



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

SANYELLE LIMA SOUSA

APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE JORRO PARA
OBTENÇÃO DE SUCO DE CAJU EM PÓ

FORTALEZA

2015

SANYELLE LIMA SOUSA

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE JORRO PARA
OBTENÇÃO DE SUCO DE CAJU EM PÓ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- S698a Sousa, Sanyelle Lima.
 Aplicação do processo de secagem em leite de jorro para obtenção de suco de caju em pó / Sanyelle Lima Sousa. – 2015.
 105 f. : il., color. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2015.
 Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.
 Orientação: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.
1. Caju. 2. Desidratação. 3. Estabilidade. I. Título.

CDD 664

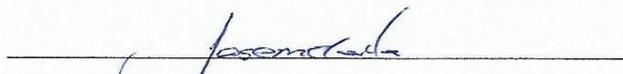
SANYELLE LIMA SOUSA

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE JORRO PARA
OBTENÇÃO DE SUCO DE CAJU EM PÓ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

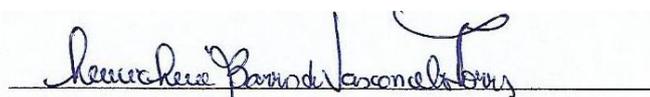
Aprovada em: 11/05/2015.

BANCA EXAMINADORA



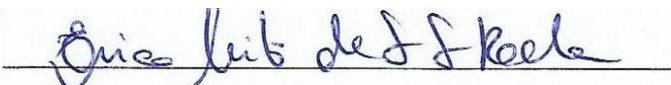
Prof. Dr. Jose Maria Correia da Costa (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dra. Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dra. Érica Milô de Freitas Felipe Rocha

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

A Deus.

Aos meus pais, Maria do Socorro e Cloves,

À minha irmã Celine e a minha amada vó.

AGRADECIMENTO

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de participar do programa de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Jose Maria Correia da Costa, pela a oportunidade, pelos ensinamentos e orientação e principalmente pela paciência comigo. A professora Lucicléia Barros participante da banca examinadora pelas valiosas colaborações e sugestões. Meu agradecimento especial a professora Érica Milô Rocha pelo seu carinho e disposição em sempre me ajudar durante essa caminhada. Ao professor Marcos Amorim pelos os ensinamentos e por sua contribuição imprescindível nesse projeto.

Aos meus queridos colegas do Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem: Manuele Aguiar, Brena Aires, Leandro Severo, Eliardo Cavalcante, Luciana Carneiro, Sandra Maria, por nossa boa convivência e momentos felizes. Ao Diácomo Maciel, pela sua ajuda no tempo que ficou no laboratório, sua disposição em sempre me ajudar. Meu agradecimento especial a Janaina Costa, Marina Silveira, Natalia Duarte, Luís Gomes e Ana Paula pela a amizade e apoio nos momentos conturbados nesses dois anos, essas pessoas vão sempre estar no meu coração e são amizades que eu quero preservar pelo resto da vida.

A minha família, em especial a minha querida mãe que sempre me apoiou em todos os momentos da minha vida, sem essa ajuda não teria chegado a lugar nenhum. Ao meu pai Cloves e minha vó Raimundinha pela força e o carinho. A minha amada irmã Celine de Lima pelo apoio e incentivo e seus conselhos imprescindíveis.

As minhas queridas amigas da graduação, Paula Luciana Lima, Karine de Pinho, Luciana Gama, Lucélia Kátia de Lima, pela amizade que sempre foi muito importante para mim. Um agradecimento especial a minha querida amiga Francisca Pereira, que me ajudou mais do que eu a ela, pela sua contribuição em minha dissertação e sempre prontidão em me ajudar. A minha querida amiga Nágela Costa, pelo seu apoio e amizade.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente com esse projeto o meu muito OBRIGADO e Deus abençoe sempre!!!

“As pessoas pensam que ter foco significa dizer sim para aquilo que você está focando, mas não é assim. Significa dizer não a outra centena de ideias boas que existem”

Steve Jobs

RESUMO

Este estudo objetivou a obtenção do suco de caju em pó por meio do processo de secagem em leito de jorro, assim como determinar as características físicas-químicas, higroscópicas e morfológicas do pó, estudar a estabilidade do produto acondicionado e armazenado em dois tipos de embalagens (plástica e laminada) a vácuo por um período de 90 dias e ainda determinar as isotermas de adsorção. Foi utilizado neste trabalho o suco de caju, como adjuvante de secagem a maltodextrina, ($DE \leq 20$) e utilizado como secador o leito de jorro. Inicialmente, foi realizado um delineamento composto central rotacional 2^3 , no qual foram consideradas como variáveis independentes: a temperatura, vazão de ar de secagem e concentração de maltodextrina e como variáveis respostas: a umidade, rendimento, higroscopicidade e ácido ascórbico. A melhor resposta experimental para a secagem do suco de caju foi a temperatura de 80 °C, concentração de maltodextrina de 12% e vazão de ar de secagem de 1,5 m³/min. O suco de caju em pó apresentou baixo pH e acidez, elevado conteúdo de sólidos solúveis e açúcares redutores e totais em relação ao suco integral. O produto apresentou elevado teor de ácido ascórbico, porém, baixo conteúdo de carotenoides e compostos fenólicos, por meio das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios-X (DRX) apresentou aspecto amorfo, pela a análise de Fluorescência de Raios-X (FRX) o composto de maior concentração determinado no suco de caju em pó foi o K₂O com 87,46% em massa. Por meio do estudo da estabilidade do suco de caju em pó foi constatado que a embalagem laminada a vácuo mostrou-se mais eficiente na preservação do pó do que a embalagem de plástica a vácuo, o parâmetro de ácido ascórbico não variou estatisticamente entre as duas embalagens até o período de 30 dias de armazenamento, o teor de carotenoides não variou estatisticamente até o período de 75 dias na embalagem laminada a vácuo. A umidade não variou estatisticamente entre as embalagens, já a atividade de água apresentou diferença estatística a partir dos 15 dias de armazenamento no qual foi notado uma elevação na embalagem plástica em decorrência da menor capacidade de barreira. Na isoterma de adsorção, modelo de BET apresentou um bom ajuste para todas as isotermas estudadas, seguido do modelo de GAB. Desta forma, o suco de caju em pó armazenado em embalagem laminada a vácuo apresentou melhor estabilidade com a manutenção das características físico-químicas e higroscópicas por um período de 90 dias.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Desidratação. Estabilidade.

