localmente e, muitas vezes, extrativamente, não permitindo que se percebam as perdas decorrentes (EMBRAPA MEIO-NORTE, 1999).

### **2.3 - Polpa de fruta**

As questões relacionadas ao manuseio de frutas em escala industrial têm, como uma das soluções mais práticas, a transformação da matéria-prima em polpa, viabilizando a utilização de inúmeros processos que abrangem desde a preservação de longo prazo, por congelamento ou adição de conservantes, até a possibilidade de concentração, de elaboração de novos produtos etc. O crescimento da indústria frutífera brasileira se tem baseado, em grande parte, na produção de polpas de frutas congeladas em fábricas de pequeno porte, criadas com a finalidade de melhorar a renda familiar de pequenos produtores rurais ou até mesmo para aproveitar parte da matéria-prima não utilizada e, às vezes, totalmente desperdiçada (FERREIRA et al., 2002).

Segundo o Ministério da Agricultura (BRASIL, 2000b) polpa de fruta é o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto.

A polpa de fruta é um produto que atende às necessidades de vários segmentos da indústria de produtos alimentícios, tais como as indústrias de sucos naturais, sorvetes, laticínios, balas, doces, geléias etc. No Brasil, a polpa industrializada se destina principalmente à produção de sucos concentrados para o abastecimento do mercado interno e de exportação (SILVA, 1995).

Os frutos da umbu-cajazeira apresentam boas características para industrialização, em particular na forma de polpa congelada, sucos, geléias, néctares, compotas e sorvetes, devido o seu percentual médio de polpa em frutos maduros ser de 55,75% (LIMA et al., 2002).

Em estudos realizados com frutos de umbu-cajá, NORONHA et al. (2000) verificaram um percentual de rendimento da polpa da ordem de 72%.

## **2.4 - Reologia**

De acordo com SCHRAMM (2006) a reologia descreve a deformação de um corpo (sólido, líquido ou gás) sob a influência de tensões e é empregada, comumente, na análise do comportamento de fluidos homogêneos, como os líquidos, as emulsões e as suspensões de partículas (PILEGGI et al., 2006).

Segundo MULLER (1973) existem quatro razões fundamentais para justificar o estudo do comportamento reológico dos corpos:

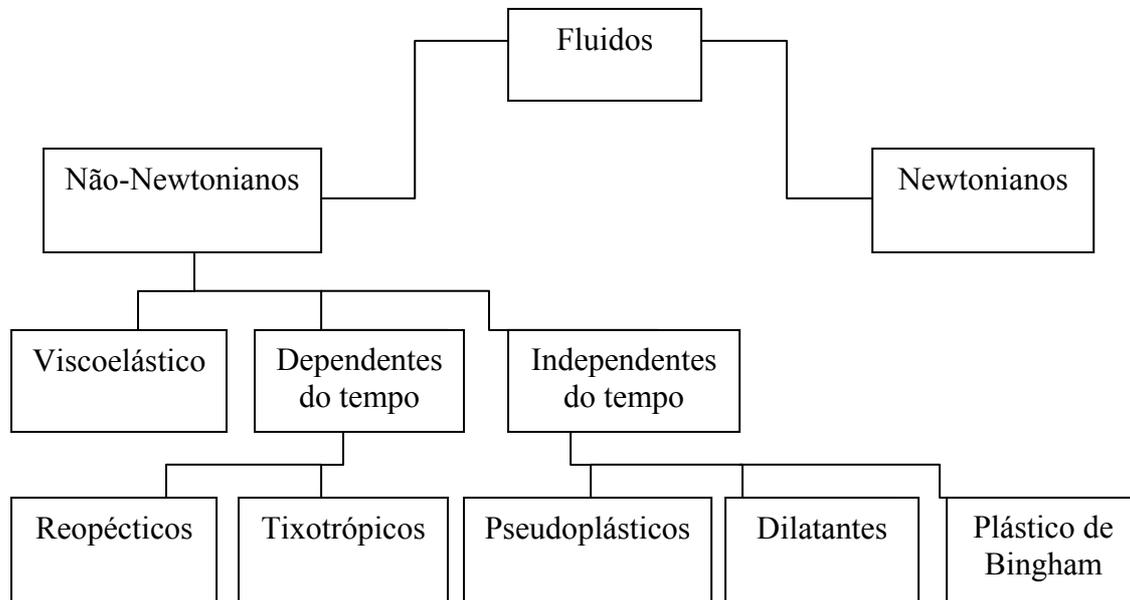
- Contribuição no conhecimento da estrutura dos corpos;
- Nas indústrias é freqüente o uso das medidas reológicas sobre a matéria-prima e em relação aos produtos elaborados;
- A reologia presta valiosa ajuda no projeto das máquinas, pois é preciso que calhas, tubos e bombas se adequem às características do produto com o qual vão ser utilizadas;
- Finalmente, as características reológicas influenciam de modo considerado, a aceitação de um produto.

Segundo FRANCESCHINI (2002), o objetivo da reologia é determinar padrões de comportamento envolvendo a relação entre o estado das tensões sobre um corpo e sua resposta mecânica, assim como mensurar as propriedades físicas relevantes ao escoamento.

O conhecimento das propriedades reológicas é importante para o desenvolvimento contínuo de produtos e processos, equipamentos, manuseio e controle de qualidade, uma vez que em muitas operações e tratamentos ocorrem mudanças das características do produto (MARTINS et al., 2005). Dentro desta contextualização se insere a necessidade de se conhecer a medida da resistência interna de uma substância ao escoamento quando submetida a uma tensão, ou seja, a viscosidade.

Na secagem de soluções, suspensões ou emulsões, o comportamento reológico da matéria-prima influencia diretamente o processo em secadores por aspersão. A viscosidade interfere nas características do produto final (pó) que sai do secador (número e tamanho das partículas desidratadas, umidade etc.), e na facilidade e/ou dificuldade durante a secagem.

A classificação dos fluidos segundo o comportamento reológico, pode ser representada de acordo com a Figura 2.2.



**Figura 2.2** – Classificação dos fluidos segundo o comportamento reológico

Os fluidos newtonianos são aqueles em que a tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) é diretamente proporcional à taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) (BOBBIO & BOBBIO, 1992), o que não ocorre com os fluidos não-newtonianos. Os fluidos não-newtonianos podem ser classificados em viscoelásticos, dependentes e independentes do tempo.

O comportamento reológico dos fluidos tixotrópicos e reopéticos é dependente do tempo; neles, os efeitos descritos e produzidos pela aplicação da força externa de deformação perduram parcialmente quando cessa a força aplicada, isto é, o fluido demora um tempo maior do que aquele em que foi aplicada a força para voltar ao estado inicial de viscosidade aparente (NOGUEIRA, 2002).

O comportamento viscoelástico do fluido está ligado ao fato do mesmo apresentar características de líquidos viscosos com propriedades elásticas e de sólidos com propriedades viscosas, ou seja, são fluidos que possuem, simultaneamente, propriedades viscosas e elásticas. Em geral, os alimentos viscoelásticos não exibem comportamento linear e, para o estudo da viscoelasticidade, deve-se definir, então, as condições experimentais para que se estabeleçam as relações entre as variáveis esforço, deformação e

tempo, de maneira que se mantenha a linearidade da resposta viscoelástica (RAMOS & IBARZ, 2006).

Entre os fluidos independentes do tempo, se encontram os dilatantes e pseudoplásticos. Quando a força aplicada aumenta a fluidez do sistema, ou seja, abaixa a sua viscosidade, tem-se um fluido pseudoplástico e, em caso oposto, em que a fluidez diminui, o fluido é chamado dilatante (NOGUEIRA, 2002).

Os fluidos plásticos necessitam de uma tensão finita, conhecida como tensão de cisalhamento inicial (yield stress), para que ocorra movimento das partículas. Este tipo de comportamento é característico de suspensões pseudo-homogêneas de partículas finas ou ultrafinas (FERREIRA et al., 2005). Também denominados plásticos de Bingham, apresentam relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação (TONELI et al., 2005).

Numerosas equações empíricas são propostas para estimar as relações observadas entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. Os modelos reológicos mais utilizados para a caracterização reológica de sucos e polpa de frutas são: Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência, Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk e Casson (SILVA et al., 2005a).

De acordo com FRANCESCHINI (2002) o modelo de Herschel-Bulkley (Eq. 2.1) é empregado para descrever o comportamento de alimentos viscosos sobre uma grande faixa de taxas de deformação, sendo este um modelo de fluido plástico, com tensão de cisalhamento inicial. Quando a tensão de cisalhamento inicial é zero, o modelo passa a ser chamado de Ostwald-de-Waele (Eq. 2.2).

Segundo BALISCHI et al. (2002) a expressão mais correta para descrever o comportamento reológico dos fluidos que não mudam seu comportamento com o tempo, é a expressão de Herschel-Bulkley.

$$\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^n \quad (2.1)$$

em que:

$\tau$  - tensão de cisalhamento (Pa)

$\tau_0$  - tensão de cisalhamento inicial (Pa)

$K_H$  - índice de consistência (Pa s<sup>n</sup>)

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação (s<sup>-1</sup>)

$n$  - índice de comportamento do fluido (adimensional)

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (2.2)$$

em que:

$\tau$  - tensão de cisalhamento (Pa)

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

$K$  - índice de consistência ( $Pa\ s^n$ )

$n$  - índice de comportamento do fluido (adimensional)

O modelo de Ostwald de Waelle ou Lei da Potência, pode modelar fluidos pseudoplásticos quando o expoente que a caracteriza é menor que um, ou seja,  $n < 1$ . Quando  $n = 1$  esta lei é utilizada para fluidos newtonianos e se  $n > 1$ , representa os fluidos dilatantes (SÁNCHEZ et al., 2002).

O modelo de Casson (Eq. 2.3) foi desenvolvido para representar o escoamento de uma suspensão de partículas interagindo em meio newtoniano o qual, quando modificado, se transforma no modelo de Mizrahi & Berk.

$$\tau^{0,5} = K_{0C} + K_C (\dot{\gamma})^{0,5} \quad (2.3)$$

sendo:

$\tau$  - tensão de cisalhamento (Pa)

$K_{0C}$  - tensão de cisalhamento inicial ( $Pa$ )<sup>0,5</sup>

$K_C$  - viscosidade plástica de Casson ( $Pa.s$ )<sup>0,5</sup>

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

BRANCO & GASPARETTO (2005) constataram, ao estudarem o comportamento reológico da mistura de polpa de manga com suco de laranja e cenoura, que o modelo de Casson se mostrou adequado para a representação desta mistura.

O modelo reológico proposto por Mizrahi & Berk (Eq. 2.4) é aquele que se tem ajustado melhor à maioria dos reogramas de polpas, sucos e purês de frutas, em razão desses pesquisadores o terem desenvolvido, baseando-se no modelo de uma suspensão de partículas interagindo em um solvente pseudoplástico (PELEGRINE et al., 2000).

$$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M \dot{\gamma}^n \quad (2.4)$$

em que:

$\tau$  - tensão de cisalhamento (Pa)

$K_{OM}$  - raiz quadrada da tensão inicial (Pa)<sup>0,5</sup>

$K_M$  - índice de consistências (Pa<sup>0,5</sup> s<sup>n</sup>)

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação (s<sup>-1</sup>)

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

## 2.5 - Secagem por aspersão

A secagem por aspersão, também conhecida como secagem por atomização, secagem por pulverização, secagem por nebulização ou spray drying, é um processo contínuo em que um alimento em estado fluido é transformado em produto seco em um meio quente, e se baseia na evaporação rápida do solvente por pulverização de um produto que está sendo seco em uma corrente de ar quente (VANACLOCHA & REQUENA, 1999). Segundo MASTERS (1972) o secador por aspersão transforma um produto no estado fluido para o estado sólido, na forma de pó, através da dispersão de gotículas do material dentro de uma câmara que contém ar aquecido.

Os secadores por aspersão usam uma carga bombeável (solução, suspensão fina, géis, emulsões etc.) e produzem um material pulverulento, com taxas variando desde unidades de porte piloto até unidades industriais com produção de 25 ton/h de sólidos; tais secadores podem ser utilizados para uma variedade enorme de materiais, dentre eles: café, leite, detergentes, corantes, pesticidas, polímeros e suspensões cerâmicas, dentre outras. Em qualquer que seja o secador por aspersão, o sistema dispõe das seguintes partes principais: sistema injetor de carga e atomizador, sistema de produção e de injeção de gás quente, câmara de secagem, sistema de separação de sólido-gás e sistema de recuperação do produto (FOUST, 1982).

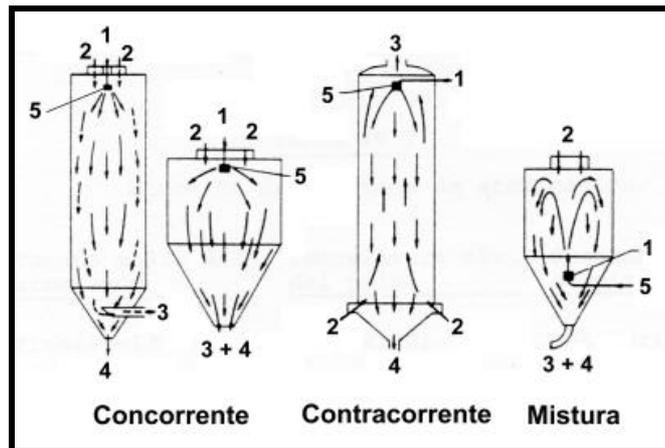
A secagem por atomização apresenta quatro etapas distintas: atomização do material no pulverizador; contato ar-pulverizado; secagem do pulverizado e separação do material atomizado do ar, em que cada etapa é realizada segundo o projeto e o modo de operação do secador que, em conjunto com as propriedades físicas e químicas do material, determinam as características do produto seco. A homogeneidade do produto pulverizado e

as altas velocidades de evaporação de umidade permitem uma temperatura menor do produto que a do ar que sai da câmara de secagem (VIEIRA, 1999).

A pulverização do líquido na câmara de secagem poderá ser feita por discos ou bicos atomizadores; no primeiro caso, 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 atomização através de bicos especiais poderá ser ocasionada por bombas de alta pressão ou por sistema pneumático (ar comprimido). O aquecimento do ar pode ocorrer em virtude da existência de tubulações aletadas aquecidas por vapor, óleo ou sistema elétrico ou, ainda, o ar que pode tornar-se quente por queima direta de gás, óleo ou um outro combustível qualquer (GAVA, 1998).

O produto líquido se subdivide em gotas muito pequenas no interior da câmara, que entram em contato com o ar quente. A evaporação da água das gotas é praticamente instantânea e cada uma delas se transforma em uma partícula seca que é transportada pelo ar de secagem; em seguida e na saída da câmara, as partículas secas se separam da corrente de ar na qual estão suspensas e são recolhidas para o seu acondicionamento. A velocidade de desidratação é muito alta porque a área superficial das partículas é grande e a temperatura do ar é elevada (120 a 300 °C); contudo, o risco de superaquecimento do produto é mínimo pois, normalmente, a temperatura da superfície das partículas não supera a temperatura de bulbo úmido do ar de secagem (40 a 70 °C), devido ao resfriamento associado à evaporação da água e ao seu curto espaço de tempo de permanência na câmara (1 a 10 s) (ORDÓÑEZ et al., 2005a). Dentro desta contextualização se tem que o ângulo de saída e a trajetória das gotas não podem ser esquecidos, haja vista que, se as gotas entram em contato com as paredes da câmara antes de completar a desidratação, por serem pegajosas, ficarão grudadas e formarão uma crosta de difícil eliminação (ORDÓÑEZ et al., 2005a).

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 sua parte superior. O contato ar-atomizado é determinado pela posição do atomizador em relação à entrada do ar de secagem (Figura 2.3). A escolha de um desses sistemas é uma função do tamanho médio da partícula de atomizado e da possível degradação térmica do produto. Na Figura 2.3 estão descritas as distribuições de temperatura do ar contracorrente, concorrente e mistura (VIEIRA, 1999).



**Figura 2.3** - Contato ar-atomizado: 1 - entrada de ar; 2 - entrada do produto; 3 - saída de ar; 4 - saída de produto e 5 – atomizador (VIEIRA, 1999)

A maneira de atomizar e as propriedades do líquido atomizado influenciam no tamanho da partícula sólida, na sua densidade, aparência e umidade; já o contato líquido-ar quente e a evaporação modificam a densidade do pó, aparência, umidade, retenção de aroma e sabor (ABREU, 2000).

Dentre as variáveis importantes no controle das características do produto final (pó) que sai do secador, tem-se o teor de sólidos, número e tamanho das partículas e viscosidade, parâmetros esses relacionados ao líquido que está sendo atomizado. O tipo e o mecanismo do atomizador também merecem destaque e, por fim, fazendo-se referência ao ar de secagem, a velocidade, a temperatura, tanto da entrada como da saída do secador, devem ser devidamente ajustadas (GAVA, 1998).

Segundo MASTERS (1972) as variáveis mais significativas durante o processo de secagem por atomização, são: a energia disponível para atomização, propriedades do alimento, taxa de alimentação, fluxo de ar e temperatura de secagem, seja na saída quanto na entrada do secador.

As principais vantagens da secagem por aspersão, são: alta qualidade dos produtos obtidos, velocidade de secagem rápida, volume elevado de produto processado, menor custo de mão-de-obra, e simplicidade de operação e manutenção (ORDÓÑEZ et al., 2005a).

### **2.5.1 – Maltodextrina**

A adição de aditivos na secagem por aspersão de polpa de frutas é imprescindível, em razão da secagem desses produtos, na maioria dos casos, não ter sucesso sem a sua incorporação, devido à sua composição química, exceto em algumas frutas em que o teor de lipídios facilita a secagem.

Um dos aditivos mais utilizados para facilitar o processo na secagem por aspersão é a maltodextrina, em virtude principalmente da sua baixa higroscopicidade e baixo custo, dentre outros fatores.

De acordo com SILVA (1998) as maltodextrinas são misturas de maltooligossacarídeos com dextrose equivalente (DE) inferior a 20, produzidas a partir da hidrólise do amido. Em geral, são encontradas como pó branco, não-doce e apresentando a fórmula geral  $(C_6H_{12}O_5)_n \cdot H_2O$ . São largamente utilizadas nas indústrias alimentícias e farmacêuticas.

Segundo TAKEITI (2007) as características funcionais relacionadas à DE ajudam a determinar as aplicações de maltodextrinas. Existem duas maneiras para se avaliar a utilização das maltodextrinas em que a primeira seria como um sistema líquido e a outra como sistema seco. Em cada sistema, existe um tipo de funcionalidade diferente que se objetiva pela adição de maltodextrinas. Por exemplo, a densidade de um material é extremamente importante em misturas secas, enquanto em um líquido a maior consideração deve ser a solubilidade e a viscosidade. Para as misturas de bebidas em pó, todas essas propriedades se tornam críticas; portanto, cada aplicação tem o seu próprio requerimento. As maltodextrinas têm a habilidade de formar géis e reter água; na indústria de alimentos são usadas como umectante, modificador de textura, substituinte de gordura, agente de volume e como matriz polimérica para encapsulamento de princípios ativos ou na formação de filmes e recobrimentos, dentre outros.

As maltodextrinas no Brasil são muito utilizadas para desidratação de produtos, tais como sucos e polpa de frutas, achocolatados em pó, produtos farmacêuticos, entre outros, porém, parte das maltodextrinas que estão no comércio brasileiro se refere, na verdade, às dextrinas. As maltodextrinas enzimáticas verdadeiras têm quase 10% de açúcares redutores, como glicose e maltose, o que não é o caso daquelas encontradas no mercado (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

Muitos pesquisadores utilizaram maltodextrina como material de parede ou para facilitar a secagem por aspersão: MELO (2007) na secagem de leite de cabra com polpa de

umbu-cajá; OLIVEIRA (2006a) na secagem de polpa de pitanga e GUTIÉRREZ et al. (2004) na microencapsulação de cevada verde, entre outros.

## **2.6 – Isotermas de sorção de umidade**

A água é o componente mais importante dos produtos alimentícios, haja vista que exerce forte influência sobre as variáveis de um processo, características do produto e atributos de estabilidade. A deterioração dos alimentos está associada ao teor de água disponível para que as alterações físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas ocorram (MOLINA FILHO et al., 2006).

O termo atividade de água ( $a_w$ ) foi criado para denominar a água disponível para o crescimento microbiano e reações que possam deteriorar o alimento (DITCHFIELD, 2000).