ABSTRACT

This study aimed to obtain cashew juice powder through drying process in a spouted bed, as well as to determine the physical-chemical characteristics, morphological and hygroscopic powder, investigating the stability of the packaged product stored in two types of packaging (plastic and laminated) vacuum for a period of 90 days and also determine the adsorption isotherms. It was used in this work cashew juice, such as maltodextrin glidant (≤ 20 DE) and used as the spouted bed dryer. Initially, one central composite design was carried rotational 23, which were considered as independent variables: temperature, drying air flow and concentration of maltodextrin and how response variables: moisture, yield, hygroscopic and ascorbic acid. The best experimental answer to drying cashew juice was 80 ° C, concentration of 12% maltodextrin and drying air flow 1.5 m³ / min. The powder cashew juice showed low pH and acidity, high soluble solids content and reducing and total sugars in relation to the whole juice. The product has high ascorbic acid content, however, low in carotenoids and phenolic compounds through electron microscopy analysis (SEM) and X-ray diffraction (XRD) showed amorphous aspect, by the fluorescence analysis X-ray (XRF) the compound with the highest concentration given in the cashew juice powder was 87.46% with K₂O mass. For studying the stability of the powder cashew juice was found that the vacuum packaging laminate proved to be more efficient in preserving the powder to the vacuum packaging of plastic, ascorbic acid parameter did not vary significantly between the two packages until 30 days storage, the carotenoids content of not statistically varied until the period of 75 days in the vacuum packaging laminate. The humidity did not vary significantly between the packages, since the water activity showed statistical significance after 15 days of storage in which noted a rise in plastic packing due to a lower barrier capability. The adsorption isotherm, BET model showed a good fit for all studied isotherms, followed by GAB model. Thus, cashew juice powder stored in vacuum packaging laminate showed better stability with the maintenance of the physico-chemical characteristics and hygroscopic for a period of 90 days.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Dehydration. Stability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de evolução do processo de jorro.....	22
Figura 2 - Esquema de um secador leito de jorro com partículas inertes.....	23
Figura 3 - Isoterma de sorção de alimento com baixa quantidade de água.	28
Figura 4 - Fotografia do secador utilizado nesse trabalho, incluindo suas principais partes: (1) ciclone; (2) coletor de pó; (3) câmara de secagem; (4) painel de controle; (5) base modulada	33
Figura 5 - Fotografia do painel de controle do leito de jorro destacando os principais parâmetros de secagem do equipamento: (1) chave geral; (2) chaves de acionamento do soprador, aquecimento e do filtro; (3) controle de vazão de ar de secagem; (4) controle de temperatura	34
Figura 6 - Diagrama sistema CIE LAB	40
Figura 7 - Aparato para determinação do ângulo de repouso.....	44
Figura 8 - Embalagem laminada (a) e embalagem plástica (b) utilizadas na pesquisa	48
Figura 9 - Curva de contorno concentração de maltodextrina versus a temperatura para variável resposta umidade.	51
Figura 10 - Curva de contorno da interação da concentração de maltodextrina versus a vazão de ar de secagem para a variável resposta higroscopicidade.....	53
Figura 11 - Curva de contorno da concentração de maltodextrina versus a temperatura para variável resposta ácido ascórbico (a) Curva de contorno da concentração de maltodextrina versus a vazão de ar de secagem para variável resposta ácido ascórbico (b).	55
Figura 12 - Curva de contorno concentração de maltodextrina versus a temperatura para variável resposta rendimento.	57
Figura 13 - Difratoograma do suco de caju em pó obtido em leito de jorro.	68
Figura 14 - Micrografias do suco de caju em pó. A: aumento de 300x (300µm); b: aumento de 800x (100 µm); c: aumento de 1500x (50µm)	69
Figura 15 - Suco de caju em pó ao longo do armazenamento 30, 45, 60 e 75 dias.....	70
Figura 16 - Placa de petri para quantificação do grau de <i>caking</i> do suco de caju em pó.	79
Figura 17 - Isotermas de adsorção do suco de caju em pó nas temperaturas experimentais de 25, 30, 35 e 40°C (linhas) prevista pelo modelo de BET.....	86
Figura 18 - Isotermas de adsorção do suco de caju em pó nas temperaturas experimentais de 25, 30, 35 e 40°C (linhas) prevista pelo modelo de GAB.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrão de identidade e qualidade do suco de caju integral.	18
Tabela 2 - Características físico-químicas do suco integral de caju segundo diferentes autores.	19
Tabela 3 - Definição dos níveis das variáveis independentes na secagem do suco de caju.	35
Tabela 4 - Ensaio do planejamento experimental com variação dos parâmetros temperatura (°C), vazão de ar de secagem (m ³ /min.) e concentração de maltodextrina (%).	36
Tabela 5 – Padrões de higroscopicidade.....	42
Tabela 6 - Padrões de grau de <i>caking</i>	43
Tabela 7 - Classificação dos pós de acordo com as propriedades de fluidez.	44
Tabela 8 - Classificação dos pós de acordo com a compressibilidade	45
Tabela 9 - Atividade de água a 25,0 °C ± 2,0 °c de soluções saturadas.....	46
Tabela 10 - Resultados médios da umidade, rendimento, higroscopicidade e ácido ascórbico do suco de caju em pó.....	49
Tabela 11 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para umidade.	50
Tabela 12 - Resultados da análise de variância para a umidade.....	51
Tabela 13 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para higroscopicidade.....	52
Tabela 14 - Resultados da análise de variância para a higroscopicidade.	52
Tabela 15 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para ácido ascórbico.	54
Tabela 16 - Resultados da análise de variância para o ácido ascórbico.	54
Tabela 17 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para rendimento.....	56
Tabela 18 - Resultados da análise de variância para o rendimento.	57
Tabela 19 - Valores médios da caracterização físico-química do suco de caju integral.	58
Tabela 20 - Valores médios da caracterização física e físico-química do suco de caju integral.	60
Tabela 21 - Valores médios da caracterização físico-química do suco de caju em pó.....	61
Tabela 22 - Valores médios da caracterização física e físico-química do suco de caju em pó.....	63

Tabela 23 - Valores médios dos parâmetros de cor do suco de caju em pó e do suco de caju reidratado.....	65
Tabela 24 - Resultados obtidos das propriedades de fluxo do suco de caju em pó.....	66
Tabela 25 - Composição química do suco de caju em pó.	68
Tabela 26 - Parâmetros físico-químicos de pH, sólidos solúveis e acidez total do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	71
Tabela 27 - Parâmetros físico-químicos de acidez total do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	72
Tabela 28 - Parâmetros físico-químicos de açúcares redutores e totais do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	73
Tabela 29 - Parâmetros físico-químicos de ácido ascórbico e carotenoides do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	74
Tabela 30 - Umidade e atividade de água do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	76
Tabela 31 - Higroscopicidade e grau de <i>caking</i> do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	78
Tabela 32 - Solubilidade e reidratação do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.	80
Tabela 33 - Parâmetros de colorimétricos (L^* , a^* e b^*) do suco de caju em pó armazenado em duas embalagens a vácuo por 90 dias.	82
Tabela 34 - Parâmetros de colorimétricos (C^* e Hue) do suco de caju em pó armazenado em duas embalagens a vácuo por 90 dias.	83
Tabela 35 - Resultados dos ajustes das isotermas de adsorção do suco de caju em pó.....	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 O Caju.....	15
2.1.1 Segmento de sucos de frutas	16
2.1.2 Suco de caju e tecnologias para sua preservação.....	17
2.2 Secagem de alimentos	20
2.3 Secagem em leite de jorro	21
2.3.1 Secagem de leite de jorro em polpas e sucos de frutas.....	24
2.4 Agentes encapsulantes.....	25
2.4.1 Maltodextrina	26
2.5 Isotermas de sorção	26
2.5.1 Modelos matemáticos	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Matérias primas	33
3.2 Leite de jorro	33
3.3 Planejamento experimental e análise estatística.....	35
3.4 Preparo da amostra	36
3.5 Métodos	37
3.5.1 Cálculo do rendimento	37
3.5.2 pH	37
3.5.3 Sólidos solúveis	37
3.5.4 Acidez total titulável	37
3.5.5 Ácido ascórbico	38
3.5.7 Carotenoides.....	39
3.5.8 Polifenóis extraíveis totais.....	39
3.5.9 Cor.....	40
3.5.10 Atividades de água	41
3.5.11 Umidade	41
3.5.12 Granulometria	41
3.5.13 Higroscopicidade	41
3.5.14 Grau de caking	42
3.5.15 Solubilidade.....	43
3.5.16 Reidratação do pó	43

3.5.17 <i>Análise de fluidez</i>	44
3.5.18 <i>Compressibilidade</i>	45
3.5.19 <i>Difração de raios X</i>	45
3.5.20 <i>Fluorescência de raio X</i>	46
3.5.21 <i>Microestrutura</i>	46
3.6 <i>Determinação da isoterma de adsorção do pó</i>	46
3.7 <i>Estudo da estabilidade</i>	47
3.7.1 <i>Análise estatística</i>	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1 <i>Planejamento experimental e análise estatística</i>	49
4.2 <i>Caracterização do suco de caju integral</i>	58
4.3 <i>Caracterização física e físico-química do suco de caju em pó</i>	61
4.3.1 <i>Determinação das propriedades de fluxo do suco de caju em pó</i>	66
4.3.2 <i>Difração de raio X</i>	67
4.3.3 <i>Fluorescência de raio X</i>	68
4.3.4 <i>Microestrutura</i>	69
4.4 <i>Estudo da estabilidade</i>	70
4.4.1 <i>Avaliação dos parâmetros pH, sólidos solúveis e acidez total titulável</i>	70
4.4.2 <i>Avaliação dos parâmetros de açúcares redutores e totais</i>	72
4.4.3 <i>Avaliação dos parâmetros de ácido ascórbico e carotenoides</i>	74
4.4.4 <i>Avaliação dos parâmetros de umidade e atividade de água</i>	75
4.4.5 <i>Avaliação dos parâmetros de higroscopicidade e grau de caking</i>	77
4.4.6 <i>Avaliação dos parâmetros de solubilidade e reidratação</i>	79
4.4.7 <i>Avaliação dos parâmetros de cor do pó</i>	81
4.5 <i>Isotermas de adsorção</i>	84
5 CONCLUSÃO	89
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

1 INTRODUÇÃO

O Brasil com seu extenso território, condições climáticas e solo possui capacidade de produzir diversos tipos de frutas. No ano de 2014, do período de janeiro a novembro, foram exportadas pelo país cerca de 630 mil toneladas de frutas, registrando valores expressivos de US\$ 711 milhões. O Nordeste destaca-se como a região principal de exportação de frutas, o estado do Ceará ocupou uma posição de destaque com uma maior participação nas exportações, seguida dos estados da Bahia e Pernambuco (MDIC/SECEX, 2014; CEARÁ, 2013).