A atividade de água é definida como a relação entre a pressão de vapor da água no produto e a pressão de vapor da água pura em uma mesma temperatura. O estudo da atividade de água é representado através das isotermas de sorção. As isotermas de sorção são gráficos que relacionam a quantidade de água de um alimento com sua atividade de água, a uma temperatura constante. A maioria das isotermas de sorção de água dos alimentos apresenta forma sigmóide, com pequenas variações conforme a estrutura física, a composição química, a temperatura e a capacidade de retenção de água do alimento; entretanto, há alimentos que apresentam uma zona mais plana na primeira parte da curva; essas curvas, em forma de J, são típicas de alimentos com grande quantidade de açúcar e solutos que apresentam pouca adsorção por capilaridade, como as frutas e os doces de frutas (ORDÓÑEZ et al., 2005a).

Através da construção das isotermas de sorção de umidade pode-se resolver numerosos problemas de processamento e estocagem de alimentos e produtos alimentícios, entre os quais: predição do tempo de secagem, da vida de prateleira em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto e, ainda, a caracterização de um produto, no equilíbrio, quando o mesmo é constituído por componentes de atividades de água ( $a_w$ ) diferentes (PENA et al., 2000).

As isotermas de sorção podem ser de adsorção ou dessorção, dependendo se a amostra ganha ou perde umidade, respectivamente.

O método mais simples para se construir uma isoterma de adsorção consiste em colocar a amostra em dessecadores com soluções de ácido sulfúrico ou com soluções

saturadas de sais de atividades de água conhecidas a uma temperatura constante e medir o ganho de massa da amostra até que o equilíbrio seja atingido. Dentre as formas de controle da atividade de água anteriormente citadas, tem-se que o uso das soluções saturadas de sais pode ser considerado o mais adequado, embora exista a polêmica recorrente entre muitos autores sobre a real atividade de água de muitos sais. O adequamento das mesmas está relacionado ao fato de liberarem ou adsorverem água sem sofrer alteração na sua umidade relativa de equilíbrio. Se o alimento for utilizado para uma análise sensorial posterior, é preciso considerar que sais tóxicos podem contaminá-lo (DITCHFIELD, 2000).

O uso de modelos matemáticos para estimar as isotermas de sorção é vantajoso devido ao fato de que, mesmo se trabalhando com poucos pontos experimentais, a construção das isotermas se torna possível (PENA et al., 1997).

Dentre os modelos mais usuais para o ajuste matemático das isotermas de sorção de água se encontram os de Peleg e GAB.

O modelo semi-empírico de Peleg (Equação 2.5) contém quatro parâmetros e foi proposto para ajustar os dados experimentais de isotermas de sorção de umidade com forma sigmóide. De acordo com PELEG (1993) os parâmetros  $n_1$  e  $n_2$  do modelo devem ser menores e maiores que um (1), respectivamente.

$$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (2.5)$$

em que:

$X_e$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$a_w$  - atividade de água (adimensional)

$k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  - constantes do modelo

Desenvolveu-se o modelo de GAB (Equação 2.6) para o ajuste de isotermas de sorção de umidade a partir da teoria física de adsorção de Langmuir e BET. O modelo cinético clássico de adsorção desenvolvido por Langmuir explica a adsorção de uma camada de vapor de água interna no centro de um produto, em termos de forças químicas não balanceadas (BROOKER et al., 1992). Enquanto a equação de BET é determinada pela relação entre a atividade de água e conteúdo de umidade de um alimento, esta só se confirma experimentalmente em valores de atividade de água compreendidos entre 0,05 e 0,4 (ORDÓÑEZ et al., 2005a). O modelo de GAB se ajusta aos dados em uma faixa mais ampla de atividade de água (0,1 a 0,9) (PEÑA & KIECKBUSCH, 2003).

$$X_e = \frac{X_m CKa_w}{(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)} \quad (2.6)$$

em que:

$X_e$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$a_w$  - atividade de água (adimensional)

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (% base seca)

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

## 2.7 - Embalagens

As primeiras embalagens surgiram há mais de 10.000 anos e se tratava de cascas de coco, cascos de animais, conchas marinhas, sem qualquer forma de processamento, servindo para estocar ou beber os alimentos. Com o passar do tempo sempre que as habilidades manuais do homem se aprimoravam, surgiram outras embalagens, como vasos de barro, bolsas de pele de animais, cestas de fibra, dentre outros; em seguida, aproximadamente no primeiro século depois de Cristo surge, através dos artesãos sírios, o vidro, que foi a primeira matéria-prima usada em maior escala na produção de embalagens (BEM, 2002).

As embalagens para produtos alimentícios são descritas como artigos complexos, dinâmicos e científicos, que estão em contato direto ou não com os alimentos; são destinadas a informar o consumidor do seu conteúdo, conter o produto desde a sua fabricação até o consumo, proteger e preservar o alimento de agentes externos e adulterações. A preservação da qualidade dos alimentos está diretamente relacionada com o tipo de embalagem utilizada, com as características do produto e com o sistema de distribuição empregado (BRASIL, 2001).

Segundo GAVA (1998) as embalagens são usadas em alimentos para atender às seguintes finalidades:

- Proteger o alimento contra contaminações ou perdas;
- Facilitar e assegurar o transporte;
- Facilitar a distribuição do alimento;
- Identificar o conteúdo em qualidade e quantidade;
- Identificar o fabricante e o padrão de qualidade;
- Atrair a atenção do comprador;

- Induzir o comprador para a compra;
- Instruir o consumidor no uso do produto.

No mercado de embalagens se tem os plásticos que são polímeros orgânicos de estrutura, composição química e propriedades físicas variadas, fabricados a partir de derivados do petróleo ou carvão; podem ser termoestáveis, como a uréia, fenólicos e melanina (pouco usado em embalagens para alimentos) e termoplástico como o polietileno e o polipropileno, de uso generalizado em embalagens para alimentos (CARVALHO & ABREU, 1999).

Os materiais plásticos para embalagem surgiram em substituição aos materiais tradicionais, como o vidro, folha de flandres, alumínio ou mesmo o papel devido, principalmente, à sua facilidade de moldar, inovar, baixo custo e facilidade de manuseio. As embalagens plásticas para alimentos, apesar de terem algumas limitações quanto à barreira a gases, baixa resistência a deformação, ao impacto e transmissão de luz, vêm se superando ao longo do tempo. Essas limitações têm diminuído com o uso de novas resinas, tecnologias e equipamentos no processamento das embalagens e dos alimentos, em que se tem como exemplo, a resina PET (Polietileno Tereftalato), entre as mais utilizadas em embalagem para alimentos e com demanda crescente, em especial para garrafas de refrigerantes e óleos comestíveis. Traz a vantagem de ser transparente e de ótima resistência mecânica, podendo ser moldada em vários processos (BUCCI, 2003).

O polietileno é o polímero mais utilizado na embalagem de alimentos em geral; tem a mais simples composição química de todos os polímeros e, geralmente, o menor custo; pode ser classificado como polietileno de baixa densidade (PEBD) quando esta propriedade varia de 0,915 a 0,939 g cm<sup>-3</sup>, e o polietileno de alta densidade, quando está acima de 0,940 g cm<sup>-3</sup> e como polietileno de baixa densidade é um material bastante flexível e resistente a impacto, possui alta permeabilidade ao vapor d'água quando comparado com os demais filmes plásticos (ARRUDA, 2002). O PEBD pode ser processado por extrusão, moldagem por sopro e moldagem por injeção; é aplicado como filme para embalagens industriais e agrícolas, filmes destinados a embalagens de alimentos líquidos e sólidos, filmes laminados e plastificados para alimentos, embalagens para produtos farmacêuticos e hospitalares, brinquedos e utilidades domésticas, revestimento de fios e cabos, tubos e mangueiras (COUTINHO et al., 2003).

Um grande número de combinações de filmes tem sido oferecido à indústria alimentícia, em que se tem, dentro desta contextualização, as embalagens laminadas. Os laminados são embalagens compostas em que são sobrepostos filmes plásticos, de

alumínio, papel ou papelão e outro filme plástico. Tais combinações permitem condições de resistência química ao calor, à ruptura, aos vapores e gases, opacidade, facilidade de impressão e leveza, todas as características desejáveis para embalagens de alimentos. Os laminados são empregados em numerosos produtos, congelados ou pré-cozidos (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Os filmes especiais e as embalagens plásticas laminadas (com suas propriedades de barreira a gases, a vapor d'água, a aromas ou a luz e grande flexibilidade) estão cada vez mais presentes nos supermercados por atenderem às exigências do consumidor, quanto ao acondicionamento e apresentação dos alimentos; além disso, na indústria de embalagens a metalização de plásticos vem sendo aplicada para melhorar o acabamento e decorar a peça e, muitas vezes, para melhorar suas propriedades, como o aumento da resistência a tração, a choque e a flexão, melhoria do efeito estético para comercialização, diminuição da absorção de umidade, entre outros (SOARES et al., 2002).

Dentre os fatores extrínsecos da vida de prateleira de um produto desidratado, se acham o tamanho e propriedades da embalagem e condições ambientais de estocagem, entre outros (ENDO et al., 2007). Se a embalagem não for adequada e a umidade relativa for elevada, o produto absorverá umidade da atmosfera até que o equilíbrio seja estabelecido; portanto, a deterioração da superfície será inevitável com o crescimento de bolores, em razão da sua necessidade de oxigênio. Os alimentos desidratados podem sofrer alterações de natureza química ainda que não ocorra o crescimento fúngico durante o armazenamento. Nos alimentos desidratados com alto teor de lipídios, a rancificação oxidativa é a forma mais comum de deterioração química; nos alimentos com açúcares redutores ocorre o escurecimento não-enzimático ou reação de Maillard, visível em virtude da alteração na cor, outras reações químicas, como perda da vitamina C e alterações estruturais que impedem a reidratação adequada do produto, também podem ocorrer nos produtos submetidos a desidratação (FRANCO & LANDGRAF, 2004).

Embalagens laminadas são mais efetivas em relação às embalagens de polietileno no prolongamento de vida útil de sucos desidratados (ENDO et al., 2007). SILVA et al. (2005) estudando o armazenamento de polpa de umbu-cajá em pó constataram que a embalagem laminada protegeu, com maior eficiência, as amostras armazenadas em temperatura ambiente durante 60 dias. GOMES et al. (2004) ao usarem a embalagem de polietileno no armazenamento de polpa de acerola em pó durante 60 dias a temperatura ambiente, verificaram que ela não forneceu proteção satisfatória uma vez que permitiu a

troca de umidade do produto com a atmosfera ambiente, não impedindo o escurecimento da amostra.

### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

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

#### **3.1 - Matérias-primas**

Utilizaram-se neste trabalho, as seguintes matérias-primas: leite de cabra integral, produzido pela Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos do município de Cabaceiras (ASCOMCAB), localizada na Paraíba, frutos de umbu-cajá (*Spondias* spp.) adquiridos na zona rural da cidade de Araruna, na Região do Curimataú Paraibano e maltodextrina (MOR-REX<sup>®</sup> 1910 - Corn Products Brasil) com DE (dextrose equivalente) igual a 10.

#### **3.2 - Caracterização físico-química do leite de cabra integral**

O leite de cabra foi submetido, em triplicata, às seguintes análises físico-químicas: densidade, extrato seco total, pH, sólidos solúveis totais (°Brix), cinzas, acidez total titulável, lipídios, lactose e cor.

##### **3.2.1 - Densidade**

A densidade foi determinada utilizando-se um termolactodensímetro de Quevenne.

##### **3.2.2 - Extrato seco total**

A determinação do extrato seco total seguiu a metodologia do LANARA (1981).

##### **3.2.3 - pH**

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com peagômetro da marca Tecnal modelo Tec-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, com os resultados expressos em unidades de pH.

### **3.2.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix)**

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada através da leitura direta em refratômetro da marca Quimis.

### **3.2.5 - Cinzas**

O teor de cinzas foi determinado através do método descrito pelo LANARA (1981), cujo princípio se fundamenta na perda de peso, que ocorre quando o material é incinerado a 550 °C, com destruição da matéria orgânica, sem apreciável decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização.

### **3.2.6 – Acidez total titulável**

A acidez total titulável do leite de cabra, foi determinada utilizando-se a técnica de titulação com solução de NaOH padronizada (LANARA, 1981). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido láctico.

### **3.2.7 - Lipídios**

Segundo o método de Soxhlet da AOAC (1997).

### **3.2.8 - Lactose**

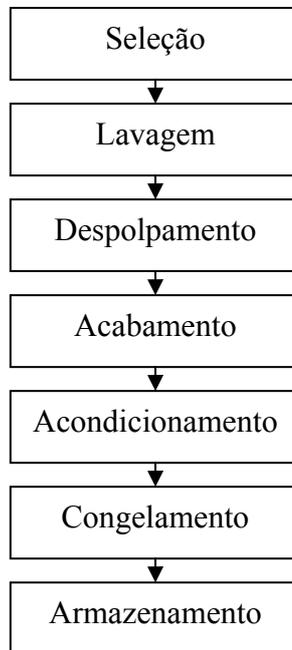
Determinada de acordo com a metodologia de BRASIL (2005).

### **3.2.9 – Cor**

A medida da cor das amostras foi determinada em colorímetro construído por MOTTA (2005), obtendo-se os valores de L\* (luminosidade), +a\* (intensidade de vermelho) e +b\* (intensidade de amarelo).

### 3.3 - Processamento do umbu-cajá

Os frutos adquiridos foram transportados ao laboratório e processados de acordo com o fluxograma da Figura 3.1.



**Figura 3.1** - Fluxograma para obtenção da polpa de umbu-cajá

#### 3.3.1 - Seleção

Os frutos foram selecionados manualmente, escolhendo-se os que estavam em perfeito estado físico, com polpa firme e cuja casca apresentava coloração com predominância da cor amarela ou totalmente amarela. Os frutos se encontravam em estágio de maturação, considerados maduros. Frutos muito maduros, verdes e danificados foram descartados.

#### 3.3.2 - Lavagem

Inicialmente, os frutos foram submetidos a uma pré-lavagem em água corrente com o intuito de eliminar o excesso de sujidades; após esta etapa, os frutos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio (50 ppm) durante 15 minutos, para desinfecção; posteriormente, foram enxaguados em água corrente para retirada do resíduo de hipoclorito e, por fim, foram secos em ambiente natural.

### **3.3.3 - Despulpamento**

Realizou-se o despulpamento com o auxílio de uma despulpadeira de marca Laboremus, separando-se a porção comestível dos frutos (polpa integral) das sementes e cascas, utilizando-se uma peneira com malha de 2,5 mm.

### **3.3.4 - Acabamento**

Obteve-se o refinamento da polpa passando-se novamente a polpa obtida na despulpadeira em uma peneira com malha de 1 mm.

### **3.3.5 - Acondicionamento**

A polpa obtida foi acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade para 500 g.

### **3.3.6 - Congelamento**

O procedimento adotado para o congelamento das polpas embaladas foi a sua imersão em nitrogênio líquido a uma temperatura de -195 °C visando, com isso, obter um congelamento rápido; a partir daí, as polpas seguiram para a etapa do armazenamento.

### **3.3.7 - Armazenamento**

A polpa foi armazenada em freezer a uma temperatura de -18 °C, aí permanecendo até o momento da realização dos experimentos.

## **3.4 – Caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá**

A polpa de umbu-cajá obtida no processamento foi submetida às seguintes análises físico-químicas: umidade, sólidos totais, pH, sólidos solúveis totais (°Brix), cinzas, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores e cor, realizadas em triplicata.

### **3.4.1 – Umidade**

A umidade das amostras foi determinada segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### **3.4.2 - Sólidos totais**

Determinaram-se os sólidos totais de acordo com a metodologia descrita em BRASIL (2005).

### **3.4.3 - pH**

Vide item 3.2.3.

### **3.4.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix)**

Vide item 3.2.4.

### **3.4.5 - Cinzas**

O resíduo por incineração foi determinado de acordo com BRASIL (2005).

### **3.4.6 - Ácido ascórbico**

Esta análise seguiu o método da AOAC (1997), modificado por BENASSI & ANTUNES (1988) no qual se substituiu o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico. Este método se baseia na titulação, empregando-se o 2,6 diclorofenol indofenol sódio que fornece a coloração azul em solução alcalina e coloração rósea em solução ácida.

### **3.4.7 - Acidez total titulável**

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

### **3.4.8 - Açúcares redutores**

A determinação dos açúcares redutores foi realizada pelo método da redução alcalina (AOAC, 1997), a qual se baseia na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Fehling. Os resultados foram expressos em porcentagem de glicose.

### **3.4.9 – Cor**

Vide item 3.2.9.

### **3.5 - Preparo das emulsões**

Elaboraram-se duas emulsões compostas de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina. As emulsões foram preparadas através da homogeneização dos componentes, até completa dissolução. A maltodextrina foi adicionada nas proporções de 10 e 15%, calculando-se este percentual sobre o peso total da mistura de leite de cabra e polpa de umbu-cajá, elaboradas em proporções fixas de 80 e 20%, respectivamente.

### **3.6 – Estudo reológico**

#### **3.6.1 - Viscosidade aparente**

As determinações das viscosidades aparentes (medidas reológicas) das emulsões foram realizadas com um viscosímetro, marca Brookfield, modelo RVT, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc. EUA., nas velocidades de rotação de 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10; 20; 50 e 100 rpm e na temperatura de 20 °C, que foi a temperatura em que as emulsões se encontravam antes de serem submetidas ao processo de secagem por aspersão.

#### **3.6.2 – Modelos reológicos**

Com os dados obtidos no viscosímetro de leituras de torque para as diferentes velocidades de rotação, calcularam-se as tensões de cisalhamento e taxas de deformação seguindo-se a metodologia de transformação dos dados de MITSCHKA (1982).

Os modelos matemáticos de Herschel-Bulkley (Equação 2.1), Ostwald-de-Waelle ou Lei da Potência (Equação 2.2), Casson (Equação 2.3) e Mizrahi & Berk (Equação 2.4) foram ajustados aos dados experimentais da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação por regressão não linear, utilizando-se o programa computacional STATISTICA.

Para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram utilizados, como critério, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculados pela Equação 3.1.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\tau_{\text{observado}} - \tau_{\text{predito}}}{\tau_{\text{observado}}} \right| \quad (3.1)$$

em que:

P - desvio percentual médio (%)

$\tau_{\text{observado}}$  - tensão de cisalhamento experimental (Pa)

$\tau_{\text{predito}}$  - tensão de cisalhamento predito pelo modelo (Pa)

n – número de dados experimentais

### **3.7 - Secagem**

Realizou-se a secagem das emulsões fazendo-se uso de um secador por aspersão (Mini Spray Dryer modelo MSD 1.0, da Labmaq do Brasil - Figura 3.2) ajustando-se a temperatura do ar de secagem para 170 °C, a vazão da bomba peristáltica de alimentação da emulsão para 0,5 L/h, a vazão do ar comprimido de 30 L/min e se utilizando um bico aspersor com diâmetro de 0,7 mm; a temperatura média na saída do secador foi de 80 °C; após a secagem, as amostras em pó foram identificadas como Formulação com 10% de maltodextrina e Formulação com 15% de maltodextrina.



**Figura 3.2** - Secador por aspersão (Labmaq MSD 1.0)

### **3.8 - Isotermas de adsorção de umidade**

As isotermas de adsorção de umidade dos dois tipos de pó (Formulações com 10 e 15% de maltodextrina) foram determinadas utilizando-se o método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais (Tabela 3.1) nas temperaturas de 30 °C. Cerca de 1 g das amostras em pó foi colocado em cadinhos (triplicata) e estes dentro de recipientes de vidro herméticos contendo as soluções saturadas de sais. O conjunto dos potes e os cadinhos, foram colocados em estufa com temperatura controlada a 30 °C onde permaneceram até as amostras atingirem o equilíbrio. As massas das amostras em pó foram pesadas diariamente até atingir o equilíbrio e, a seguir determinadas as umidades de equilíbrio.

**Tabela 3.1** - Atividade de água de soluções saturadas de sais a 30 °C

Sais	Atividade de água ( $a_w$ )
CH <sub>3</sub> COOK	0,2161
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,4317
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,5140
NaBr	0,5603
NaCl	0,7509
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,8063
KCl	0,8362
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	0,9708

Fonte: GREENSPAN (1977)

Em base seca, a umidade de equilíbrio (Equação 3.2) foi determinada pela diferença entre a massa da amostra no equilíbrio e a massa seca, determinada em estufa.