Apesar dos valores expressivos das exportações brasileiras no comércio internacional, sua participação é considerada pouco significativa para acompanhar a demanda mundial por frutas, a carência de maiores investimentos em tecnologia e infraestrutura faz que todo ano ocorram elevadas perdas pós colheitas (JESUS, SIDONIO e MORAES, 2010; FAO, 2013).

Uma alternativa para redução dessas perdas pós colheitas é o aproveitamento das frutas na forma de produtos com maior valor agregado, entre estes, na forma de sucos de frutas. No ano de 2012, os sucos prontos para beber apareceram na lista dos mais comprados pelos brasileiros (CESTA, 2012), alcançando um volume de 14,596 mil toneladas de exportação de janeiro a novembro de 2014 (MDIC/SECEX, 2014). Fato este que comprova as mudanças nos hábitos alimentares em busca de produtos mais saudáveis e práticos e inclui a valorização de produtos regionais. Dentre esses inclui o caju uma fruta em crescente expansão em seu consumo, não somente pelo seu aproveitamento de sua castanha, mas também pelo aproveitamento industrial do seu pedúnculo.

A produção brasileira de caju concentra-se, principalmente nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, com uma significativa importância econômica e social gerando empregos, renda e divisas externas para os estados produtores (BARROS *et al*, 1993). O principal produto de exploração é a castanha de caju, a exportação em 2014 no período de janeiro a novembro, foi de 12,431 mil toneladas (MDIC/SECEX, 2014). Em relação ao pedúnculo, o suco integral é o produto derivado de maior importância econômica com grande aceitação no mercado, comercializado na forma de suco tropical e néctar (ABREU e NETO, 2007).

Um mercado em destaque é o de sucos em pó, dados do ano de 2009, afirmam que o setor alcançou um consumo de 85,70 milhões de litros (ABIR, 2010). Embora o consumo de sucos em pó seja uma tendência, o processo de secagem de alimentos é um método de

conservação utilizado desde os tempos pré-históricos e atualmente é uma das operações unitárias mais comumente usadas na indústria que envolve a transferência de calor e massa (IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAS, 2003). Entre os processos de secagem que surgiram, a técnica do leito de jorro foi uma desenvolvida, em 1954, por dois pesquisadores canadenses para a secagem de trigo. Nos anos seguintes diversas pesquisas foram realizadas com o equipamento com uma variedade de materiais, ampliando o conhecimento e a aplicação dessa técnica (EPSTEIN e GRACE, 2011).

No Brasil a secagem de frutas tropicais utilizando os secadores de leito de jorro tem sido muito estudada nos últimos anos, devido à excelente qualidade dos produtos em pó que estão sendo obtidos (ROCHA *et al*, 2011). Desta maneira, a aplicação do processo de secagem em leito de jorro tem como objetivo o aproveitamento do suco de caju integral para a produção de um produto em pó, considerando a influência das variáveis do processo (temperatura, vazão de alimentação, vazão de ar de secagem, vazão de ar comprimido e peso das partículas inertes). Realizar a caracterização físico-química e higroscópico do suco de caju em pó, caracterizar morfológicamente por meio da microscopia de varredura, analisar a estrutura por meio de difratometria de raios X e analisar quimicamente por meio da fluorescência de raios X.

A outra parte deste trabalho é estudar a estabilidade do suco de caju em pó no que concerne: a estabilidade do produto embalado e acondicionado em dois tipos de embalagens (plástica e laminada) ao vácuo, por um período de 90 dias, e analisa-lo através das análises de atividade de água, umidade, pH, sólidos solúveis, acidez total, ácido ascórbico, açúcares redutores e totais, carotenoides, cor, higroscopicidade, reidratação, grau de *caking*. E por fim, determinar as isotermas de adsorção e avaliar o ajuste dos modelos matemáticos de BET, GAB, Oswin e Henderson do suco de caju em pó.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) pertence à família *Anacardiaceae* tem como origem o litoral nordestino do Brasil, de onde foi disseminado pelo o país. Em meados do século XVI foi levado para o exterior pelos portugueses para a Índia. Depois foi introduzida no sudeste asiático, chegando à África durante a segunda metade do século XVI, primeiro na costa leste e depois na costa oeste e por último nas ilhas a partir do qual o seu cultivo estendeu para a Indonésia e as Filipinas (LIMA, 1988, p. 5).

O caju é um pseudofruto formado pela castanha e pelo pedúnculo, este representa 90% da fruta total, seu peso pode encontra-se na faixa entre 70 g a 90 g, com o comprimento de 6 cm a 10 cm (MENEZES e ALVES, 1995, p. 7). Devido ao metabolismo muito ativo e elevada atividade respiratória, a vida útil pós-colheita do pedúnculo é muito reduzida, por exemplo, os frutos não suportam 48 horas em temperatura ambiente; e sob refrigeração, a 5°C e com 85% a 90% de umidade relativa, e devidamente embalada (atmosfera modificada), a vida útil do caju é de cerca de dez a quinze dias (BIALE e BARCUS, 1967, apud MENEZES e ALVES, 1995, p. 10; EMBRAPA, 2004, p. 26).