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (3.2)$$

em que:

$X_e$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$m_e$  - massa da amostra no equilíbrio (g)

$m_s$  - massa seca da amostra (g)

Os modelos de Peleg (Equação 2.5) e GAB (Equação 2.6) foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó fazendo-se uso do programa computacional STATISTICA por meio de regressão não linear pelo método de estimativa Quase-Newton.

Os critérios utilizados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro relativo ( $\varepsilon$ ), calculado por meio da Equação 3.3 e o desvio percentual médio (P), calculado usando-se a Equação 3.4.

$$\varepsilon = \frac{X_{\text{exp}} - X_{\text{predito}}}{X_{\text{exp}}} \quad (3.3)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{\text{exp}} - X_{\text{predito}})|}{X_{\text{exp}}} \quad (3.4)$$

donde:

$\varepsilon$  - erro relativo

P - desvio percentual médio (%)

$X_{\text{exp}}$  - umidade de equilíbrio obtida experimentalmente (% bs)

$X_{\text{predito}}$  - umidade de equilíbrio predita pelo modelo (% bs)

n - número de dados experimentais

### 3.9 - Armazenamento

As amostras em pó foram acondicionadas em embalagens laminadas e de polietileno e deixadas sob as condições ambientais do laboratório (similares às de um supermercado). Cada embalagem tinha aproximadamente 10 cm de largura x 10 cm de comprimento e continham 20 g da amostra. As embalagens foram termosseladas e a cada 20 dias fazia-se um acompanhamento da estabilidade, por meio da determinação de umidade, pH, cinzas, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, solubilidade, cor e lipídeos, durante 120 dias.

A embalagem laminada (Figura 3.3), com espessura total de 74  $\mu\text{m}$ , era composta de três camadas: PET cristal, com espessura de 12  $\mu\text{m}$ ; PET metal, com espessura de 12  $\mu\text{m}$  e PEBD cristal (polietileno de baixa densidade), com espessura de 50  $\mu\text{m}$ .; as taxas de permeabilidade de vapor d' água e oxigênio foram, respectivamente, iguais a 40  $\text{cm}^3/\text{m}^2$  24 h e 110g/  $\text{m}^2$  24h.

A embalagem de polietileno (Figura 3.3) se compunha de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 0,15 mm, taxa de permeabilidade de vapor d' água e oxigênio, respectivamente, iguais a 5,4  $\text{cm}^3/\text{m}^2$  24 h e 1460g/  $\text{m}^2$  24h.



**Figura 3.3** - Embalagem de polietileno e laminada

### **3.9.1 - Umidade**

Vide item 3.4.1.

### **3.9.2 - pH**

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com reconstituição da amostra usando-se 1 g da mesma em 50 mL de água destilada. O peagômetro usado era da marca Tecnal, modelo Tec-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Os resultados foram expressos em unidades de pH.

### **3.9.3 - Cinzas**

Vide item 3.4.5.

### **3.9.4 - Ácido ascórbico**

Vide item 3.4.6.

### **3.9.5 - Acidez total titulável**

Vide item 3.4.7.

### **3.9.6 - Açúcares redutores**

Vide item 3.4.8.

### **3.9.7 – Solubilidade**

A solubilidade do pó foi analisada baseada na metodologia utilizada por SANTOS et al. (2005). Para tal adicionou-se 0,5 g do pó a 50 mL de água destilada, em um erlenmeyer de 150 mL, a temperatura ambiente, e agitou-se a mistura usando uma barra magnética e agitador magnético sendo registrado o tempo requerido para o material ser dissolvido completamente. Os resultados foram expressos em minutos.

### **3.9.8 - Cor**

Vide item 3.2.9.

### **3.9.9 - Lipídios**

A fração lipídica do pó foi determinada de acordo com a metodologia de BLIGH & DYER (1959).

### **3.10 - Análise estatística**

A análise estatística dos dados experimentais das amostras foi realizada usando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.4 (SILVA & AZEVEDO, 2002).

Para os dados físico-químicos das emulsões e das formulações em pó foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

Os dados de viscosidade aparente foram avaliados em esquema fatorial 3 (amostras: polpa de umbu-cajá, emulsão com 10% de maltodextrina e emulsão com 15% de maltodextrina) X 8 (velocidades de rotação: 0,5; 1; 2,5; 5; 10; 20; 50; 100 rpm) e três repetições.

O tratamento dos dados dos parâmetros físico-químicos das amostras em pó durante o armazenamento foi feito em esquema fatorial 2 (embalagens: laminada e de polietileno) X 7 (tempos de armazenamento: 0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias) e três repetições.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Caracterização da polpa de umbu-cajá

Na Tabela 4.1 têm-se os valores médios da caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá integral.

**Tabela 4.1** – Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos da polpa de umbu-cajá integral

Parâmetro	Média e desvio padrão
Umidade (%)	87,06±0,13
Sólidos totais (%)	12,94±0,13
pH	2,72±0,02
Sólidos solúveis totais (°Brix)	12,55±0,50
Cinzas (%)	0,60±0,01
Ácido ascórbico (mg/100g)	11,83±0,53
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	2,19±0,01
Açúcares redutores (% glicose)	7,04±0,19
Luminosidade (L*)	47,04±0,05
Intensidade de vermelho (+a*)	12,23±0,09
Intensidade de amarelo (+b*)	24,17±0,22

Os teores médios da umidade e dos sólidos totais encontrados para a polpa, de 87,06 e 12,94%, respectivamente, se aproximam dos indicados por MELO (2007), que foram de 89,55 e 10,45% para a polpa de umbu-cajá de frutos adquiridos no mesmo local dos utilizados neste trabalho. SILVA (2003), trabalhando com umbu-cajá proveniente do Rio Grande do Norte, constatou valores ainda mais próximos, de 88,57 e 11,43%.

O valor do pH de 2,72 se assemelha ao obtido por TORRES (2004), igual a 2,62, em polpa de umbu-cajá oriunda do Rio Grande do Norte; nesta faixa de pH a polpa de umbu-cajá é considerada alimento muito ácido (pH < 4,0) segundo a classificação de FRANCO & LANDGRAF (2004).

O teor de sólidos solúveis totais com valor médio de 12,55 °Brix, é similar ao encontrado por MELO (2007), de 12,00 °Brix para a polpa de umbu-cajá; este valor supera os da polpa de cajá provenientes de Campina Grande, PB, estudada por CAVALCANTI

MATA & DUARTE (2003), de 9,00 °Brix, e por FERREIRA et al. (2000) para a polpa de umbu de frutos obtidos no município de Pocinhos, PB (10,03 °Brix).

O resíduo por incineração (cinzas) determinado foi de 0,60%, superior ao indicado por TORRES (2004), de 0,54% para a polpa de umbu-cajá; este teor de cinzas é pequeno em comparação com materiais ricos em minerais como, por exemplo, grãos de cevada que possuem um percentual de 2,79% (FUKE, 2007).

Para a polpa de umbu-cajá, o teor de ácido ascórbico encontrado foi de 11,83 mg/100g, valor superior ao da polpa de umbu analisada por FOLLEGATTI et al. (2003), de 7,65 mg/100g e também maior que o teor de ácido ascórbico encontrado para a polpa de cajá (5,24 mg/100g) determinada por SILVA et al. (1999); entretanto, o teor de ácido ascórbico da polpa de umbu-cajá integral é pequeno quando comparado com o de outras polpas, como a da acerola, que tem 1.360 mg/100g (YAMASHITA et al., 2003). Apesar da polpa de umbu-cajá não ser uma excelente fonte de vitamina C, pode contribuir com cerca de 26% da ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para adultos, que é de 45 mg (BRASIL, 2005b).

A acidez total titulável apresentou uma média de 2,19% de ácido cítrico, valor superior ao constatado por LIMA et al. (2002) para polpa congelada de umbu-cajá, de 1,63%.

O teor médio de açúcares redutores encontrado apresentou valor médio de 7,04% de glicose, intermediário aos encontrados por BUENO et al. (2002) para as polpas congeladas de umbu e cajá que indicaram, respectivamente, 5,7 e 8,0% de glicose.

De acordo com os parâmetros da cor, representados pela luminosidade ( $L^*=47,04$ ) e pelas coordenadas de cromaticidade intensidade de vermelho ( $+a^*=12,23$ ) e intensidade de amarelo ( $+b^*=24,17$ ) nota-se predominância da cor amarela na polpa de umbu-cajá assemelhando-se aos resultados da polpa de umbu-cajá reportados por SILVA (2003), cuja luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo foram, respectivamente, de 46,4, +4,65 e +25,50, ou seja, valores similares de luminosidade e intensidade de amarelo e diversos em intensidade de vermelho, o que pode ser atribuído a estádios de maturação distintos.

#### 4.2 – Caracterização do leite de cabra integral

Na Tabela 4.2 se encontram os valores médios da caracterização físico-química do leite de cabra integral.

O valor da densidade ( $1,0308 \text{ kg/m}^3$ ) e das cinzas (0,79%) está dentro dos padrões de qualidade para o leite de cabra que estabelece, para a densidade, um intervalo de  $1,0280 \text{ kg/m}^3$  a  $1,0340 \text{ kg/m}^3$  e, para as cinzas, um valor mínimo de 0,70% (BRASIL, 2000a). LORA et al. (2006) encontraram para a densidade e cinzas, valores de  $1,032 \text{ kg/m}^3$  e 0,80%, respectivamente.

O valor do extrato seco total, de 11,56%, é semelhante ao reportado por FONSECA (2006), que encontrou um percentual de 11,45%. BELTRÃO FILHO & FIOREZE (2000) encontraram um valor de 13,42% para o leite de cabra pasteurizado.

**Tabela 4.2** – Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físicos e químicos do leite de cabra integral

Parâmetro	Média e desvio padrão
Densidade ( $\text{kg/m}^3$ )	$1,0308 \pm 0,00$
Extrato seco total (%)	$11,56 \pm 0,00$
pH	$6,62 \pm 0,03$
Sólidos solúveis totais (°Brix)	$10,24 \pm 0,00$
Cinzas (%)	$0,79 \pm 0,00$
Acidez total titulável (%ácido láctico)	$0,12 \pm 0,01$
Lipídios (%)	$3,73 \pm 0,03$
Lactose (%)	$3,20 \pm 0,00$
Luminosidade	$58,87 \pm 0,01$
Intensidade de verde (-a*)	$-1,30 \pm 0,00$
Intensidade de azul (-b*)	$-0,14 \pm 0,00$

O valor médio obtido para o pH foi de 6,62 e, para acidez, 0,12% de ácido láctico; esses parâmetros não são contemplados pela legislação vigente BRASIL (2000a) porém, se comparados com os valores encontrados por HASS et al. (2007), de 6,79 e 0,11% de ácido láctico, se apresentam similares.

O teor de sólidos solúveis totais determinado no leite de cabra integral foi de 10,24 °Brix, valor inferior ao encontrado por MELO (2007), que foi de 12,00 °Brix.

A porcentagem de lactose determinada foi de 3,20%, quantidade inferior ao valor mínimo estipulado pela legislação (BRASIL, 2000a) e menor que o do leite de cabra cru de cabras submetidas a uma dieta com feno de aveia, com valor da lactose, segundo TORRI et al. (2004), de 4,09%. Este fato pode ter ocorrido devido a composição do leite variar de acordo com a raça, condições ambientais, estágio de lactação, estação do ano, alimentação, cuidados dispensados ao animal e estado de saúde da cabra (JARDIM, 1984).

O teor de lipídios do leite de cabra integral foi de 3,73%, percentual menor que o demonstrado por BELTRÃO FILHO & FIOREZE (2000), de 4,50% para o leite de cabra pausterizado. PRATA et al. (1998) encontraram, para amostras de leite de cabra de animais da raça Saanen, o valor de 3,74%. Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2000a), o percentual de lipídios do leite de cabra integral deve conservar o seu teor original, sem citar valor de referência.

Para os dados associados à cor do leite, a luminosidade mostrou o valor de 58,87, enquanto a intensidade de verde e azul apresentou, respectivamente, os valores de -1,30 e -0,14. O parâmetro de cor  $L^*$  (luminosidade) das amostras, pode variar de 0 a 100; os valores mais altos de  $L^*$  (próximos de 100) caracterizam as amostras mais claras e os menores valores de  $L^*$  (menores que 50) evidenciam amostras mais escuras. A coordenada cromática  $a^*$  está associada à dimensão verde-vermelho; valores positivos de  $a^*$  indicam amostras mais avermelhadas, valores negativos de  $a^*$  se referem a amostras mais verdes. A coordenada cromática  $b^*$  está associada à dimensão azul-amarelo; valores positivos de  $b^*$  apontam amostras mais amareladas e valores negativos de  $b^*$  indicam amostras mais azuladas (COHEN et al., 2005).

### **4.3 - Caracterização das emulsões**

Nas Tabelas A.1 a A.11 (Apêndice A) se encontram as análises de variância dos parâmetros avaliados entre as emulsões. Observa-se que o fator avaliado (concentração de maltodextrina) foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os parâmetros umidade, sólidos totais, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, açúcares redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, enquanto as análises de variância para o fator avaliado dos parâmetros pH, teor de cinzas e acidez total titulável, não foram significativas pelo teste F.

A Tabela 4.3 apresenta os valores médios da caracterização físico-química das emulsões mantendo concentrações fixas para o leite de cabra integral (80%) e polpa de

umbu-cajá (20%) e variável de maltodextrina, com concentrações de 10 e 15% sobre a massa de leite mais polpa.

Os valores da umidade determinados para as emulsões com 10 e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, de 79,52 e 75,61%, médias estas estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Com o aumento da concentração de maltodextrina ocorreu redução do conteúdo de água, como previsto, sendo esta de 3,91%. OLIVEIRA (2006b) ao analisar uma bebida láctea composta de soro de queijo, leite integral, polpa de morango, ferro e cultura láctica, encontrou um valor de umidade de 83,16%.

Os sólidos totais determinados foram de 20,48% para a emulsão com 10% de maltodextrina e de 24,39% para a emulsão com 15% de maltodextrina estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. OLIVEIRA (2006a) encontrou, para a polpa de pitanga formulada com 15% de maltodextrina, uma quantidade de sólidos totais igual a 14,60%. Desta forma, referidas emulsões, quando submetidas a secagem por aspersão, provavelmente produzirão quantidade maior de pó em razão de possuírem maior teor de sólidos totais.

**Tabela 4.3** – Valores médios dos parâmetros físico-químicos das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

<b>Parâmetro</b>	<b>Emulsão com 10% de maltodextrina</b>	<b>Emulsão com 15% de maltodextrina</b>
Umidade (%)	79,52a	75,61b
Sólidos totais (%)	20,48b	24,39a
pH	4,44a	4,33a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	16,00b	22,88a
Cinzas (%)	0,52a	0,54a
Ácido ascórbico (mg/100g)	1,41a	1,08b
Acidez total titulável (% ác. cítrico)	0,35a	0,34a
Açúcares redutores (%glicose)	4,57b	4,95a
Luminosidade (L*)	60,87a	58,34b
Intensidade de vermelho (+a*)	2,77b	3,43a
Intensidade de amarelo (+b*)	11,35b	11,44a

O pH obtido para as duas emulsões foi, respectivamente, de 4,44 e 4,33, valores considerados estatisticamente iguais significando que o aumento da concentração de 10% para 15% de maltodextrina não influenciou o pH das emulsões. Constatou-se, com a mistura dos componentes das formulações, que os valores do pH das emulsões se mantiveram entre o pH do leite de cabra (6,62) e o pH da polpa de umbu-cajá (2,72), como previsto, resultando em valores próximos da média. DRUNKLER et al. (2001) encontraram, para o iogurte com leite de cabra e 0,4% de betaciclodextrina, um pH de 4,16.

Os sólidos solúveis totais foram de 16,00 °Brix e 22,88 °Brix para as emulsões com 10 e 15% de maltodextrina, respectivamente, valores superiores aos encontrados para o leite de cabra (10,24 °Brix) e para a polpa de umbu-cajá (12,55 °Brix), sendo estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. CAVALCANTI et al. (2006) ao analisarem bebidas lácteas notaram que o teor médio para os sólidos solúveis totais variou de 13,26 °Brix a 26,30 °Brix.

Os teores de cinza para as emulsões com 10 e 15% de maltodextrina, foram de 0,52 e 0,54%, considerados estatisticamente iguais a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, significando que o aumento da concentração de maltodextrina não influenciou na quantidade de minerais das emulsões analisadas. O teor de minerais das emulsões resultou em valores inferiores aos do leite de cabra (0,79%) e da polpa de umbu-cajá (0,60%), em razão da maltodextrina, por não conter minerais, contribuir apenas para reduzir, proporcionalmente, a concentração de cinzas em relação à massa total da amostra. MELO (2007) encontrou, para emulsões elaboradas com as mesmas concentrações de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina, percentuais de cinzas menores (Emulsão com 10% de maltodextrina – cinzas = 0,40%; Emulsão com 15% de maltodextrina – cinzas = 0,41%) que os determinados neste trabalho, sinal de que existe uma variação natural na composição do leite de cabra e dos frutos do umbu-cajá, dependendo do local de produção, época do ano e condições climáticas, dentre outros fatores.

As quantidades de ácido ascórbico nas emulsões com 10 e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, de 1,41 e 1,08 mg/100g, sendo estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e inferiores ao valor determinado na polpa de umbu-cajá integral (11,83 mg/100g), que é o componente das emulsões que contribui com o maior percentual de ácido ascórbico. O valor do ácido ascórbico na emulsão com 10% de maltodextrina foi maior que na emulsão com 15%, já esperado em razão da redução proporcional do teor de polpa em relação à massa da amostra. SANTANA et al. (2003), ao prepararem uma formulação de sorvete composta de sacarose (15%), leite em pó integral

(4%), polpa de mamão (50%), água (30%), emulsificante goma guar (0,50%) e goma arábica (0,50%) notaram que os valores do ácido ascórbico foram aproximadamente 50% dos valores encontrados para a fruta *in natura*.

Os valores da acidez total titulável para as emulsões com 10 e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, de 0,35 e 0,34% de ácido cítrico, sendo considerados estatisticamente iguais a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. GOUVEIA (2007) determinou, ao analisar uma formulação composta de polpa de pinha (25%) e leite integral (75%) um percentual de acidez de cerca de 0,27% de ácido cítrico.

Os açúcares redutores das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, de 4,57 e 4,95% de glicose, e estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Este aumento dos açúcares redutores com o aumento da concentração de maltodextrina era previsto em virtude de se tratar de mistura de sacarídeos (carboidratos); conseqüentemente, o aumento da sua concentração acarreta aumento dos açúcares. MELO (2007) encontrou, para as mesmas emulsões utilizadas neste trabalho, valores de 4,88% de glicose para a emulsão com 10% de maltodextrina e 5,07% de glicose para a emulsão com 15% de maltodextrina.

Os parâmetros da cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) das amostras em estudo, diferiram estatisticamente entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Os valores da luminosidade acima de 50 indicam que se trata de amostras com tendência a serem mais claras, como de fato foi observado; a intensidade de vermelho (+a\*) e a intensidade de amarelo (+b\*) com os valores respectivamente de +2,77 e +11,35, mostram predominância da cor amarela.

#### **4.4 - Caracterização das formulações**

Nas Tabelas B.1 a B.11 (Apêndice B) se encontram as análises de variância dos parâmetros avaliados para as formulações em pó; nota-se que houve efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade para a fonte de variação avaliada, local de coleta da amostra (câmara de secagem e ciclone) com exceção apenas para o ácido ascórbico.

Na Tabela 4.4 se tem os valores médios da caracterização físico-química das formulações (amostras em pó desidratadas no secador por aspensão) contendo concentração fixa para o leite de cabra integral (80%) e para a polpa de umbu-cajá (20%) e variável de maltodextrina com duas concentrações, 10 e 15%.