O pedúnculo é consumido tanto *in natura* como pode ser aproveitado industrialmente, sendo possível obter diferentes produtos tanto da fração líquida como da fração fibrosa. Entretanto, a utilização dos mesmos é considerada baixa devido a elevada perecibilidade, pouca divulgação dos produtos e baixo nível tecnológico empregado na indústria (SÁ, PAIVA E MARINHO, 2000, p. 28).

Apesar dessa variedade de produtos que podem ser obtidos a partir do pedúnculo, nenhum deles despertou grande demanda para seu aproveitamento em alta escala e, conseqüentemente, minimizar o elevado desperdício que atinge todo ano cerca de 1,5 toneladas de pedúnculo ou 75% de sua produção, os resíduos gerados chegam a 62 mil toneladas (CAJU, 2012). O pedúnculo do caju é pouco exportado e seu consumo se restringe basicamente ao mercado interno na forma *in natura* ou aproveitado na indústria para diversos produtos. Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não incluem as quantidades produzidas de pedúnculo do caju, nem sendo objeto de seus levantamentos (CEARÁ, 2012, p. 2).

2.1.1 Segmento de sucos de frutas

De acordo com o Decreto 6.871 de 6 de junho de 2009, o suco é a bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo. Esse Decreto prevê que bebidas de frutas só podem ser rotuladas como sucos caso a embalagem contenha 100% de sucos de frutas, salvo as exceções de frutas muito viscosas que necessitam de alguma diluição, como a manga e a goiaba (BRASIL, 2009).

As categorias mais facilmente encontradas no mercado são os néctares e as bebidas à base de soja onde nenhuma delas, pode ser considerada suco de frutas e em seu rótulo deve ser informado o tipo de bebida que está sendo ofertada. É válido ressaltar que poucos consumidores entendem a distinção de sucos de frutas com o que está sendo ofertada no mercado e, a compreensão dessas diferenças é importante para contribuir para uma escolha mais consciente e mais saudável. Além disso, iria favorecer o aumento do consumo de sucos integrais e reconstituídos cujos mercados são pequenos em comparação às bebidas à base de suco de frutas (MONTEIRO, 2006, p. 7).

A legislação de sucos e bebidas à base de frutas é ampla e abrangente. De acordo com Ferrarezi, Santos e Monteiro (2010), a legislação sobre sucos possui várias falhas que possibilitam a produção de sucos não regulamentados como é o caso do néctar de laranja.

Para a fruticultura, independentemente do tipo de bebida de fruta, o crescimento desse mercado pode ser uma alternativa para manter ou ampliar a rentabilidade e a sustentabilidade econômica do setor. Dentre as maiores médias de consumo diário per capita de produtos no país estão os sucos de frutas com 145 g/ dia até superior ao consumo de refrigerantes com 94,7 g/ dia (IBGE, 2011, p. 4).

Outro mercado em destaque é o de sucos em pó, dados da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não alcoólicas (ABIR) do ano de 2010 o consumo per capita desse produto foi em torno de 21,92L com a produção de 1.020 milhões de litros no mesmo ano (ABIR, 2011, p. 24). O suco em pó de laranja mantém sua preferência entre os consumidores neste mercado também, com um consumo de 1.031,86 milhões de litros em 2009 (ABIR, 2010, p. 1). Entre as principais vantagens desses produtos são: baixos preços, praticidade, fácil manuseio e elevado rendimento (ROSA, COSENZA E LEÃO, 2006, p. 121).

Segundo Oliveira (2008, p. 18) é muito importante diferenciar o suco em pó do preparado sólido para refresco, este último é muito rejeitado por algumas pessoas por considerá-lo produto artificial. Segundo a legislação os refrescos são bebidas não gaseificadas, não fermentadas, obtidas pela diluição, em água potável, do suco de fruta ou extrato vegetal de sua origem adicionada de açúcares (BRASIL, 1998), o teor de suco ou polpa de fruta não está estabelecido e o que mais se encontra no mercado são produtos com valores de até 1%. De acordo com Rosa, Cosenza e Leão (2006, p. 121) algumas mudanças na formulação desses produtos tais como a redução de açúcar, melhoria nas propriedades nutricionais e melhor consistência, têm contribuído para impulsionar as vendas.

2.1.2 Suco de caju e tecnologias para sua preservação

O suco integral possui grande aceitação no mercado é o derivado do pedúnculo de maior importância, seu consumo mais comum é na forma de suco tropical e néctar (ABREU e NETO, 2007, p. 7). Dados atualizados sobre a produção de suco de caju no Brasil são escassos na literatura. Sabe-se que o produto é mais consumido no mercado interno e a representatividade no volume das exportações é muito pequena (CRUZ; SILVA; FILHO, 2007, p. 9). De acordo com Nassar, Marino e Herrmann (2001, p. 15),

A indústria de suco é formada por dois perfis de empresas: os processadores e envasadores e os processadores e produtores de polpa. Para ambos o caju é um dos componentes de seu portfólio. O mercado de polpa ocupa os canais de distribuição das refeições fora do lar, ao passo que o mercado de suco para beber segue os canais de consumo direto via supermercados. O suco de caju tem perdido mercado para outras frutas, em especial as de clima temperado. Pode-se dizer que o mercado total de suco deverá crescer, mas o crescimento do consumo de caju para suco será menos do que proporcional. Em outras palavras, o caju perderá participação de mercado.

Um dos principais problemas na produção do suco é a sazonalidade de produção de caju, pois só há oferta de pedúnculo de caju ao redor de 4 meses por ano e as indústrias são obrigadas a comprar o estoque necessário para processar o ano todo (CRUZ, SILVA e FILHO, 2007, p. 9). Devido à alta perecibilidade da fruta o ideal seria que a obtenção do suco fosse até no máximo 24 horas após a colheita, dessa maneira a necessidade das indústrias processadoras fiquem próximas às áreas de plantio (NASSAR, MARINO e HERRMANN, 2001, p. 16).

Segundo Brasil (2000) o suco de caju é a bebida não fermentada e não diluída, obtida da parte comestível do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale*, L.), através de processo tecnológico adequado. Ainda de acordo com essa mesma legislação deverá

apresentar cor variando do branco ao amarelo, sabor próprio e levemente ácido e adstringente e aroma próprio e deverá obedecer a composição da Tabela 1.

Tabela 1 - Padrão de identidade e qualidade do suco de caju integral.

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em ° Brix, a 20° C	10	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g)	0,30	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	80	-
Açúcares totais naturais do caju (g/100g)	-	15

Fonte: Brasil (2000).

Diversos trabalhos na literatura utilizam diferentes tecnologias de preservação com o objetivo aumentar a vida útil dos sucos de caju, visando à manutenção o máximo suas características nutricionais e sensoriais. Tradicionalmente os processos usados na preservação são aqueles que utilizam tratamentos térmicos. De acordo com Fonseca (2010, p. 22) consistem na aplicação de calor ao produto obedecendo a um binômio de tempo/temperatura com o objetivo de alcançar a estabilidade do produto, ou seja, a esterilidade comercial.

Em trabalho realizado por Sancho (2006) foram avaliadas as principais alterações físico-químicas durante todas as etapas do processamento, desde a formulação do produto até a pasteurização, do suco de caju com alto teor de polpa até sua pasteurização sendo constatado que ocorreram alterações significativas em alguns parâmetros tais como sólidos solúveis totais, acidez, atividade de água, vitaminas e pigmentos durante todas as etapas do processamento, enquanto que outros parâmetros não sofreram alterações significativos tais como o pH, açúcares redutores, não redutores e totais. Também foi concluído que durante a etapa de pasteurização houve maior perda de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas.

Já no setor industrial, vêm se destacando os métodos de conservação não térmicos de processamento de frutas e derivados, entre os métodos estudados estão os campos elétricos pulsantes e o destaque para tecnologia de alta pressão, irradiação e tecnologia de membranas (MONTEIRO, 2006, p. 33).

Em trabalho realizado por Lavinias (2006, p. 61) foi aplicado a tecnologia de altas pressões em suco de caju *in natura* onde foi aplicado 250 a 400 MPa por 3 a 7 minutos a temperatura ambiente e em seguida, as amostras foram analisadas. Este autor concluiu que pressões de 250 MP não variaram o teor médio de ácido ascórbico no suco de caju, enquanto que uma pressão de 400 MPa houve uma pequena perda de 0,9%. A aplicação de altas

pressões não variou outros parâmetros físico-químicos como o pH, sólidos solúveis totais e acidez total.

Cianci *et al* (2005), avaliaram a utilização dos processos de separação por membranas, a microfiltração e a osmose reversa, no processamento do suco de caju. Para esse trabalho, foi utilizada polpa de caju submetida a um pré tratamento enzimático resultando no suco hidrolisado que foi submetido a microfiltração para obtenção do suco clarificado que, em seguida, foi concentrado em unidade de osmose reversa. Estes autores concluíram que a hidrólise enzimática não alterou as características do suco, a microfiltração reteve as macromoléculas que causavam a turvação do suco bem como foram removidos os taninos dos sucos obtidos e, durante todo o processo foi conservado o ácido ascórbico. As principais características físico-químicas de suco integral de caju encontradas em alguns trabalhos na literatura estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 - Características físico-químicas do suco integral de caju segundo diferentes autores.

Características	Sancho (2006)	Oliveira (2008)	Rocha (2013)
Acidez total (%)	0,66 ± 0,02	-	0,31 ± 0,03
Ácido ascórbico (mg/100mL)	135,63 ± 10,83	157,85 ± 5,48	1592,71 ± 52,05*
Açúcares redutores (%)	8,60 ± 0,20	-	47,36 ± 1,46 *
Açúcares totais (%)	9,06 ± 0,05	-	99,54 ± 1,34*
Carotenoides (mg/100mL)	0,243 ± 0,004	0,24 ± 0,002	1,82 ± 0,29
pH	3,73 ± 0,03	-	3,92 ± 0,01
SST (⁰ Brix)	11,10 ± 0,20	11,37 ± 0,06	10,60 ± 0,00

Valores médios ± desvio padrão, (-) não determinado, (*) valores em base seca;

Fonte: Elaborada autora

Outro processo muito utilizado na indústria de alimentos é a secagem ou desidratação. Trabalhos disponíveis na literatura sobre a secagem foram realizados por Oliveira (2008) e Rocha (2013) estes autores utilizaram o suco integral de caju para obtenção do produto na forma de pó alimentício. Oliveira (2008) estudou a variação das características físico-químicas do pó obtido utilizando como adjuvantes de secagem, a maltodextrina e a goma de cajueiro. Este autor concluiu que existe uma maior retenção do ácido ascórbico quando foi usado maiores proporções de adjuvantes de secagem assim como as propriedades físicas de fluidez e solubilidade foram favorecidas.