**Tabela 4.4** – Caracterização físico-química das formulações com 10 e 15% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Parâmetro	Formulação com 10%		Formulação com 15%	
	de maltodextrina		de maltodextrina	
	Câmara	Ciclone	Câmara	Ciclone
Rendimento (%)	7,18	3,07	10,50	4,29
Umidade (%)	4,67b	6,38a	3,70c	4,58b
pH	4,80c	4,79c	4,91a	4,86b
Cinzas (%)	3,63a	2,92b	2,46c	2,36c
Ácido ascórbico (mg/100g)	10,58a	9,88ab	9,72ab	9,19b
Acidez total titulável (% ác. cítrico)	1,69b	1,86a	1,40c	1,36c
Açúcares redutores (% glicose)	19,63b	20,55a	19,61b	18,73c
Solubilidade (min)	4,94a	3,00b	5,13a	4,83a
Luminosidade (L*)	66,41b	86,90a	69,72b	87,13a
Intensidade de vermelho (+a*)	11,42a	5,69c	9,18b	5,37d
Intensidade de amarelo (+b*)	18,10a	10,09c	13,29b	7,82d
Lipídios (%)	14,78a	12,63b	10,93c	9,64c

Os rendimentos médios dos pós obtidos com as formulações com 10 e 15% de maltodextrina, coletados na câmara de secagem, foram de 7,18 e 10,50%, respectivamente; para as amostras das formulações com 10 e 15% de maltodextrina coletadas no ciclone os rendimentos médios foram de 3,07 e 4,29%, respectivamente. Assim, como esperado, os rendimentos para as amostras com 15% de maltodextrina foram maiores que os das amostras com 10%, em razão do teor de sólidos totais ser superior, resultando em maior quantidade de pó; constata-se, também, que os maiores rendimentos se referem às amostras coletadas na câmara de secagem, comportamento este previsível, já que o ciclone tem como função, reter as partículas finas.

Os valores médios encontrados para a umidade foram estatisticamente iguais entre a Formulação com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e a Formulação com 15% de maltodextrina coletada no ciclone. Nas duas Formulações os valores da umidade das amostras coletadas na câmara de secagem foram inferiores aos das amostras coletadas no ciclone, cujo comportamento ocorreu, provavelmente, em razão do material na câmara ter permanecido mais tempo exposto a temperaturas mais altas que as amostras no ciclone. Comparando-se os valores da umidade entre os mesmos locais de coleta das

amostras em pó, verifica-se que as umidades da Formulação com 15% de maltodextrina foram inferiores às da Formulação com 10% de maltodextrina; uma hipótese para este comportamento seria que, em razão do teor de sólidos totais ser superior na amostra com 15% de maltodextrina durante a secagem, existe uma evaporação maior do teor de água.

As umidades das formulações estão na mesma faixa de valores encontrados na literatura para produtos desidratados em secadores por aspersão. RIGUETTO (2003) ao estudar as características da acerola verde produzida por atomização usando uma temperatura do ar de entrada de 120 °C obteve, para uma formulação composta de 25% de maltodextrina e 25% de goma arábica, uma umidade de 4,4%. ABURTO et al. (1998) empregando uma temperatura do ar de entrada de 180 °C na microencapsulação de óleo essencial de laranja usando 10% de goma arábica e 36% de maltodextrina, encontraram uma umidade de 3,0%.

Para o pH tem-se que as amostras da Formulação com 10% de maltodextrina para ambos os pontos de coleta, não diferem estatisticamente entre si, fato inverso, ocorre para a Formulação com 15% de maltodextrina. O maior valor do pH da Formulação com 15% de maltodextrina foi da amostra coletada na câmara de secagem, possivelmente em razão da amostra se alterar mais devido ao maior tempo de exposição a temperaturas mais elevadas. A mesma constatação foi feita por MELO (2007) para formulações em pó à base de leite de cabra, umbu-cajá e maltodextrina. Verifica-se, ainda, que as amostras da Formulação com 15% de maltodextrina tiveram os valores de pH superiores aos da Formulação com 10% de maltodextrina, fato esperado em razão da maior concentração de maltodextrina contribuir para o aumento do pH.

Com relação às cinzas, os valores para os diferentes pontos de coleta foram estatisticamente iguais para a Formulação com 15% de maltodextrina, enquanto na Formulação com 10% deste aditivo os valores foram estatisticamente diferentes; esta diferença entre cinzas das amostras da Formulação com 10% de maltodextrina se deve provavelmente, ao teor de umidade, já que os locais de coleta da amostra não interferem no teor de cinzas das amostras. DINIZ et al. (2005) analisando o comportamento da beta-ciclodextrina adicionada ao leite de cabra submetido a secagem por aspersão encontraram, para as cinzas, um valor muito superior, ou seja, de 5,75%.

De acordo com os valores médios encontrados para o ácido ascórbico, nota-se que tanto para a Formulação com 10% de maltodextrina como para a Formulação com 15% para ambos os pontos de coleta, os valores foram estatisticamente iguais; além disso, comparando-se os valores do ácido ascórbico entre os mesmos locais de coleta dos pós se

verifica também que não existe diferença significativa entre as médias. OLIVEIRA (2006a) notou, para pitanga em pó obtida em secador por aspersão, que para a formulação composta de polpa de pitanga adicionada de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada nos mesmos pontos de coleta, apresentou valores estatisticamente iguais. Constatou-se apenas uma diferença significativa no teor de ácido ascórbico entre a amostra da Formulação com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e a amostra coletada no ciclone da Formulação com 15% de maltodextrina esta última apresentando o menor valor devido, provavelmente, à maior quantidade de maltodextrina da Formulação com 15% de maltodextrina.

Na acidez total titulável os valores médios para a formulação com 15% de maltodextrina foram iguais estatisticamente; fato contrário ocorreu para a formulação com 10% de maltodextrina. OLIVEIRA et al. (2006) observaram, para a polpa de pitanga em pó coletada na câmara de secagem e no ciclone que, não houve diferença estatística; além de que a formulação com 15% de maltodextrina indicou os menores teores de acidez, motivados pela maior quantidade de maltodextrina.

O teor de açúcares redutores resultou em valores médios estatisticamente iguais para a amostra coletada na câmara de secagem da formulação com 10% de maltodextrina e a amostra coletada na câmara com 15% de maltodextrina. MELO (2007) notou para as amostras em pó elaboradas com leite de cabra e polpa de umbu-cajá, que os valores para a formulação com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e a formulação com 15% de maltodextrina coletada no ciclone, foram iguais estatisticamente o mesmo ocorrendo para a formulação com 15% de maltodextrina coletada na câmara e o material coletado no ciclone da formulação com 10% deste aditivo.

Os valores da solubilidade entre a câmara de secagem da formulação com 10 e 15% de maltodextrina e os resultados do ciclone da formulação com 15% de maltodextrina, foram considerados estatisticamente iguais. Tempos semelhantes para a solubilidade foram determinados por SANTOS et al. (2005) para microcápsulas de oleoresina de páprica, obtidas por atomização usando-se como agentes encapsulantes goma arábica e grânulos porosos de amido, tendo-se verificado que os pós obtidos com ambos os materiais de parede empregados no processo de microencapsulação se dissolveram completamente após 5 minutos sob agitação mecânica em óleo, água e etanol.

Nos parâmetros relacionados à cor, tem-se que a luminosidade entre as amostras com 10 e 15% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem não apresentou diferenças estatísticas; da mesma forma, os valores da luminosidade entre as amostras com 10 e 15%

de maltodextrina coletadas no ciclone também são estatisticamente iguais, porém para uma mesma formulação os valores da luminosidade entre a amostra coletada na câmara e no ciclone são estatisticamente diferentes, fato relacionado principalmente ao efeito do tempo de exposição a temperaturas mais elevadas. Todos os valores encontrados para a intensidade de vermelho (+a\*) e de amarelo (+b\*) foram estatisticamente diferentes com relação à formulação e aos pontos de coleta.

Os valores médios dos lipídios entre os pontos de coleta para a formulação com 15% de maltodextrina são estatisticamente iguais, o que não ocorre quando se observa a formulação com 10% de maltodextrina. A maior proporção de lipídios da amostra coletada na câmara para a formulação com 10% de maltodextrina se deve, provavelmente, ao menor teor de umidade. DINIZ et al. (2005), analisando o comportamento da beta-ciclodextrina adicionada ao leite de cabra submetido ao processo de desidratação em secador por aspersão, encontraram um valor superior para os lipídios, de 30,75g/100g.

#### **4.5 – Estudo reológico**

##### **4.5.1 - Viscosidade aparente**

Tem-se, na Tabela 4.5, os valores médios das viscosidades aparentes da polpa de umbu-cajá integral e das emulsões elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (10 e 15%).

Observa-se, para a polpa de umbu-cajá integral, que a viscosidade aparente diminuiu significativamente com o aumento da velocidade de rotação, exceto entre as velocidades de 50 e 100 rpm, em que as viscosidades são estatisticamente iguais, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade; para a emulsão com 10% de maltodextrina também houve tendência de diminuição da viscosidade com o aumento da velocidade de rotação, entretanto, menos pronunciada em razão de não existir diferenças significativas entre os valores médios nas velocidades de 5 e 10 rpm, e entre as velocidades de 10, 20, 50 e 100 rpm; para a emulsão com 15% de maltodextrina, ocorreu o maior número de viscosidades estatisticamente iguais, verificando-se igualdade entre as velocidades de 2,5 e 5 rpm e entre as velocidades de 5, 10, 20, 50 e 100 rpm.

Tem-se, entre as velocidades de 0,5 e 100 rpm, reduções nos valores das viscosidades aparentes, de 98,3; 98,6 e 97,8% para a polpa de umbu-cajá integral, para a

emulsão com 10% de maltodextrina e para a emulsão com 15% de maltodextrina, respectivamente.

Com relação às diferenças entre as amostras, constata-se, para as velocidades de rotação 0,5 até 2,5 rpm, que as três amostras mostraram viscosidades aparentes estatisticamente diferentes, com a polpa de umbu-cajá indicando os maiores valores, e a emulsão com 15% de maltodextrina, os menores valores. Para as velocidades de rotação de 5 a 100 rpm não existem diferenças significativas quanto aos valores das viscosidades entre as duas emulsões.

Valores superiores foram encontrados por TORRES et al. (2004) ao determinarem as viscosidades aparentes a 20 °C da polpa de umbu-cajá concentrada (24 °Brix), para velocidades de rotação entre 1 e 100 rpm, comportamento este esperado em razão do teor de sólidos solúveis totais influenciar a viscosidade aparente.

EVANGELISTA et al. (2003), encontraram, ao determinarem a viscosidade aparente da polpa de umbu integral (10 °Brix) a 20 °C nas velocidades de rotação de 1, 10 e 20 rpm, valores de 44,720; 8,928 e 5,040 Pa s, respectivamente, superiores aos da polpa de umbu-cajá, no presente trabalho.

**Tabela 4.5** - Valores médios da viscosidade aparente (Pa s) a 20 °C das diferentes amostras

Velocidade de rotação (rpm)	Viscosidade aparente (Pa s)		
	Polpa de umbu-cajá	Emulsão com 10% de maltodextrina	Emulsão com 15% de maltodextrina
0,5	51,27 aA	9,01 aB	4,89 aC
1	32,30 bA	4,77 bB	3,32 bC
2,5	15,87 cA	2,11 cB	1,21 cC
5	8,93 dA	1,19 dB	0,75 cdB
10	4,83 eA	0,67 deB	0,42 dB
20	2,84 fA	0,39 eB	0,26 dB
50	1,41 gA	0,20 eB	0,14 dB
100	0,85 gA	0,13 eB	0,11 dB

MG = 6,16 Pa s; CV = 6,33; DMS para colunas = 0,69; DMS para linhas = 0,54

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação e DMS: Diferença mínima significativa

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

O valor da viscosidade aparente na velocidade de rotação de 0,5 rpm da emulsão com 10% de maltodextrina é próximo ao determinado por GRANGEIRO et al. (2007) para a polpa concentrada de figo-da-índia (16 °Brix) a 20 °C, que foi de 10,27 Pa s.

#### **4.5.2 – Modelos reológicos**

Tem-se, na Tabela 4.6, os parâmetros dos modelos de Lei da Potência ou Ostwald-de-Waele, Herschel–Bulkley, Mizrahi–Berk e Casson, ajustados aos reogramas da polpa de umbu-cajá integral e das emulsões elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá com diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 15%).

Para os dois tipos de emulsão, o modelo que melhor se ajustou aos dados da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, foi o de Mizrahi–Berk, em virtude de ter apresentado os maiores valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os menores desvios percentuais médios. Para a polpa de umbu-cajá o maior  $R^2$  foi do modelo de Herschel–Bulkley e o menor P foi do modelo de Mizrahi–Berk, com esses resultados e se observando o  $R^2$  do modelo de Mizrahi–Berk, também acima de 0,99, deve-se eleger este modelo como o melhor para o ajuste do reograma da polpa de umbu-cajá. PELEGRINE et al. (2002) ao ajustarem vários modelos aos reogramas da polpa de abacaxi e manga também elegeram o modelo de Mizrahi–Berk como o melhor.

De maneira geral, todos os modelos avaliados podem ser usados para estimar os reogramas da polpa de umbu-cajá e das diferentes emulsões, haja vista apresentarem valores de  $R^2$  acima de 0,93 e de  $P < 10\%$ , exceto o modelo Lei da Potência, que apresentou valores de  $P > 10\%$  para a emulsão com 15% de maltodextrina.

Analisando-se os índices de consistência ( $K$ ,  $K_H$ ,  $K_M$ ) dos diferentes modelos, constata-se que os valores para a polpa de umbu-cajá foram maiores que os das demais amostras, fato previsto em razão de, na composição das emulsões, haver um terceiro ingrediente (leite de cabra), responsável pela diminuição da concentração da polpa integral. O valor de  $K_M$  da polpa de umbu-cajá integral foi semelhante ao valor determinado por FERREIRA et al. (2002) para a polpa de goiaba vermelha integral (4,80 °Brix), ou seja, de 2,1174 Pa s.

Em referência aos índices de comportamento dos fluidos ( $n$ ,  $n_H$ ,  $n_M$ ) tem-se que todos os valores calculados estão abaixo de um (1), significando que as amostras são classificadas como fluido não-newtoniano com comportamento pseudoplástico. Diversos tipos de polpa de frutas nativas do Brasil ou cultivadas no Nordeste, também são

classificados como fluidos pseudoplásticos, dentre elas se tem a polpa do cupuaçu (CABRAL et al., 2002), polpa de umbu (EVANGELISTA et al., 2003), polpa de abacaxi e manga (PELEGRINE et al., 2002), polpa de goiaba (FERREIRA et al., 2002) e a polpa de açaí (PEREIRA et al., 2003). De acordo com SILVA et al. (2005b) o valor do índice de comportamento do fluido indica o grau de pseudoplasticidade de sucos de frutas, de forma que, quanto mais afastado se encontra da unidade, maior a pseudoplasticidade do produto; com base nesta citação, constata-se que a polpa de umbu-cajá é mais pseudoplástica que as emulsões.

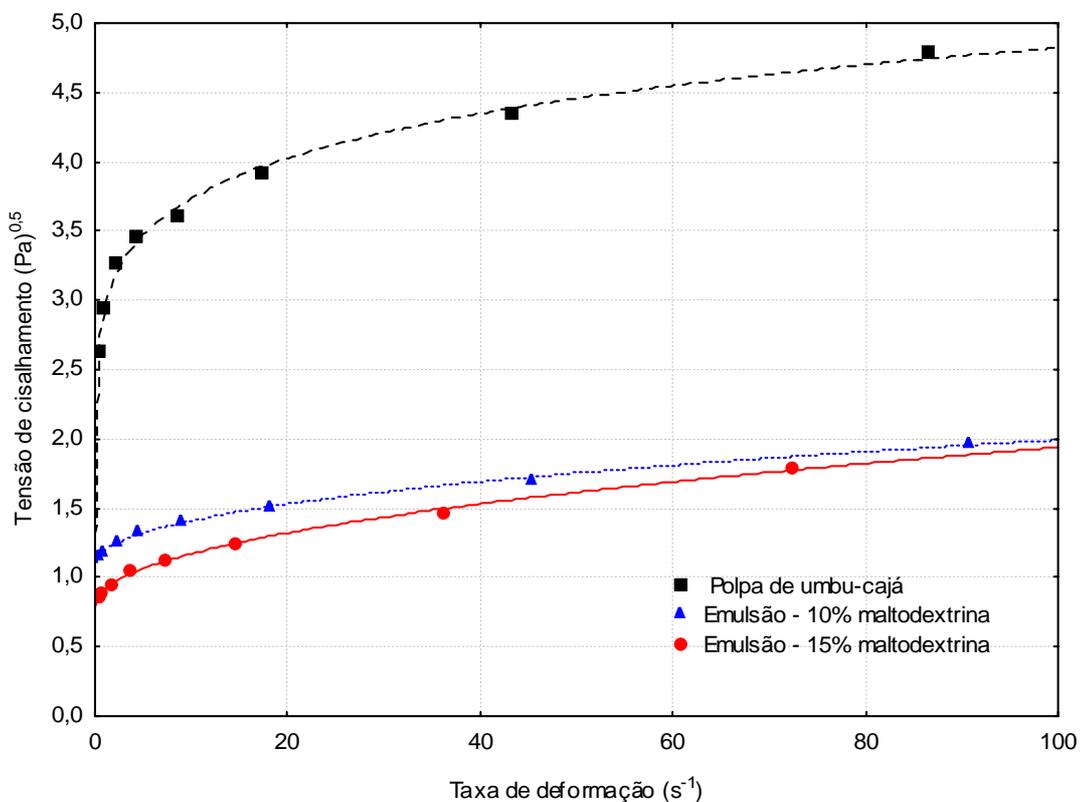
**Tabela 4.6** - Parâmetros de ajuste de diferentes modelos, coeficientes de determinação e desvios percentuais médios

Modelo	Parâmetro	Temperatura = 20 °C		
		Polpa de umbu-cajá	Emulsão com 10% de maltodextrina	Emulsão com 15% de maltodextrina
Lei da Potência	K (Pa s <sup>n</sup> )	8,5737	1,2957	0,7099
	n	0,2153	0,2260	0,3341
	R <sup>2</sup>	0,9913	0,9500	0,9544
	P (%)	3,54	7,86	11,81
Herschel–Bulkley	τ <sub>0H</sub> (Pa)	2,8834	1,2370	0,7047
	K <sub>H</sub> (Pa s <sup>n</sup> )	5,8285	0,2017	0,1359
	n <sub>H</sub>	0,2739	0,5666	0,6764
	R <sup>2</sup>	0,9929	0,9973	0,9953
	P (%)	3,56	1,94	2,67
Mizrahi–Berk	K <sub>0M</sub> (Pa) <sup>0,5</sup>	0,8435	1,0715	0,7836
	K <sub>M</sub> (Pa <sup>0,5</sup> s <sup>n</sup> )	2,1012	0,1256	0,1296
	n <sub>M</sub>	0,1387	0,4329	0,4751
	R <sup>2</sup>	0,9914	0,9979	0,9964
	P (%)	1,75	0,75	1,15
Casson	K <sub>0C</sub> (Pa) <sup>0,5</sup>	2,8233	1,1158	0,8006
	K <sub>C</sub> (Pa s) <sup>0,5</sup>	0,2276	0,0897	0,1152
	R <sup>2</sup>	0,9372	0,9963	0,9962
	P (%)	4,37	1,05	1,38

A constante  $K_{0M}$  do modelo de Mizrahi–Berk, representa a raiz quadrada da tensão inicial, a qual é a tensão necessária para a amostra iniciar o escoamento (VIDAL et al., 2004); tem-se, então, que a emulsão com 10% possui tensão inicial maior que as demais amostras.

O parâmetro  $K_{0C}$  do modelo de Casson para a polpa de umbu-cajá integral se situou próximo ao determinado por QUEIROZ et al. (2004) para o suco de cupuaçu, de  $3,57839 \text{ Pa}^{0,5}$ .

Na Figura 4.1 encontram-se as curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação (reograma) da polpa de umbu-cajá integral e das emulsões elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina, em diferentes concentrações (10 e 15%) com ajuste pelo modelo de Mizrahi–Berk, determinadas a  $20^\circ\text{C}$ . Os reogramas dos três tipos de amostra com ajustes pelos modelos da Lei da Potência ou Ostwald-de-Waelle, Herschel–Bulkley e Casson, se acham no Apêndice C. Observa-se, para uma taxa de deformação fixa, que as maiores tensões de cisalhamento são da polpa de umbu-cajá integral, seguida da emulsão com 10% de maltodextrina e, por último, da emulsão com 15% de maltodextrina demonstrando-se, graficamente, as maiores viscosidades da polpa de umbu-cajá integral.



**Figura 4.1** - Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das diferentes amostras a  $20^\circ\text{C}$ , com ajuste pelo modelo de Mizrahi–Berk

#### **4.6 – Isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó**

Na Tabela 4.7 se tem os valores experimentais das umidades de equilíbrio das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina para cada atividade de água ( $a_w$ ) correspondente, determinados a 30 °C. Nota-se nas duas amostras, que a umidade de equilíbrio aumentou com o aumento da atividade de água e que, na maioria dos casos, as umidades de equilíbrio para o mesmo nível de  $a_w$  na amostra com 15% de maltodextrina, apresentaram valores inferiores aos da amostra com 10% de maltodextrina, significando que a amostra com maior concentração de maltodextrina é menos higroscópica. MELO (2007) ao determinar as isotermas de adsorção de umidade com as mesmas formulações - compostas de leite de cabra, umbu-cajá e maltodextrina, para diferentes condições de operação do secador por aspersão, verificou que a 30 °C as umidades de equilíbrio das amostras em pó coletadas na câmara de secagem foram superiores às determinadas neste trabalho, cujo comportamento indica que as condições de operação do secador por aspersão influenciam no comportamento higroscópico das amostras desidratadas. Segundo BELGHITH et al. (2001), diferentes parâmetros influenciam a qualidade do pó obtido no secador por aspersão, dentre eles, a natureza do produto, concentração da matéria seca, temperaturas do ar de secagem na entrada e na saída do secador, temperatura no recipiente de coleta do pó e vazão do líquido.

Constata-se, que para umidades relativas entre 20 e 40% a 30 °C, que se deve ter bastante cuidado ao armazenar ou manusear as referidas amostras em pó em razão do aumento da umidade das amostras nessas condições ser superior a 50%, o que pode levar ao desencadeamento de reações químicas indesejáveis e/ou ao desenvolvimento de microrganismos; tal comportamento também foi mencionado por FERREIRA & PENA (2003) ao determinarem as isotermas de adsorção de umidade da farinha de pupunha.

Valor superior de umidade de equilíbrio, da ordem de 37,35% bs, para uma atividade de água de 0,98, foi encontrado por GUERRA et al. (2005) ao ajustarem o modelo de GAB à isoterma de adsorção de umidade, determinada a 25 °C, do leite bubalino em pó.

**Tabela 4.7** - Valores experimentais da umidade de equilíbrio ( $X_e$ ) das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador

<b>Temperatura = 30 °C</b>			
<b>10% de maltodextrina</b>		<b>15% de maltodextrina</b>	
$a_w$	$X_e$ (% bs)	$a_w$	$X_e$ (% bs)
0,2161	4,3326	0,2161	3,4322
0,4317	7,4808	0,4317	6,1371
0,5140	8,8522	0,5140	7,3218
0,5603	10,5007	0,5603	9,5484
0,7509	13,7126	0,7509	14,4391
0,8063	16,2362	0,8063	15,5940
0,8362	19,5502	0,8362	16,4132
0,9708	22,5172	0,9708	21,6220

Na Tabela 4.8 se encontram os parâmetros dos modelos de GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água, a 30 °C, das formulações com 10 e 15% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem. Verifica-se que os dois modelos podem representar as isotermas de adsorção das amostras em pó, em razão de terem apresentado coeficientes de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,97 e desvios percentuais médios (P) abaixo de 10%. GOULA et al. (2008) também notaram que os modelos de GAB e Peleg podem ser utilizados para estimar com precisão as isotermas de adsorção de água da polpa de tomate em pó, seca em secador por aspersão. Dentre os dois modelos, o de Peleg se ajustou melhor, com os maiores  $R^2$  e os menores valores de P.

Com o modelo de GAB determinou-se a umidade na camada monomolecular ( $X_m$ ) e, segundo ARSLAN & TOGRUL (2006) este modelo é considerado um dos melhores para se determinar as condições de umidade ótima para uma boa estabilidade da amostra durante o armazenamento, em especial para alimentos desidratados. A umidade na monocamada dá uma indicação do número total de grupos polares ligados à água e ao nível da hidratação na qual a mobilidade de pequenas moléculas se torna aparente, sendo seu valor indicativo do teor de umidade mais estável para os alimentos (RAO et al., 2006). Constata-se, com relação ao parâmetro  $X_m$ , que o aumento da concentração de

maltodextrina proporcionou aumento no valor de  $X_m$ . O valor de  $X_m$  para a amostra com 10% de maltodextrina está próximo ao valor determinado por GABAS et al. (2007) para o abacaxi em pó, com 18% de maltodextrina, que foi de 9,42% (bs). Para a formulação em pó com 15% de maltodextrina o valor de  $X_m$  é superior ao estabelecido por ALEXANDRE et al. (2007) na mesma temperatura, para a pitanga em pó, que foi de 24,7405% (bs).

A constante C do modelo de GAB está relacionada ao calor de sorção na monocamada. Para a formulação em pó com 10% de maltodextrina, o valor de C é próximo ao valor de 3,123 determinado a 35 °C por RAO et al. (2006) para um produto lácteo tradicional da Índia, denominado *Chhana podo*, obtido a partir da coagulação ácida do leite.

O parâmetro K do modelo de GAB proporciona a medida das interações entre as moléculas nas multicamadas com o adsorvente e tende a um valor situado entre o valor da energia das moléculas na monocamada e a água líquida (GABAS et al., 2007). K pode também ser mencionado como fator relacionado ao calor de sorção das multicamadas (SABLANI et al., 2004). A constante K para as formulações do presente trabalho variou entre 0,45 e 0,61, valores esses inferiores ao valor determinado por TELIS & SOBRAL (2001) para o abacaxi liofilizado, que foi de 0,815. Valores de K superiores (0,91-0,97) foram encontrados por ABRAMOVIC & KLOFUTAR (2002) ao ajustarem o modelo de GAB às isotermas determinadas a 25 °C, de maltodextrinas com várias dextroses equivalentes.

O modelo empírico de quatro parâmetros ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$ ) de Peleg, o qual possui duas potências, preconiza que os parâmetros  $n_1 < 1$  e  $n_2 > 1$  (PELEG, 1993); desta forma, as duas amostras em pó avaliadas no presente trabalho estão de acordo.

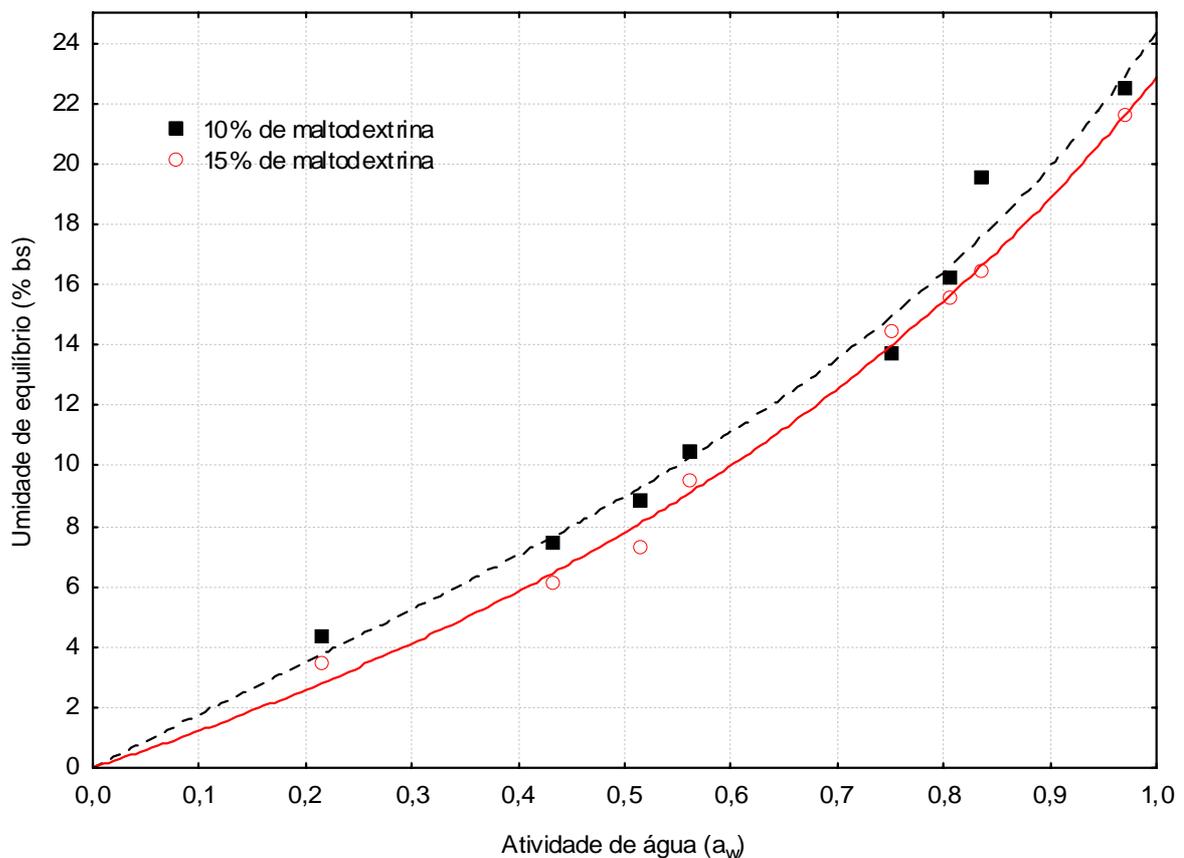
**Tabela 4.8** – Parâmetros dos modelos de GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador

Modelo	Parâmetros	Temperatura = 30 °C	
		10% de maltodextrina	15% de maltodextrina
GAB	$X_m$	11,9157	30,2424
	$C$	2,5059	0,8475
	$K$	0,6102	0,4536
	$R^2$	0,9772	0,9943
	$P$ (%)	4,06	5,32
Peleg	$k_1$	6,9385	0,2345
	$n_1$	0,3794	-1,3010
	$k_2$	17,1266	22,2707
	$n_2$	2,3345	1,6778
	$R^2$	0,9799	0,9962
	$P$ (%)	3,84	2,62

A Figura 4.2 engloba as isotermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de GAB. Graficamente se verifica a umidade de equilíbrio, nas duas amostras, aumentando com o aumento da atividade de água, para temperatura constante, além de que, para uma mesma atividade de água, a formulação em pó com 10% de maltodextrina adsorve mais água que a formulação com 15% de maltodextrina, indicando que o aumento da concentração de maltodextrina à formulação proporciona uma higroscopicidade menor. Comportamento este semelhante ao verificado por SILVA et al. (2006) ao compararem as isotermas de adsorção de umidade a 25 °C da polpa de camu-camu liofilizada com e sem adição de maltodextrina.

De acordo com SINIJA & MISHRA (2008) a forma típica de uma isoterma reflete a maneira pela qual a água está ligada ao sistema e o método de secagem influencia as propriedades de adsorção de umidade de um produto em pó (TSAMI et al., 1999; HUBINGER et al., 1992). As isotermas das formulações em pó são do Tipo III, de acordo com a classificação de BRUNAUER et al. (1940). GUERRA et al. (2005) também

classificaram as isothermas do leite bubalino em pó como sendo do Tipo III mas, de conformidade com a classificação citada por BLAHOVEC et al. (2004) a isoterma de adsorção de umidade da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara do secador é do tipo II, em razão dos parâmetros do modelo de GAB estarem dentro da faixa  $0 < K \leq 1$  e  $C > 2$ ; já para a isoterma de adsorção de umidade da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara do secador se confirma que é do tipo III ( $0 < K \leq 1, 0 \leq C \leq 2$ ) segundo BLAHOVEC et al. (2004); nota-se, então, que dependendo da fonte consultada, as isothermas são classificadas diferentemente.



**Figura 4.2** - Isothermas de adsorção de umidade a 30 °C das formulação em pó com 10 e 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador, com ajuste pelo modelo de GAB

## 4.7 – Armazenamento das formulações

### 4.7.1 – Umidade

Apresentam-se, na Tabela 4.9, os valores médios de umidade da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno, durante 120 dias.

A umidade inicial da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem foi de 4,67%, superior ao valor determinado por CAMPOS et al. (1998) para leite em pó integral no início do armazenamento, que foi de 2,12% de umidade. DINIZ et al. (2005) encontraram valores superiores de umidade para o leite de cabra desidratado com e sem adição de  $\beta$ -ciclodextrina, que foram de 6,30 e 6,40%, respectivamente.

**Tabela 4.9** - Valores médios da umidade (%) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	4,67 cA	4,67 cA
20	5,49 bB	6,03 bA
40	6,18 aA	6,45 bA
60	6,22 aB	7,11 aA
80	6,31 aB	7,21 aA
100	6,15 aB	7,51 aA
120	6,33 aB	7,19 aA

MG = 6,25%; CV = 3,56%; DMS para colunas = 0,58; DMS para linhas = 0,37;

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

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

É notória a tendência de aumento de umidade com o tempo de armazenamento até os 40 dias, para a embalagem laminada e até os 60 dias para a embalagem de polietileno;

observa-se, depois, estabilidade dos 40 aos 120 dias para a embalagem laminada e dos 60 aos 120 dias para a embalagem de polietileno.

Os valores da umidade para a formulação armazenada em embalagem laminada nos primeiros 40 dias são estatisticamente diferentes; dos 40 dias em diante até o final do armazenamento, são estatisticamente iguais. O aumento da umidade da formulação em pó no final do armazenamento (120 dias) com relação ao tempo inicial (0 dia) foi de 35,54%. MELO (2007), para o mesmo tipo de formulação estudada nesse trabalho, verificou aumento da umidade semelhante, de 34,55% aos 120 dias de armazenamento, para amostras acondicionadas em embalagem laminada com espessura total superior (110  $\mu\text{m}$ ), e composta de uma camada de BOPP Metal (polipropileno biorientado com metalização de alumínio - 20  $\mu\text{m}$ ) e uma camada de PEBD Cristal (polietileno de baixa densidade - 90  $\mu\text{m}$ ).

Na embalagem de polietileno os valores médios da umidade da formulação com 10% de maltodextrina aumentaram do início até os 20 primeiros dias; entre 20 e 40 dias não ocorreu diferença significativa entre os dados e, dos 60 dias até o final do armazenamento, os valores permaneceram estatisticamente iguais. O aumento da umidade entre o tempo inicial e o término do armazenamento correspondeu a 53,96%; percentual de ganho de umidade próximo de 51,31% foi verificado por GOMES et al. (2004) ao armazenarem a temperatura ambiente acerola em pó, obtida mediante a secagem de uma solução contendo 90% de polpa de acerola e 10% de maltodextrina em um secador do tipo leito de jorro, acondicionada em embalagem de polietileno, após 60 dias de armazenamento.

Entre embalagens se observam diferenças estatísticas na umidade das amostras em cinco dos seis tempos de armazenamento, com menores teores na embalagem laminada; a diferença de ganho de umidade entre as embalagens laminada e de polietileno ao final dos 120 dias de armazenagem, correspondendo, respectivamente, a 35,54 e 53,96%, demonstra que a primeira embalagem (laminada) protegeu melhor a formulação do ganho de umidade, fato que pode ser explicado devido a embalagem laminada possuir um revestimento metalizado, o qual diminui a permeabilidade ao vapor d'água, além de ter maior espessura. GALDINO (2003), para amostras de umbu em pó obtidas pelo processo de secagem em camada de espuma e armazenadas em embalagens laminadas e de polietileno, verificou que durante 60 dias de armazenamento as amostras em embalagem

laminada também apresentaram valores de umidade inferiores em relação à embalagem de polietileno.

Apresentam-se, na Tabela 4.10, os valores médios de umidade da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno, durante 120 dias.

A umidade inicial da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem, foi de 3,71%, apresentando valor menor que a umidade inicial da formulação com 10% de maltodextrina (4,67%) comportamento este já previsto em razão da formulação com 15% de maltodextrina possuir um teor de sólidos totais maior, significando que, no processo de secagem, a quantidade de água a evaporar é menor.

Analisando-se os valores médios da umidade da formulação percebe-se que, tal como com as formulações com 10% de maltodextrina, também houve tendência de aumento de umidade com o tempo de armazenamento, em ambas as embalagens, enquanto nas amostras armazenadas em embalagem laminada se nota um aumento de umidade nos 60 primeiros dias de armazenamento em relação aos tempos zero e 20 dias e dos 60 dias até o final do armazenamento os valores médios da umidade permaneceram estatisticamente semelhantes. CAMPOS et al. (1998) verificaram que o leite em pó integral (marca Danby), produzido em secador por aspersão e armazenado a temperatura ambiente em embalagem metalizada flexível (poliéster/PEBD), com capacidade para 200 g absorveu, após 120 dias de armazenamento, 42,78% de umidade; ante esses fatos se tem que a escolha do tipo de embalagem é primordial para a manutenção da qualidade do produto durante o armazenamento.

**Tabela 4.10** - Valores médios da umidade (%) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	3,71 dA	3,71 eA
20	3,97 cdB	4,58 dA
40	4,23 bcdB	5,48 cA
60	4,70 abB	5,66 bcA
80	4,94 aB	6,20 abA
100	4,87 aB	6,29 aA
120	4,54 abcB	6,09 abA

MG = 4,93%; CV = 4,57%; DMS para colunas = 0,58; DMS para linhas = 0,38

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

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

Na embalagem de polietileno os primeiros três tempos, até 40 dias, apresentaram diferença significativa entre si; aos 40, 60, 80 e 120 dias os teores permaneceram estatisticamente iguais.

O aumento da umidade da formulação com 15% de maltodextrina armazenada em embalagem laminada, do início ao término do armazenamento, foi de 22,37%, enquanto para a formulação armazenada em embalagem de polietileno o ganho foi de 64,15%. SILVA et al. (2005a) verificaram, ao armazenarem a temperatura ambiente em embalagem de polietileno de baixa densidade, umbu-cajá em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuma, após 60 dias, um aumento do ganho de umidade inferior, de 24,0%.

A legislação brasileira (BRASIL, 2006) preconiza, para o produto alimentício denominado leite em pó modificado, que o teor máximo de umidade deve ser de 6%; neste estudo se notou que alguns valores extrapolaram este limite porém, como não existe uma legislação específica para o leite de cabra em pó modificado, tais resultados servem apenas como referência.

#### **4.7.2. – Acidez total titulável**

Apresentam-se, na Tabela 4.11, os valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

O valor inicial da acidez total titulável no começo do armazenamento, foi de 1,69% de ácido cítrico para a formulação com 10% de maltodextrina, semelhante ao valor determinado por MELO (2007) para o mesmo tipo de formulação desidratada com a temperatura do ar de secagem na entrada do secador, por aspersão de 150 °C.

Os valores médios da acidez para a formulação com 10% de maltodextrina armazenada em embalagem laminada oscilaram ao longo do armazenamento. Entre zero e vinte dias observa-se aumento significativo, assim como entre os tempos iniciais 20, 60 e 80 dias, em relação aos três tempos finais.

As amostras acondicionadas em embalagens de polietileno também apresentaram variações mas, neste caso, foram estatisticamente iguais entre os 40, 60, 100 e 120 dias e com diferenças significativas entre os três primeiros tempos (0, 20 e 40 dias) e entre os 60 e 80 dias. A diferença estatística entre a acidez até os 40 dias e a partir dos 100 dias de armazenamento demonstra, tal como na embalagem laminada, tendência de aumento, com o tempo.

Comparando-se as embalagens, conclui-se que os resultados são estatisticamente iguais nos tempos 20, 100 e 120 dias, sem indicação consistente de influência do tipo de embalagem sobre o teor da acidez total titulável; contrariamente, SILVA et al. (2005a), estudando a influência do tipo de embalagem sobre o umbu-cajá em pó armazenado durante 60 dias em embalagens laminada e de polietileno, constataram que a embalagem laminada protegeu com maior eficiência as amostras preservando melhor a acidez total titulável. O valor médio máximo verificado na acidez total titulável com vista à formulação com 10% de maltodextrina para a embalagem laminada e de polietileno foi, respectivamente, de 1,94% de ácido cítrico e 1,90% de ácido cítrico.

**Tabela 4.11** - Valores médios da acidez total titulável (% ác. cítrico) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ác. cítrico)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	1,69 dA	1,69 cA
20	1,80 cA	1,79 bA
40	1,76 cB	1,90 aA
60	1,76 cB	1,90 aA
80	1,94 aA	1,80 bB
100	1,88 bA	1,88 aA
120	1,88 bA	1,86 aA

MG = 1,82% ác. cítrico; CV = 0,82; DMS para colunas = 0,04; DMS para linhas = 0,03

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

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

Apresentam-se, na Tabela 4.12, os valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

O valor médio inicial para a acidez total titulável visando à formulação em pó com 15% de maltodextrina, foi de 1,40% de ácido cítrico, valor este menor em comparação com o valor inicial da acidez para a formulação com 10% de maltodextrina (1,69%); da mesma forma como ocorreu para a umidade, o aumento da concentração de maltodextrina implicou em redução da acidez da amostra.