Rocha (2013) avaliou a estabilidade do pó de caju atomizado por 180 dias em duas embalagens (laminada e plástica), no qual foi observado um aumento de umidade do produto ao longo do armazenamento, devido tanto a higroscopicidade da amostra quanto a troca de umidade com o ambiente de armazenamento. Houve redução dos sólidos solúveis totais em ambas as embalagens, não houve alteração significativa da acidez total e houve uma maior perda de ácido ascórbico na embalagem plástica transparente.

2.2 Secagem de alimentos

A desidratação ou secagem é um método de conservação utilizado desde os tempos pré-históricos quando o homem, baseado em experiências do seu cotidiano, descobriu que através da utilização da energia solar poderia conservar seus alimentos. Estudos relatam que ocorreram na França, em 1795, a construção da primeira máquina para desidratar frutas e vegetais por meios artificiais. Esse método teve grande importância durante a Primeira Guerra Mundial onde era necessário produzir alimentos em larga escala e conservá-los para suprir às tropas em combate. Muitos secadores artificiais foram desenvolvidos e aperfeiçoados, posteriormente, durante a Segunda Guerra Mundial (DELONG, 2006, p. 5).

De acordo com Fellows (2006, p. 323) a desidratação é definida como a aplicação de calor sobre condições controladas de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, tempo e etc, para remover, por evaporação ou por sublimação, como no caso da liofilização, da água presente em um alimento.

O objetivo principal da desidratação é aumentar o período de conservação do alimento. O efeito conservante dessa operação é a eliminação de água que visa inibir o crescimento de microrganismos, a atividade de algumas enzimas e determinadas reações químicas por redução da atividade de água. Os outros objetivos desse método são a redução de peso e volume para diminuir os custos com transporte e armazenamento, e facilitar o uso e diversificar a oferta de alimentos (FELLOWS, 2006, p. 323; ORDOÑEZ *et al*, 2005, p. 220).

Os alimentos que são submetidos a processos de secagem podem sofrer mudanças nos seus atributos durante o processo e estocagem que podem reduzir a sua qualidade. Ocorrem alterações físicas como mudanças na textura, solubilidade e reidratação. Ocorrem alterações químicas como as reações de escurecimento não enzimático tais como a caramelização e reação de Maillard; a oxidação de lipídios e redução de vitaminas lipossolúveis e perda de cor pela oxidação dos carotenoides. Durante a desidratação, ocorre a

diminuição de ácido ascórbico e perda de componentes orgânicos voláteis modificando o aroma e *flavor* do produto. (OKOS *et al*, 2007, p. 663).

Existem diversos tipos de secadores disponíveis no mercado. Segundo Park *et al* (2006, p. 7) cada secador atende às diferentes necessidades de processo, que, em geral estão intrinsecamente vinculadas ao produto. Entretanto fatores relacionados ao equipamento devem ser considerados, entre eles, a taxa de produção; custo de instalação e manutenção do equipamento, de modo que a relação custo benefício seja satisfatória financeiramente. Dependendo da finalidade que se deseja obter, a aplicação de técnicas caras é pouco recomendada para a maioria dos produtos alimentícios que possuem baixo valor econômico, mesmo que se obtenha um produto com a qualidade superior (JANGAM; MUJUMDAR, 2010, p. 61).

Segundo Ordoñez *et al* (2005, p.220) o calor necessário para a remoção de água do produto pode ser transmitido por condução, convecção e por radiação, e pode ser realizada sob pressão atmosférica ou a vácuo. De acordo com Gava, Silva e Frias (2008, p. 305), os secadores mais usados estão divididos, de modo geral, em duas classes:

a) secadores adiabáticos: o calor é conduzido por meio de ar quente. Os principais secadores são o secador de cabine, secador de túnel, atomizador (*spray dryer*), leiteo fluidizado, leiteo de jorro, fornos secadores, *puff-dryer* e *form mat dryer*.

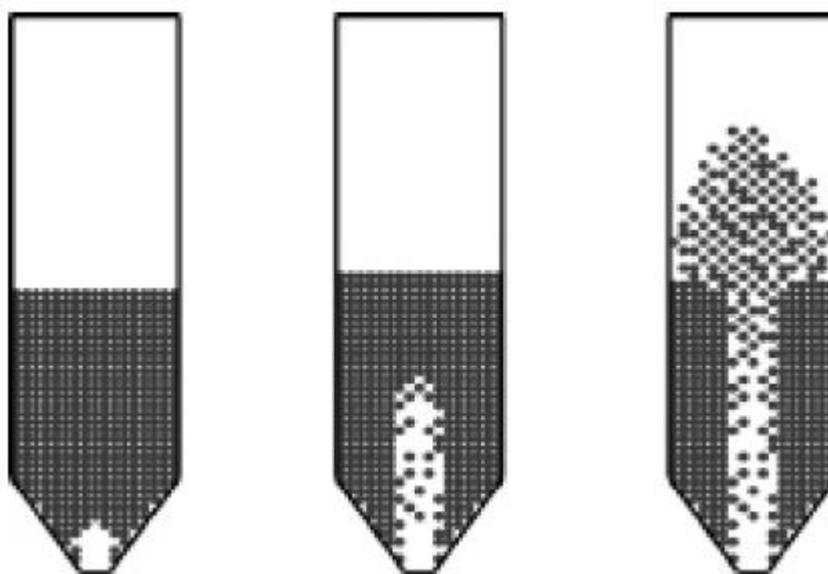
b) secadores que transferem o calor por superfície sólida, geralmente esse tipo trabalham no vácuo. Os principais representantes dessa classe são os secadores a vácuo e os secadores de tambor (*drum dryer*).