Na embalagem laminada a formulação em pó com 15% de maltodextrina nos 40 primeiros dias não apresentou diferença estatística entre os valores da acidez que sofreu um aumento entre os 40 e 60 dias, voltando a apresentar valores estatisticamente iguais até o final do armazenamento; aos 120 dias a acidez teve valor estatisticamente igual aos dos tempos zero e 20 dias, indicando estabilidade com o tempo.

As amostras armazenadas em embalagem de polietileno também demonstraram valores médios com tendência a estabilidade, não havendo diferenças significativas entre os percentuais, em nenhum dos tempos.

OLIVEIRA (2006a), estudando polpa de pitanga com adição de 15% de maltodextrina submetida a secagem por aspersão e coletada na câmara de secagem, verificou que as formulações acondicionadas durante 120 dias em embalagens laminada e de polietileno apresentaram médias gerais bem próximas, sendo de 0,677% ácido cítrico para a embalagem de polietileno e de 0,688% ácido cítrico para a laminada.

**Tabela 4.12** - Valores médios da acidez total titulável (% ác. cítrico) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ác. cítrico)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	1,40 bcA	1,40 aA
20	1,40 bcA	1,40 aA
40	1,37 cA	1,37 aA
60	1,52 aA	1,38 aB
80	1,52 aA	1,38 aB
100	1,51 aA	1,38 aB
120	1,47 abA	1,40 aB

MG = 1,42; CV = 2,34; DMS para colunas = 0,09; DMS para linhas = 0,06

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

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

Comparando o comportamento da acidez total titulável da formulação com 15% de maltodextrina entre as embalagens laminada e de polietileno, observa-se que nos primeiros 40 dias de armazenamento não há diferenças significativas da acidez entre as embalagens e, a partir de 60 dias, as amostras na embalagem de polietileno apresentaram valores inferiores aos da amostra na embalagem laminada.

#### 4.7.3 – pH

Tem-se, na Tabela 4.13, os valores médios do pH da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.13** - Valores médios do pH da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	pH	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	4,80 abA	4,80 aA
20	4,80 abA	4,79 abA
40	4,81 aA	4,80 aB
60	4,81 aA	4,80 aB
80	4,80 abA	4,80 aA
100	4,79 bA	4,80 aA
120	4,76 cB	4,78 bA

MG = 4,80; CV = 0,12; DMS para colunas = 0,02; DMS para linhas = 0,01

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

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

Os valores médios do pH para a formulação em pó com 10% de maltodextrina acondicionadas em embalagens laminadas, não mostraram diferença significativa até os 80 dias de armazenamento mas se observa, aos 120 dias, diferença estatisticamente significativa em relação aos demais tempos, configurando redução no pH. GALDINO (2003) analisando os valores do pH do umbu em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuma, durante o armazenamento em embalagem laminada, constatou valores de pH estatisticamente iguais entre os tempos inicial (0 dia) e final (60 dias), sendo o valor médio do pH ao longo do armazenamento, em embalagem laminada de 2,86.

Na embalagem de polietileno a formulação com 10% de maltodextrina manteve o pH estatisticamente estável até os 100 dias de armazenamento, apresentando redução ao final do armazenamento (120 dias) em relação ao tempo inicial. GOMES et al. (2004) ao estudarem o armazenamento durante 60 dias a temperatura ambiente da acerola em pó, obtida mediante a secagem de uma solução contendo 90% de polpa e 10% de maltodextrina em um secador do tipo leito de jorro, armazenada em sacos de polietileno, observaram que o pH das amostras demonstrou estabilidade durante a estocagem, com valores entre 3,7 e 3,8 unidades de pH.

Tem-se, na Tabela 4.14, os valores do pH da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagens laminada e de polietileno.

**Tabela 4.14** - Valores médios do pH da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	pH	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	4,91 aA	4,91 aA
20	4,91 aA	4,90 aA
40	4,93 aA	4,90 aA
60	4,90 aA	4,90 aA
80	4,87 aA	4,88 aA
100	4,87 aA	4,87 aA
120	4,87 aA	4,86 aA

MG = 4,89; CV = 0,58%; DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,05

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

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

De acordo com os resultados observados, ambas as embalagens (laminada e polietileno) mantiveram o pH em valores estatisticamente estáveis durante todo o período do armazenamento, permanecendo o pH das amostras com 15% de maltodextrina em níveis idênticos aos do tempo zero; contrariamente, MELO (2007) observou um aumento nos valores do pH para a mesma formulação estudada neste trabalho porém desidratada em temperatura do ar de secagem diferente e acondicionada em embalagens diferentes.

Os valores do pH para as amostras com 15% de maltodextrina indicaram valores maiores que as amostras que continham 10% de maltodextrina, comportamento esperado em razão do aumento da concentração de maltodextrina contribuir para a redução do pH, relativo principalmente à polpa de umbu-cajá.

#### 4.7.4 – Solubilidade

Apresentam-se, na Tabela 4.15, os valores médios referentes à solubilidade, expressa em termos do tempo necessário para solubilizar uma amostra de 0,5 g em 50 mL de água destilada sob agitação, da formulação em pó com 10% de maltodextrina armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.15** - Tempos médios da solubilidade (min) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Solubilidade (min)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	4,94 bA	4,94 aA
20	5,50 aA	4,33 bB
40	5,47 aA	5,00 aB
60	5,47 aA	5,00 aB
80	4,28 cA	4,07 bA
100	5,15 abA	5,12 aA
120	5,00 bA	4,37 bB

MG = 4,90 min; CV = 3,47; DMS para colunas = 0,44; DMS para linhas = 0,28

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

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

Os valores médios da solubilidade da formulação com 10% de maltodextrina armazenada em embalagem laminada, sofreram algumas variações, em que no início do armazenamento até o vigésimo dia ocorreu um aumento da mesma; dos 20 até os 60 dias, a solubilidade não apresentou diferença estatística o mesmo ocorrendo entre o tempo 100 dias e o tempo de 120 dias. Nota-se, no tempo 80 dias, que o valor da solubilidade foi estatisticamente diferente dos demais tempos; a diferença entre a solubilidade do início ao término do armazenamento, foi de 1,21%, mantendo igualdade estatística.

Na embalagem de polietileno a solubilidade das amostras sofreu oscilações maiores em comparação com a embalagem laminada e demonstrou igualdade estatística entre os tempos zero, 40, 60 e 100 dias, e entre 20, 80 e 120 dias. A diferença verificada entre a

solubilidade no início do armazenamento e no final dos 120 dias, mostrou uma redução de 11,53%.

As oscilações observadas entre os valores da solubilidade podem ser explicadas pela agregação das partículas durante o armazenamento, formando grumos de dissolução mais demorada.

Apresentam-se, na Tabela 4.16, os valores médios referentes à solubilidade da formulação em pó com 15% de maltodextrina, armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.16** - Valores médios da solubilidade (min) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Solubilidade (min)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	5,14 aA	5,14 aA
20	4,00 bB	4,33 bA
40	4,00 bA	3,00 cB
60	4,00 bA	4,00 bA
80	3,94 bA	3,00 cB
100	4,00 bA	4,00 bA
120	5,17 aA	5,00 aA

MG = 4,19 min; CV = 3,09; DMS para colunas = 0,34; DMS para linhas = 0,22

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

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

Conclui-se, de acordo com os valores médios obtidos para a solubilidade da formulação com 15% de maltodextrina armazenada em embalagem laminada, que não houve diferença significativa entre os valores médios dos 20 aos 100 dias de armazenamento; os valores de solubilidade no tempo zero e no final do armazenamento (120 dias) foram estatisticamente iguais.

Os valores médios para a solubilidade da formulação armazenada em embalagem de polietileno foram estatisticamente iguais aos 40 e 80 dias e aos 20, 60 e 100 dias; também foram iguais os tempos de solubilização nos tempos zero e 120 dias, indicando

que o armazenamento, assim como ocorrido na embalagem laminada, não afetou esta propriedade.

Os valores máximos atingidos para a solubilidade na embalagem laminada e na de polietileno foram, respectivamente, iguais a 5,17 min e 5,14 min; a média geral para a formulação com 15% de maltodextrina (4,19 min) foi menor que a média geral para a formulação composta de 10% de maltodextrina (4,90 min), indicando uma contribuição da maltodextrina para o aumento da solubilidade das amostras, fato esperado em razão de produtos, como a maltodextrina e a lecitina de soja, serem utilizados para facilitar a reconstituição de produtos alimentícios em pó. SANTOS et al. (2005) ao estudarem a dissolução de microcápsulas de oleoresina de páprica obtidas por atomização com goma arábica e com grânulos porosos de amido de arroz com gelatina, verificaram que os pós obtidos com ambos os materiais de parede se dissolveram completamente após 5 minutos sob agitação mecânica em óleo, água e etanol.

#### **4.7.5 - Ácido ascórbico**

Apresentam-se, na Tabela 4.17, os valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

Os valores médios dos teores do ácido ascórbico para as formulações com 10% de maltodextrina sofreram decréscimo progressivo, com o tempo do armazenamento; nos 20 primeiros dias os valores do ácido ascórbico não apresentaram diferença estatística ocorrendo uma redução aos 40 dias e permanecendo estável dos 40 aos 60 dias; dos 60 aos 80 dias ocorreu outro decréscimo, tal como dos 80 aos 100 dias, voltando a se tornar estável nos últimos tempos do armazenamento (100 e 120 dias).

**Tabela 4.17** - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	10,59 aA	10,59 aA
20	10,26 aB	11,29 aA
40	9,23 bA	8,21 bB
60	9,23 bA	8,21 bB
80	7,77 cA	7,11 cB
100	6,16 dA	5,23 dB
120	6,34 dA	5,31 dB

MG = 8,25 (mg/100g); CV = 3,74; DMS para colunas = 0,80; DMS para linhas = 0,52

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

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

Para as amostras armazenadas na embalagem de polietileno, o comportamento dos teores de ácido ascórbico foi semelhante e a diminuição foi mais acentuada que na embalagem laminada, enquanto a redução do ácido ascórbico do tempo zero ao tempo 120 dias para a embalagem laminada, foi de 40,13%, para as embalagens de polietileno este decréscimo chegou a 49,85%. GOMES et al. (2004) verificaram, para a acerola em pó, obtida mediante a secagem em leito de jorro de uma solução de 90% de polpa de acerola e 10% de maltodextrina, acondicionada em embalagens de polietileno, que o teor de ácido ascórbico diminuiu com o tempo de armazenamento atingindo um percentual de redução após 60 dias, de 29,72%.

O processo de degradação pode ser atribuído a fatores, como a temperatura das amostras no armazenamento que durante boa parte do tempo, se manteve próxima ou superior a 30°C e ao ganho de umidade; na embalagem de polietileno outro fator que pode ser mencionado é a transparência da embalagem, que permitia a exposição das formulações à luz.

Na Tabela 4.18 se encontram os valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

O valor médio do teor de ácido ascórbico no início do armazenamento para a formulação em pó com 15% de maltodextrina, de 9,72 mg/100g, é superior ao determinado por MONTES et al. (2007) para o suco de maracujá co-cristalizado.

Nas embalagens laminadas o teor de ácido ascórbico para a formulação com 15% de maltodextrina até os 60 dias de armazenamento, permaneceu estatisticamente estável, ou seja, o decréscimo da degradação da vitamina C foi mais lento; aos 80 dias houve uma redução, da mesma forma como aos 100 dias, permanecendo constante dos 100 aos 120 dias; similarmente, GALDINO et al. (2003) ao armazenarem, a temperatura ambiente, umbu em pó em embalagem laminada durante 60 dias, obtiveram redução no teor de ácido ascórbico, de 30%.

**Tabela 4.18** - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	9,72 aA	9,72 aA
20	10,23 aA	10,26 aA
40	10,42 aA	8,34 bB
60	9,99 aA	8,32 bB
80	8,42 bA	7,37 cB
100	6,42 cA	5,75 dB
120	6,24 cA	5,17 dB

MG = 8,31 mg/100g; CV = 3,75%; DMS para colunas = 0,81; DMS para linhas = 0,52

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

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

Na embalagem de polietileno até os 20 dias os valores médios de ácido ascórbico foram estatisticamente iguais, tal como ocorreu dos 40 aos 60 dias; já aos 80 dias deu-se redução e, também aos 100 dias, voltando a apresentar valores estatisticamente iguais dos 100 aos 120 dias. OLIVEIRA (2006a), em amostras de pitanga em pó com 15% de maltodextrina acondicionada em embalagem de polietileno, relatou uma perda de ácido ascórbico de 54,2%, aos 120 dias de armazenamento.

A amostra na embalagem laminada mostrou uma redução no teor de ácido ascórbico do início ao término do armazenamento, de 35,80%, enquanto na embalagem de polietileno esta redução foi de 46,81%. SILVA (2003) verificou, durante 60 dias de armazenamento de polpa de umbu-cajá em pó acondicionada em embalagem laminada e de polietileno, que não houve influência do nível de proteção das embalagens sobre os percentuais deste constituinte.

#### 4.7.6 – Açúcares redutores

A Tabela 4.19 contém os valores médios dos açúcares redutores (% de glicose) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.19** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	19,63 fA	19,63 fA
20	20,96 dA	20,80 dA
40	20,17 eA	20,04 eA
60	20,17 eA	20,04 eA
80	21,26 cA	21,20 cA
100	22,27 bB	23,09 bA
120	24,84 aA	23,73 aB

MG = 21,28% glicose; CV = 0,53; DMS para colunas = 0,29; DMS para linhas = 0,19

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

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

Os açúcares redutores variaram de forma irregular em ambas as embalagens mas, de maneira geral, a quantidade de açúcares das amostras com 10% de maltodextrina apresentou aumento no seu percentual de glicose, com o tempo de armazenamento. As

embalagens laminada e de polietileno demonstraram resultados estatisticamente semelhantes na evolução do teor de açúcares redutores das amostras.

A Tabela 4.20 contém os valores médios dos açúcares redutores (% de glicose) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

Nas duas embalagens, as amostras apresentaram aumentos no teor de açúcares redutores no período estudado, em que até 80 dias os aumentos não são consistentes, predominando oscilações; de 80 a 120 dias, os teores aumentaram em relação aos tempos iniciais, assim permanecendo até o final do tempo de armazenamento; entre embalagens, os maiores teores foram medidos na embalagem laminada mas a maior diferença, verificada aos 100 dias, foi inferior a 4% em relação à amostra embalada em polietileno.

**Tabela 4.20** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	19,61 dA	19,61 cA
20	17,12 gA	17,12 dA
40	18,88 eB	19,48 cA
60	17,55 fA	17,39 dA
80	20,65 cB	21,45 aA
100	22,09 aA	21,27 abB
120	21,66 bA	21,11 bB

MG = 19,64% glicose; CV = 0,63; DMS para colunas = 0,32; DMS para linhas = 0,21

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

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

MATTIETTO et al. (2007) estudaram a estabilidade do néctar misto de cajá e umbu utilizando a polpa dos frutos na proporção de 30:20 (cajá:umbu) e durante 90 dias de armazenamento verificaram aumento significativo dos açúcares redutores; de acordo com os autores, este fenômeno sugere a ocorrência de atividade fermentativa no néctar durante a estocagem.

#### 4.7.7 - Cinzas

Na Tabela 4.21 se tem os valores médios das cinzas da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

O valor inicial das cinzas da formulação em pó com 10% de maltodextrina é inferior ao valor determinado por CAMPOS et al. (1998) para o leite em pó integral, que foi de 8,42%.

Os resíduos por incineração da formulação com 10% de maltodextrina na embalagem laminada resultaram estatisticamente inalterados até os 20 dias de armazenamento, ocorrendo redução aos 40 dias e, a partir daí, se mantiveram estáveis até o final do armazenamento (120 dias).

**Tabela 4.21** - Valores médios das cinzas (%) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	3,63 aA	3,63 aA
20	3,59 aA	3,36 abA
40	3,15 bA	3,24 abcA
60	3,05 bA	3,06 bcA
80	2,95 bA	3,05 bcA
100	3,11 bA	2,95 bcA
120	3,17 bA	2,83 cB

MG = 3,20%; CV = 5,00%; DMS para colunas = 0,42; DMS para linhas = 0,27

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

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

A formulação acondicionada em embalagem de polietileno até os 40 dias, não apresentou diferença estatística; a partir de 60 dias notou-se redução quanto ao percentual no tempo zero, condição que permaneceu até o final do armazenamento.

De forma geral ocorreu, em ambas as embalagens, tendência de decréscimo das cinzas com o tempo de armazenamento que, para a embalagem laminada, foi de 12,67% do início ao final dos 120 dias e, para a embalagem de polietileno, foi de 22,03%; até os 100 dias de armazenamento as amostras nas embalagens laminada e de polietileno apresentaram resultados estatisticamente iguais.

Na Tabela 4.22 têm-se os valores médios das cinzas da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

O valor inicial das cinzas para a formulação com 15% de maltodextrina é inferior ao determinado por DINIZ et al. (2005) para o leite de cabra com adição de beta-ciclodextrina desidratado em secador por aspersão, de 5,75%.

Para a embalagem laminada os valores médios das cinzas da formulação em pó com 15% de maltodextrina permaneceram estatisticamente iguais em todos os tempos, exceto aos 60 dias em relação aos tempos iniciais, demonstrando estabilidade ao longo do armazenamento.

**Tabela 4.22** - Valores médios das cinzas (%) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	2,47 bA	2,47 aA
20	2,47 bA	2,34 aA
40	2,63 abA	2,61 aA
60	2,89 aA	2,36 aB
80	2,73 abA	2,36 aB
100	2,61 abA	2,39 aB
120	2,78 abA	2,30 aB

MG = 2,53%; CV = 5,26%; DMS para colunas = 0,34; DMS para linhas = 0,22

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

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

A formulação acondicionada em embalagem de polietileno apresentou valores de cinzas estatisticamente inalterados, em todos os tempos do armazenamento.

Comparando-se as embalagens, verifica-se que as embalagens laminada e de polietileno até os 40 dias de armazenamento não indicaram diferença, do ponto de vista estatístico.

A média geral das cinzas para a formulação com 15% de maltodextrina (2,53%) foi menor que para a formulação com 10% de maltodextrina (3,20%), em razão da maior concentração de maltodextrina contribuir para uma proporção menor de cinzas, na massa da amostra.

#### 4.7.8 – Lipídios

Tem-se, na Tabela 4.23, os valores médios dos lipídios da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.23** - Valores médios dos lipídios (%) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Lipídios (%)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	14,78 aA	14,78 aA
20	13,29 bA	11,90 bB
40	11,15 cA	11,26 bA
60	11,13 cA	11,65 bA
80	11,03 cA	11,64 bA
100	11,79 cA	10,89 bB
120	11,18 cA	11,28 bA

MG = 11,98%; CV = 3,84; DMS para colunas = 1,19; DMS para linhas = 0,77

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

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

O valor médio dos lipídios para a formulação com 10% de maltodextrina no início do armazenamento foi de 14,78%, inferior, portanto, ao teor de lipídios do leite em pó integral determinado por CAMPOS et al. (1998) de 27,98%.

Na embalagem laminada a formulação com 10% de maltodextrina, que no tempo zero apresentava valor médio de lipídios de 14,78% teve, aos 20 dias, este percentual diminuído para 13,29% e, aos 40 dias, para 11,15%; dos 40 dias até o final do armazenamento (120 dias) os valores permaneceram estatisticamente iguais.

A formulação acondicionada em embalagem de polietileno apresentou decréscimo de 19,48% aos 20 dias de armazenamento em relação ao valor médio inicial; a partir de 20 dias os valores se mantiveram estatisticamente inalterados.

Nos tempos 40, 60, 80 e 120 dias, as amostras nas embalagens laminadas e de polietileno apresentaram, estatisticamente, o mesmo teor de lipídios. A redução do percentual de lipídeos do início ao fim do armazenamento nas embalagens laminada e de polietileno foi, respectivamente, de 24,35 e 23,68%.

Encontram-se, na Tabela 4.24, os valores médios dos lipídios da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.24** - Valores médios dos lipídios (%) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Lipídios (%)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	11,34 aA	11,34 aA
20	11,33 aA	11,23 aA
40	10,70 aA	11,62 aA
60	11,33 aA	10,18 abA
80	10,47 aA	9,11 bB
100	10,45 aA	10,19 abA
120	11,36 aA	10,39 abA

MG = 10,79%; CV = 6,40%; DMS para colunas = 1,79; DMS para linhas = 1,15

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

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

O valor médio inicial para os lipídios da formulação em pó com 15% de maltodextrina foi de 11,34%, muito inferior ao determinado por DINIZ et al. (2005) para o leite de cabra com adição de beta-ciclodextrina desidratado em secador por aspersão, de 30,75 g/100g.

Para a embalagem laminada os valores médios encontrados para os lipídios foram estatisticamente iguais do início ao fim do armazenamento; com exceção do tempo 80 dias, o mesmo ocorreu para a embalagem de polietileno exceto, também, pelo tempo 80 dias, as duas embalagens apresentaram igualdade estatística em todos os tempos analisados.

A legislação vigente (BRASIL, 2006) para o produto alimentício denominado leite em pó modificado integral, diz que o teor de matéria gorda deve ser maior ou igual a 18% mas se constatou, durante este estudo, que os valores encontrados para os lipídios foram abaixo desse percentual porém, como não existe uma legislação específica para o leite de cabra em pó modificado, tais resultados servem apenas como referência.

SCHWARTZ et al. (2007) verificaram, na obtenção de polpa de abacate em pó utilizando um secador por aspersão com temperatura de entrada de 130 °C e armazenando o produto obtido em embalagens de polietileno durante 2 meses a temperatura ambiente, que o teor de lipídios diminuiu durante o armazenamento e esta diminuição poderia estar relacionada à oxidação dos ácidos gordurosos devido ao tratamento térmico utilizado.

#### **4.7.9 – Luminosidade**

Na Tabela 4.25 se acham os valores médios da luminosidade para a formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

A luminosidade das amostras nas duas embalagens sofreu oscilações significativas ao longo do armazenamento mas, nos dois casos, os valores iniciais e finais não diferiram estatisticamente sinal de que as variações não se relacionaram ao tempo; a luminosidade das amostras também não foi afetada pelo tipo de embalagem.

**Tabela 4.25** - Valores médios da luminosidade da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	66,41 abA	66,41 aA
20	62,70 cA	61,43 bA
40	62,14 cA	60,70 bA
60	62,14 cA	60,70 bA
80	66,28 abA	66,01 aA
100	64,12 bcA	65,96 aA
120	67,38 aA	67,46 aA

MG = 64,28; CV = 1,73; DMS para colunas = 2,87; DMS para linhas = 1,86

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

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

Encontram-se, na Tabela 4.26, os valores médios da luminosidade para a formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

**Tabela 4.26** - Valores médios da luminosidade da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	69,72 aA	69,72 aA
20	66,40 cA	65,10 fB
40	69,35 aA	67,24 cB
60	66,59 cB	67,93 bA
80	66,20 cA	65,94 eA
100	68,17 bA	66,72 dB
120	67,92 bB	69,31 aA

MG = 67,59; CV = 0,24%; DMS para colunas = 0,43; DMS para linhas = 0,28

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

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

Assim como nas amostras com 10% de maltodextrina os valores de luminosidade oscilam em todo o período de armazenamento, sem apresentar tendência consistente de dependência do tempo. No caso da embalagem laminada o valor da luminosidade aos 120 dias difere do valor no tempo zero mas o comportamento geral ao longo do tempo não sugere reduções no decorrer do estudo. Nas amostras em polietileno ocorre o mesmo e com valor final estatisticamente igual ao do tempo zero.

#### 4.7.10 – Intensidade de vermelho (+a\*)

Tem-se, na Tabela 4.27, os valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) para a formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

Nas amostras das duas embalagens a intensidade de vermelho foi reduzida com o tempo; no caso da embalagem laminada a redução foi de cerca de 33% entre os tempos zero e final; na embalagem de polietileno a redução foi de aproximadamente 35%; mesmo assim, não se observou desempenho superior de uma embalagem em relação à outra. ENDO et al. (2007) verificaram redução de 18,84% da intensidade de vermelho, após 180

dias de armazenamento, do suco de maracujá desidratado em secador por aspersão acondicionado em embalagem de polipropileno biorientado metalizado e estocado a temperatura controlada de 30 °C e umidade relativa de 84%.

**Tabela 4.27** - Valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	11,42 aA	11,42 aA
20	10,23 bA	10,29 bA
40	9,80 cA	8,99 cB
60	9,80 cA	8,99 cB
80	7,25 eB	7,51 dA
100	6,29 fB	7,13 eA
120	7,65 dA	7,42 dB

MG = 8,87; CV = 1,13; DMS para colunas = 0,26; DMS para linhas = 0,17

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

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

A Tabela 4.28 exibe os valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) para a formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

Repetindo o observado nas amostras com 10% de maltodextrina, a intensidade de vermelho foi reduzida nas duas embalagens, mantendo alguns valores mais altos na laminada; apesar disto, não é possível afirmar que uma das embalagens conservou melhor a intensidade de vermelho das amostras, o que fica demonstrado nos dois tempos finais, que apresentam igualdade estatística.

**Tabela 4.28** - Valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	9,19 aA	9,19 aA
20	8,39 bA	7,74 bB
40	7,17 cA	7,16 cA
60	5,97 dA	5,52 dB
80	5,69 deA	5,03 eB
100	4,88 fA	5,01 eA
120	5,60 eA	5,52 dA

MG = 6,57; CV = 1,67%; DMS para colunas = 0,28; DMS para linhas = 0,18

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

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

#### 4.7.11 – Intensidade de amarelo (+b\*)

Os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) para a formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno estão na Tabela 4.29.

A intensidade de amarelo foi reduzida ao longo do armazenamento nas amostras acondicionadas nas duas embalagens, em que as reduções foram menores na embalagem laminada, resultando significativamente valores maiores em todos os tempos e mantendo, ao final do armazenamento, um valor maior de intensidade de amarelo. Na embalagem laminada a intensidade de amarelo foi reduzida entre os tempos zero e 120 dias, em aproximadamente 20%, enquanto nas amostras em polietileno a diminuição foi de cerca de 30%. MELO (2007) verificou, para a mesma formulação, decréscimos da intensidade de amarelo (+b\*) com relação ao valor inicial de 41,3% para uma das embalagens laminadas de seu estudo.

**Tabela 4.29** - Valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	18,11 aA	18,11 aA
20	17,31 bA	16,96 bB
40	16,75 cA	15,08 cB
60	16,75 cA	15,08 cB
80	14,79 dA	13,82 dB
100	14,72 dA	13,83 dB
120	14,39 eA	12,73 eB

MG = 15,60; CV = 0,65; DMS para colunas = 0,26; DMS para linhas = 0,17

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

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

Na Tabela 4.30 se encontram os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) para a formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em embalagem laminada e de polietileno.

Assim como observado nas amostras com 10% de maltodextrina, a intensidade de amarelo foi reduzida progressivamente ao longo do armazenamento nas duas embalagens, com as menores reduções ocorridas na embalagem laminada; na embalagem laminada a redução entre os tempos zero e 120 dias foi de cerca de 35% enquanto na embalagem de polietileno a redução entre os mesmos tempos superou 44%. ENDO et al. (2007) verificaram redução inferior de 17,71% da intensidade de amarelo, após 180 dias de armazenamento, do suco de maracujá desidratado em secador por aspersão acondicionado em embalagem de polipropileno biorientado metalizado e estocado a temperatura controlada de 30 °C e umidade relativa de 84%. Segundo esses pesquisadores, referidas alterações indicam perda de coloração amarelo-alaranjado, relacionadas à oxidação de pigmentos do maracujá acelerada neste caso pelo calor, umidade e certa permeabilidade da embalagem ao oxigênio do ambiente.

**Tabela 4.30** - Valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e armazenada em dois tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	Embalagem laminada	Embalagem polietileno
0	13,29 aA	13,29 aA
20	12,29 bA	10,68 bB
40	10,59 cA	9,02 dB
60	10,13 dA	9,25 cB
80	10,19 dA	8,32 eB
100	9,03 eA	7,93 fB
120	8,55 fA	7,41 gB

MG = 10,00; CV = 0,79; DMS para colunas = 0,21; DMS para linhas = 0,13

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

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

## 5 – CONCLUSÕES

- A polpa de umbu-cajá e as emulsões do leite de cabra com polpa de umbu-cajá e maltodextrina, apresentaram comportamento pseudoplástico. A adição de maltodextrina reduziu a viscosidade aparente das amostras e de forma proporcional ao percentual adicionado.

- O modelo de Mizrahi-Berk resultou nos melhores ajustes para interpretação do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá e das emulsões do leite de cabra com polpa de umbu-cajá e maltodextrina.

- As formulações em pó produzidas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, têm caráter higroscópico. O aumento no percentual de maltodextrina reduziu a higroscopicidade das amostras. Os modelos de GAB e Peleg resultaram em bons ajustes às isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó, que se apresentaram como isotermas do tipo III.

- Ao longo do armazenamento as formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina tiveram aumentados a umidade e o teor de açúcares redutores e reduzidos o teor de ácido ascórbico, a intensidade de vermelho e a intensidade de amarelo, mas se mantiveram estáveis quanto à solubilidade e luminosidade.

- Durante o armazenamento a embalagem laminada manteve a umidade, o teor de ácido ascórbico e a intensidade de amarelo em níveis mais próximos ao percentual inicial. O tipo de embalagem não exerceu influência sobre o pH, açúcares redutores, lipídios, luminosidade e intensidade de vermelho.

- As formulações em pó com maior percentual de maltodextrina (15%) mantiveram a estabilidade ao longo do armazenamento, na acidez total titulável, no pH e no teor de lipídios.

## **6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRAMOVIC, H.; KLOFUTAR, C. Water adsorption isotherms of some maltodextrin samples. **Acta Chimica Slovenica**, v. 49, n. 4, p. 835-844, 2002.

ABREU, L. R. da. **Tecnologia de leite e derivados. processamento e controle de qualidade em carnes, leite, ovos e pescado**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 205 p.

ABURTO, L. C.; TAVARES, D. Q.; MARTUCCI, E. T. Microencapsulação de óleo essencial de laranja. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 45-48, 1998.

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

ANDRADE JUNIOR, W. M.; XAVIER, C. H.; ARAUJO, A.A.L.; JÁCOME, B. C.; MEDEIROS, U. K. L; PEDRINE, M. R. S.; MEDEIROS. M. F. D. Secagem de leite em leite de jorro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: UNICAMP, 2005. Disponível em: <<http://www.feq.unicamp.br/~cobeqic/tPT36.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2006.

A.O.A.C. - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**, WILLIAMS, S. (Ed.) 14. Ed. Arlington, 1997. 1141 p.

ARRUDA, M. C. **Processamento mínimo de melão rendilhado: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada**. 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARSLAN, N.; TOGRUL, H. The fitting of various models to water sorption isotherms of tea stored in a chamber under controlled temperature and humidity. **Journal of Stored Products Research**, v. 42, n. 2, p. 112-135, 2006.

BALISCHI, L.; PEREIRA, N. C.; LIMA, O. C. M.; BARROS, S. T. D.; DAMASCENO, J. W.; MENDES, E. S. Influência do tratamento enzimático sobre as características reológicas e microscópicas da polpa de acerola. **Acta Scintiarium**, Maringá, v. 24, n. 6, p. 1649-1658, 2002.

BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do leite: leite, queijo, manteiga, caseína, iogurte, sorvetes, instalações: produção, industrialização, análise**. 15. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 320 p.

BELGHITH, H.; CHAABOUNI, S. E.; GARGOURI, A. Stabilization of *Penicillium occitanis* cellulases by spray drying in presence of Maltodextrin. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 28, n. 2-3, p. 253-258, 2001.

BELTRÃO FILHO, E. D.; FIOREZE, R. Características microbiológicas e físico-químicas de leite de cabra pasteurizado logo após a ordenha e após armazenagem a 5°C. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 21, n. 1/2, p.24-29, 2000.

BEM, A. N. **Implantação do conceito de troca rápida de ferramentas no setor de impressão flexográfica de empresas produtoras de embalagens plásticas flexíveis**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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

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

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992, 143 p.

BORGES, C. H. P.; BRESSLAU, S. **Produção de leite de cabra em confinamento**. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DO NORDESTE (PECNORDESTE) 6., SEMANA DA CAPRINO-OVINOCULTURA, 3., 2002, Fortaleza. Disponível em: <[http://www.caprtec.com.br/pdf/producao\\_leiteconfinamento.pdf](http://www.caprtec.com.br/pdf/producao_leiteconfinamento.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2006.

BRANCO, J. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento Reológico de misturas de polpa de manga e suco de laranja e cenoura utilizando o modelo de Casson. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 2, p 183-189, 2005.

BRASIL, L. H. A.; BONASSI, I. A.; JUNIOR, F. B.; WECHSLER, F. S. Efeito da temperatura ambiental na densidade e ponto de congelamento do leite de cabra. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 333-337, 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC n.º 91 de 11 de maio de 2001. Aprovar o regulamento técnico - critérios gerais e classificação de materiais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 de junho de 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 nov. 2000a. Seção 1, p. 23.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Decreto nº 1812, de 08 de fevereiro de 1996. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 09 de fev. 1996. Seção 1, p. 2241.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução normativa nº 1 de 07 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 de jan. 2000b. Seção 1 p. 54.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO - RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005b. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. Disponível em:< <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18828&word#>>. Acesso em: 17 de junho de 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 287, de 19 de outubro de 2006. Regulamento Técnico de Identidade e qualidade de Leite em Pó Modificado. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 out.2006. Seção 1, p.10.

BROOKER, D. B.; BARKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds**. New York: Avi Book, 1992. 450 p.

BRUNAUER, S.; DEMING, L.S.; TELLER, E. On a theory of Van der Waals adsorption of gasses. **Journal of the American Chemists' Society**, v. 62, p. 1723–1732, 1940.

BUCCI, D.Z. **Avaliação de embalagem de PHB (Poli (Ácido 3-Hidroxibutírico)) para alimentos**. 2003. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BUENO, S. M.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B., CRUZ, C. H. G. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 2, p. 121-126, 2002.

CABRAL, M. F. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Comportamento reológico da polpa de cupuaçu peneirada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2002.

CAMPOS, L. R.; TREPTOW, R. O. ; SOARES, G. J. D. Influência da inertização com nitrogênio na vida de prateleira de leite em pó integral acondicionado em embalagens metalizadas flexíveis. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 2, p.130-137,1998.

CARVALHO, E. P.; ABREU, L. R. **Princípios e métodos de conservação de alimentos de origem animal**. Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999. 96 p.

CASTRO, A. **A cabra**. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 372 p.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. & DUARTE, M. E. M. Calor específico da polpa de cajá a temperaturas criogênicas e diferentes concentrações de sólidos solúveis: métodos das misturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, n. 1, p. 1-7, 2003.

CAVALCANTI, A. L.; OLIVEIRA, K. F.; PAIVA, P. S.; DIAS, M. V. R.; COSTA, S. K. P; VIEIRA, F. F. Determinação dos sólidos solúveis totais (°Brix) e pH em bebidas lácteas e sucos de frutas industrializados. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, João Pessoa, v. 6, n. 1, p.57-64, 2006.

COHEN, K. O.; SOUSA, M. V.; JACKIX, M. N. H. Parâmetros físicos e aceitabilidade sensorial de chocolate ao leite e de produtos análogos elaborados com liquor e gordura de cupuaçu. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2005.

COSTA, A.L. **Leite caprino: Um novo enfoque de pesquisa**. Embrapa - Caprinos, 12 dez. 2005. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br>>. Acesso em: 02 set. 2006.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, J. L.; MARIA, L. C. S. Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2003.

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

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

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

DITHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Inovação Tecnológica para a fruticultura irrigada no semi-árido nordestino**: Relatório executivo de acompanhamento. Teresina: EMBRAPA, 1999. 5 p.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) desidratado. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.27, n. 2, p.382-386, 2007.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998, 652 p.

EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpas de umbu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (SBEA), 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. CD Rom.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; CONCEIÇÃO, R. S.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 176-184, 2002.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FERREIRA, E. E.; BRANDÃO, P. R. G.; KLEIN, B.; PERES, A. E. C. Reologia de suspensões minerais: uma revisão. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 58, n. 1, p. 83-87, 2005.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S.; LIMA, R. R. Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1308-1314, 2003.

FONSECA, C. R. **Armazenamento do leite de cabra cru em diferentes temperaturas por diferentes períodos e influência nas qualidades microbiológicas, físico-química e sensorial do produto pausterizado**. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FOUST, A. L.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L.B. **Princípios das operações unitárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982. 670 p.

FRANCESCHINI, F. S. **Modelagem mecânica e aproximação por métodos estabilizados de escoamentos multicomponentes**. 2002.186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2004. 182p.

FUKE, G. **Uso de grãos de cevada: caracterização bromatológica de cultivares e resposta biológica de ratos em crescimento**. 2007. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

GALDINO, P. O. **Desidratação de polpa de umbu**. 2003. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GALDINO, P. O. ; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.73-80, 2003.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia dos alimentos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1998. 284 p.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p.384-389, 2004.

GONZÁLEZ, F. H. D; DURR, J. W; FONTANELI, R. S. **Uso do leite para monitorar vacas leiteiras**, Porto Alegre, 2001. 72 p.

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

GOUVEIA, D. S. **Suco de pinha com adição de leite: reologia e teste de aceitação**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Centro de Ciências e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

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

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of research of the national bur. of standards**, Gaithersburg, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

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

GUTIÉRREZ, C. G.; MALDONADO, G.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A. ; MEDRANO-ROLDÁN, H. Microencapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 4, n. 4, p. 262-266, 2004.

HASS, I.; PAVLAK, P. F.; LEAL, E. S.; SANTOS JUNIOR, G. Avaliação comparativa entre leite de cabra *in-natura* e industrializado In: V SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, Ponta Grossa, v.2, n. 1, 2007.CD-ROM.

HUBINGER, M.; MENEGALLI, F. C.; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Water vapor adsorption isotherms of guava, mango and pineapple. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 6, p. 1405-1407, 1992.

JARDIM, W. R. **Criação de caprinos**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 239 p.

LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. Brasília, 1981. 252 p

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. **Umbu-cajá (*Spondias spp*): aspectos de pós-colheita e processamento**. João Pessoa: Ed. Universitária/ Idéia, 2002. 57 p.

LORA, S. C. P.; PRUDÊNCIO, E. S.; BENEDET, H. D. Avaliação sensorial de sorvetes elaborados com leite de cabra. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p.221-230, 2006.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons Inc, 1972. 687p.

MARTINS, A. M. C. V.; SALOTTI, B. M.; ROSSI JUNIOR, O. D.; PENNA, A.L.B. Evolução do índice proteolítico e do comportamento reológico durante a vida de prateleira de leite UAT/UHT. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 698-704, 2005.

MARTINS, S. T.; MELO, B. **Spondias**. 04 de janeiro de 2006. Disponível em: <[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=11042](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=11042)>. Acesso em: 7 maio. 2006.

MATTIETTO, R., A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, 2007

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

MITSCHKA, P. Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheol. Acta**, Prague, v. 21, p. 207-209, 1982.

MOLINA FILHO, L.; PEDRO, M. A. M.; ROMERO, J. T.; BARBOZA, S. M. R. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 453-458, 2006.

MONTES, E. J.; PAULA, C. D.; ORTEGA, F. A. Determinación de las condiciones óptimas de encapsulamiento por co-cristalización de juco de maracuyá (*Passiflora edulis*). **Temas Agrarios**, v. 12, n. 1, p. 5-12, 2007.

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

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

MULLER, H. G. **Introducción a la reologia de los alimentos**. Editorial Acribia, S.A.Zaragoza, 1973. 174p.

NOGUEIRA, R. I. **Processo de obtenção de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) em pó**. 2002. 151f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NORONHA, M. L.; CARDOSO, E. A., DIAS, N. S. Características físico-químicas de frutos de umbu-caja *Spondias spp.* provenientes dos Pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 91-96, 2000.

OLIVEIRA, F. M. N. **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**. 2006a. 214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Recursos Naturais, Universidade de Campina Grande, Campina Grande.

OLIVEIRA, V. M. **Formulação de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro: caracterização físico-**

**química, análises bacteriológicas e sensoriais.** 2006b. 78f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)-Universidade Federal Fluminense, Niterói.

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

ORDÓNEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos, componentes dos alimentos e processos.** 1.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005a. v. 1, 294 p.

ORDÓNEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos, alimentos de origem animal.** Porto Alegre: Artmed, 2005b. v. 2. 279 p.

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

PELEGRINI, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 128-131, 2000.

PELEGRINE, D. H.; SILVA, F. C.; GASPARETTO, C. A. Rheological behavior of pineapple and mango pulps. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 35, n. 8, p. 645-648, 2002.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Influência da Temperatura nos parâmetros de modelo bi-paramétricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia Cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 229-232, 1997.

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

PEÑA, L. M. R.; KIECKBUSCH, T. G. Influência de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.69-76, 2003.

PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Propriedades reológicas da polpa de açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.): efeito da concentração. **Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 3, p. 606-612, 2003.

PILEGGI, R. G.; CINCOTTO, M. A.; JOHN, V. M. Conceitos reológicos aplicados no desenvolvimento de argamassas. **e-Mat - Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil**, v. 3, n. 2, p. 62-76, 2006.

PRATA, L. F.; RIBEIRO, A. C.; REZENDE, K. T.; CARVALHO, M. R. B.; RIBEIRO, S. D. A.; COSTA, R. G. Composição, perfil nitrogenado e características do leite caprino (Saanen). Região Sudeste, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 428-432, 1998.

QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; CABRAL, M. F. P. Reologia de suco de cupuaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (SBEA), 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA, 2004. CD Rom.

RAMOS, A. M.; IBARZ, A. Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 214-219, 2006.

RAO, K. J.; DHAS, P. H. A.; EMERALD, F. M. E.; GHOSH, B. C.; BALASUBRAMANYA, B. V.; KULKARNI, S. Moisture sorption characteristics of *Chhana podo* at 5 °C and 35 °C. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 76, n. 3, p. 453-459, 2006.

RIBEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, H. J. S. S. Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra. **Semina: Ciências. Agrárias**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 229-235, 2001.

RIGUETTO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SABLANI, S. S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, M. S.; AL-JABRI, A.; AL-HABSI, N. Sorption isotherms and the state diagram for evaluating stability criteria of abalone. **Food Research International**, v. 37, n. 10, p. 915-924, 2004.

SÁNCHEZ, M. G.; VIAL, C. R.; MORAGA, N.B. Estudio de fluidos no newtonianos con los métodos de volúmenes y elementos finitos. **Revista Facultad de Ingeniería**, UTA, Chile, v. 10, p. 23-34, 2002.

SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): Avaliação tecnológica dos frutos na forma de sorvete. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, p.151-155, 2003.

SANTOS, A. B.; TRINDADE, C. S. F.; GROSSO, C. R. F. Preparo e caracterização de microcápsulas de oleoresina de páprica obtidas por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 322-326, 2005.

SCHWARTZ, M.; OLAETA, J.A.; UNDURRAGA, P.; SEPÚLVEDA, M. Obtaining and storing powder avocado. In: Congreso Mundial del Aguacate, 6, 2007. Viña Del Mar. **Anais eletrônicos...** Viña Del Mar. Disponível em: < [www.avocadosource.com/WAC6/en/Resumen/4b-195.pdf](http://www.avocadosource.com/WAC6/en/Resumen/4b-195.pdf) >. Acesso em: 04 jan. 2008.

SGARBIERI, V. C. Revisão: Propriedades Estruturais e Físico-Químicas das Proteínas do Leite. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 43-56, 2005.

SHARAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2006. 234p.

SILVA, C. A. B. **Produção de polpa de fruta-tratada termicamente e congelada**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretária do Desenvolvimento Rural, Brasília, 1995. 27 p.

SILVA, D. J. **Produção de maltodextrina com baixo teor de glicose**. 1998. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SILVA, F. L. R.; ARAÚJO, A. M. Desempenho de cabras mestiças para a produção de leite, nas condições semi-áridas do Nordeste. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 35., 1998, Botucatu. **Anais eletrônicos...** Botucatu, 1998. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/anais1998/Megea/Megea006.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2006.

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

SILVA, R. N. G. **Produção e armazenamento da polpa de umbu-cajá em pó**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005a.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, J. M. Q.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1179-1184, 2005b.

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

SILVA, A. P. V.; MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F.; FIGUEIREDO, R. W. ;BRASIL, I. M. Estudo da produção do suco clarificado de cajá (*Spondias lutea L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 33-36, 1999.

SINIJA, V. R.; MISHRA, H. N. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 4, p. 494-500, 2008.

SOARES, E. P.; NUNES, E. C. D.; SAIKI, M; WIEBECK, H. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 206-212, 2002.

SOUZA, F. X.; ARAÚJO, A.T. Avaliação dos métodos de propagação de algumas *Spondias* agroindustriais: **Comunicado Técnico, Embrapa Agroindustrial Tropical**, Fortaleza, n. 31, p. 1-4, 1999.

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

TAKEITI, C. Y. **Estudo da influência da transição vítrea sobre a instantaneização de maltodextrinas por processo de aglomeração úmida**. 2007. 191f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p.181-204, 2005.

TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpa de umbu-cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (SBEA), 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA, 2004. CD Rom.

TORRES, L. B. V. **Comportamento viscoso de polpas de umbu-cajá com diferentes teores de sólidos**. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

TORII, M. S.; DAMASCENO, J. C.; RIBEIRO, L. R.; SAKAGUTI, E. S.; SANTOS, G. T.; MATSUSHITA, M.; FUKUMOTO, N. M. Physical-chemical characteristics and fatty acids composition in dairy goat milk in response to roughage diet. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 903-909, 2004.

TSAMI, E.; KROKIDA, M. K.; DROUZAS, A. E. Effect of drying method on the sorption characteristics of model fruit powders. **Journal of Food Engineering**, v. 38, n. 4, p. 381-391, 1999.

VANACLOCHA, A. C.; REQUENA, J. A. **Procesos de conservación de alimentos**. Madrid: Mundi-Prensa, 1999. 494p.

VENTURUNI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. Características do leite. **Boletim Técnico**, p. 1-6, 2007.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L-Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 39-42, 2004.

VIEIRA, M. L. H. **Modelagem de um sistema de controle por lógica difusa empregado na secagem por atomização de produtos cerâmicos**. 1999. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A.C.; MORIYA,S.; FERNANDES,J.G. Produtos de acerola:Estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

**APÊNDICE A**

**Tabela A.1** - Análise de variância da umidade (%) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	22,97127	22,97127	3029,1780 **
Resíduo	4	0,03033	0,00758	
Total	5	23,00160	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.2** - Análise de variância dos sólidos totais (%) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	22,97127	22,97127	3029,1780 **
Resíduo	4	0,03033	0,00758	
Total	5	23,00160	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.3** - Análise de variância do pH das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,01815	0,01815	7,4589 ns
Resíduo	4	0,00973	0,00243	
Total	5	0,02788	-	-

ns – Não significativo ( $p\text{-valor} \geq 0,05$ ); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.4** - Análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	71,13927	71,13927	3797,4698**
Resíduo	4	0,07493	0,01873	
Total	5	71,21420	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.5** - Análise de variância das cinzas (%) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,00007	0,00007	0,8000 ns
Resíduo	4	0,00033	0,00008	
Total	5	0,00040	-	-

ns – não significativo ( $p\text{-valor} \geq 0,05$ ); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.6** - Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,16335	0,16335	4900,5000**
Resíduo	4	0,00013	0,00003	
Total	5	0,16348	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.7** - Análise de variância da acidez total titulável (% ác. cítrico) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,00027	0,00027	4,0000 ns
Resíduo	4	0,00027	0,00007	
Total	5	0,00053	-	-

ns – não significativo ( $p\text{-valor} \geq 0,05$ ); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.8** - Análise de variância dos açúcares redutores (% glicose) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,22815	0,22815	67,4335 **
Resíduo	4	0,01353	0,00338	
Total	5	0,24168	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.9** - Análise de variância da luminosidade (L\*) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	9,70282	83167,0004	83167,0004**
Resíduo	4	0,00047	0,00012	
Total	5	9,70328	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.10** - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a\*) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,57042	0,57042	216,6139**
Resíduo	4	0,01053	0,00263	
Total	5	0,58095	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela A.11** - Análise de variância da intensidade de amarelo(+b\*) das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	1	0,00882	0,00882	33,0625 **
Resíduo	4	0,00107	0,00027	
Total	5	0,00988	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**APÊNDICE B**

**Tabela B.1** - Análise de variância da umidade (%) das formulações com 10 e 15 % de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	11,25397	3,75132	162,1025**
Resíduo	8	0,18513	0,02314	
Total	11	11,43910	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.2** - Análise de variância do pH das formulações com 10 e 15 % de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	0,02967	0,00989	131,8519**
Resíduo	8	0,00060	0,00007	
Total	11	0,03027	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.3** - Análise de variância das cinzas (%) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	3,00669	1,00223	129,3201**
Resíduo	8	0,06200	0,00775	
Total	11	3,06869	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.4** - Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	2,97477	0,99159	3,8368ns
Resíduo	8	2,06753	0,25844	
Total	11	5,04230	-	-

ns – não significativo(p-valor  $\geq 0,05$ ); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.5** - Análise de variância da acidez total titulável (%ác.cítrico) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	0,52167	0,17389	122,7451**
Resíduo	8	0,01123	0,00142	
Total	11	0,53300	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.6** - Análise de variância dos açúcares redutores (%glicose) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	4,97040	1,65680	493,3400**
Resíduo	8	0,02687	0,00336	
Total	11	4,99727	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.7** - Análise de variância da solubilidade (min) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	8,88337	2,96112	96,6108**
Resíduo	8	0,24520	0,03065	
Total	11	9,12857	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.8** - Análise de variância da luminosidade (L\*) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	1094,16927	364,72309	169,9925**
Resíduo	8	17,16420	2,14552	
Total	11	1111,33347	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.9** - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a\*) das formulações com 10 e 15 % de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	75,84949	25,28316	2478,7416**
Resíduo	8	0,08160	0,01020	
Total	11	75,93109	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.10** - Análise de variância da intensidade de amarelo (+b\*) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	178,96669	59,65556	19775,3250**
Resíduo	8	0,02413	0,00302	
Total	11	178,99083		

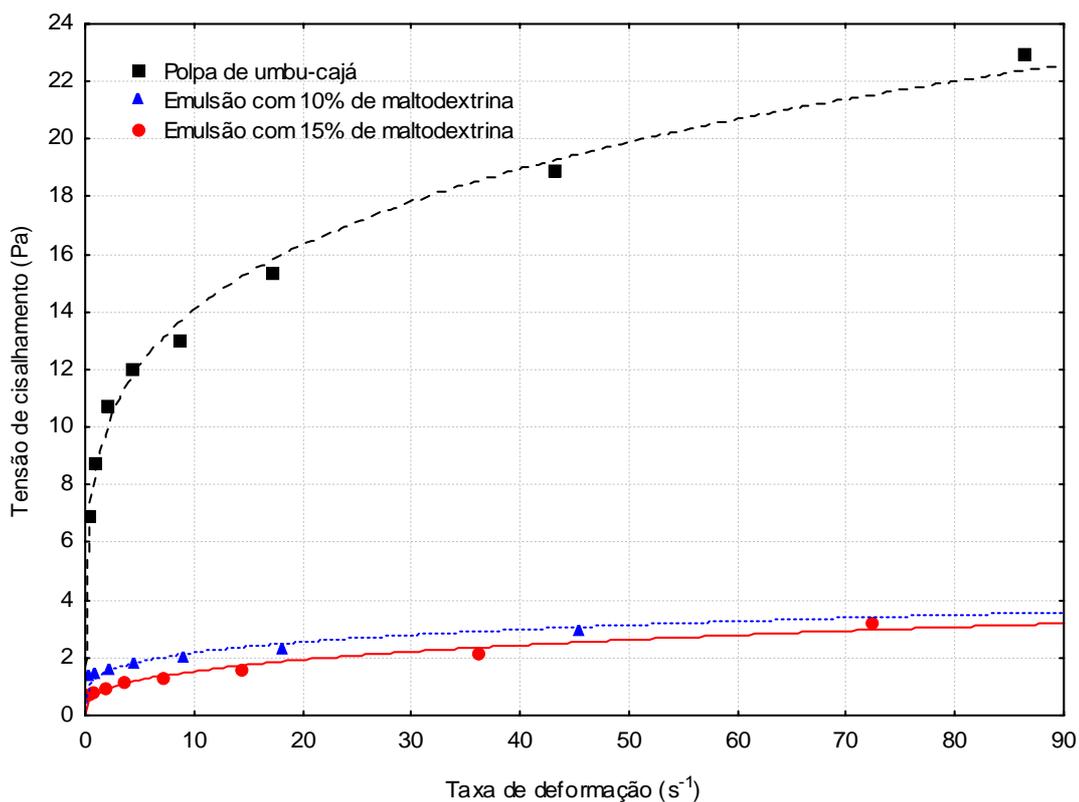
\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

**Tabela B.11** - Análise de variância dos lipídeos totais (%) das formulações com 10 e 15% de maltodextrina na câmara de secagem e no ciclone

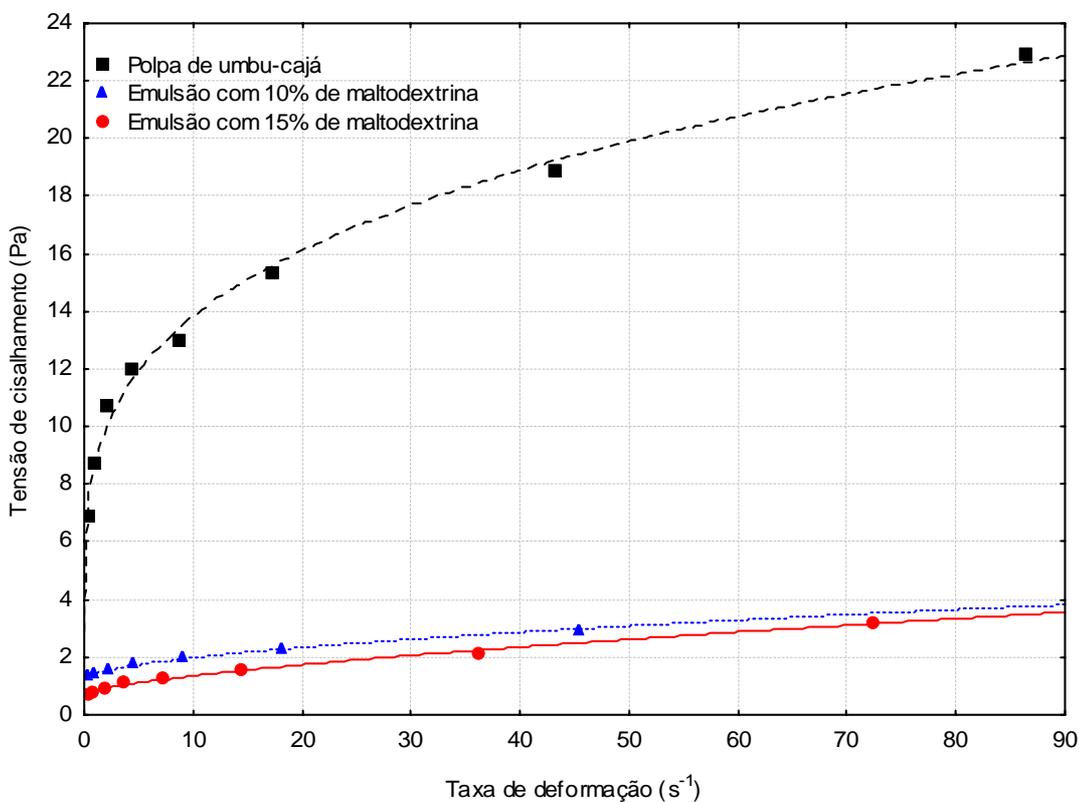
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	44,53182	14,84394	46,3246**
Resíduo	8	2,56347	0,32043	
Total	11	47,09529	-	-

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

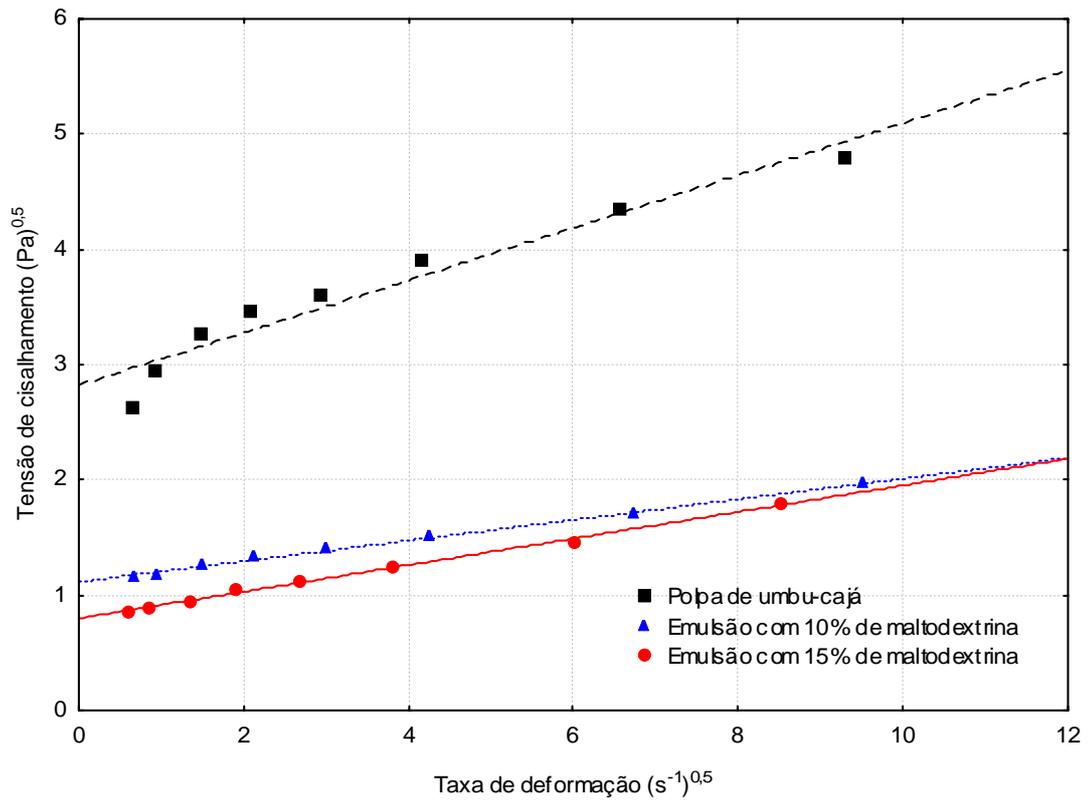
**APÊNDICE C**



**Figura C.1** - Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das diferentes amostras a 20 °C, com ajuste pelo modelo da Lei da Potência



**Figura C.2** - Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das diferentes amostras a 20 °C, com ajuste pelo modelo de Herschel–Bulkley



**Figura C.3** - Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das diferentes amostras a 20 °C, com ajuste pelo modelo de Casson

**APÊNDICE D**

**Tabela D.1** – Valores estimados da umidade de equilíbrio da formulação em pó com 10% de maltodextrina obtida na câmara de secagem, resíduo e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 30 °C

$a_w$	Umidade de equilíbrio estimada (% bs)	Resíduo	Erro relativo
0,2161	7,6454	-0,1646	-0,0220
0,4317	9,2671	-0,4150	-0,0469
0,5140	10,2397	0,2611	0,0249
0,5603	14,9412	-1,2286	-0,0896
0,7509	16,6107	-0,3745	-0,0231
0,8063	17,5908	1,9594	0,1002
0,8362	22,9330	-0,4158	-0,0185
0,9708	7,6454	-0,1646	-0,0220

**Tabela D.2** – Valores estimados da umidade de equilíbrio da formulação em pó com 15% de maltodextrina obtida na câmara de secagem, resíduo e o erro relativo calculado para o modelo de GAB a 30 °C

$a_w$	Umidade de equilíbrio estimada (% bs)	Resíduo	Erro relativo
0,2161	2,8279	0,6044	0,1761
0,4317	6,4337	-0,2965	-0,0483
0,5140	8,0806	-0,7588	-0,1036
0,5603	9,0867	0,4617	0,0484
0,7509	13,9662	0,4729	0,0328
0,8063	15,6541	-0,0601	-0,0039
0,8362	16,6258	-0,2126	-0,0130
0,9708	21,6218	0,0002	0,00001

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)