2.3 Secagem em leiteo de jorro

O leiteo de jorro foi uma técnica desenvolvida por Mathur e Gishler, no qual o principal argumento desses pesquisadores era realizar uma modificação do leiteo fluidizado cuja aplicação limitava-se a sólidos relativamente finos que apresentava má qualidade de fluidização quando aplicado em partículas de maior diâmetro (MATHUR e GISHLER, 1955, p. 1). No Canadá em 1962 foram criadas as primeiras unidades comerciais do leiteo de jorro para partículas granulares como, por exemplo, as ervilhas e lentilha. O interesse pela técnica se difundiu pelo mundo e a utilização evoluiu para outras aplicações, tais como a evaporação de soluções, a secagem de suspensões, pastas além das operações de revestimento e granulação tanto na indústria farmacêutica como em alimentos (EPSTEIN e GRACE, 2011, p. 5).

O leito de jorro convencional proposto por Mathur e Gishler (1955) é constituído de uma câmara de secagem com uma coluna cilíndrica e a base é na forma cônica, na extremidade inferior contém um orifício de entrada por onde normalmente é injetado um fluxo de ar quente. Quando carregada com partículas sólidas e aplicada determinada taxa de injeção de ar suficientemente elevada, provoca um movimento cíclico ascendente acima do nível do leito, conforme é mostrado na Figura 1.

Figura 1- Esquema de evolução do processo de jorro.



Fonte: EPSTEIN E GRACE (2011, p. 18).

Desta maneira é estabelecido um padrão de circulação dessas partículas sólidas onde são formadas três regiões distintas: região do jorro, onde é formada quando as partículas são elevadas para cima em um fluxo concorrente ao do fluxo que passa a alta velocidade; região de fonte, quando as partículas provenientes da região de jorro desaceleram e mudam a direção radialmente caindo na região anular; região anular: após as partículas atingirem determinado nível retornam a base por uma região que fica entre o limite da região central e a parede da coluna conhecida como anular. Nesta região o fluxo passa a uma baixa velocidade, trata-se de uma fase densa porque existe um maior número de partículas, em movimento contracorrente ao do fluxo (EPSTEIN e GRACE 2011, p. 18).

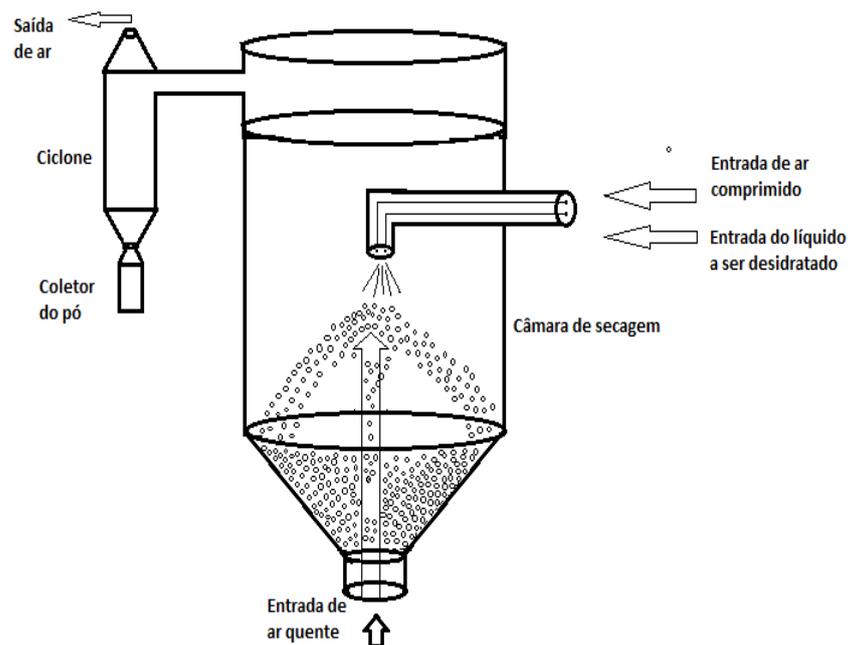
Para evaporação da água nos produtos, o calor necessário é fornecido diretamente pelo ar quente que penetra no equipamento pela parte inferior, e indiretamente pelas partículas inertes aquecidas. Através desse funcionamento propicia um maior contato entre o fluído e as

partículas e, com isso, altas taxas de transferência de calor e massa (PASSOS e MUJUMDAR, 2000, p. 222).

De acordo com Pallai, Szentmarjay e Mujumdar (2006, p. 385) este dispositivo tem como principais desvantagens a limitação da altura máxima atingida pelo jorro e a impossibilidade de ampliar o equipamento para um diâmetro maior que 1m, no qual ocorre o aparecimento de zonas mortas prejudicando o movimento cíclico das partículas, restringindo a secagem em plantas pilotos.

Em operações de granulação e revestimento, os próprios grãos vão realizar o movimento cíclico, característico do jorro, dentro da câmara de secagem. O princípio de funcionamento para a secagem de líquidos, suspensões e pastas é o mesmo, porém, neste caso é necessário adicionar partículas sólidas inertes, na forma esférica, que vão realizar o jorro, um esquema de um secador leito de jorro com partículas inertes é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de um secador leito de jorro com partículas inertes.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na zona anular, a suspensão entra em contato com as partículas inertes e forma um revestimento úmido em torno das mesmas. Em uma zona próxima a entrada do fluxo de ar quente na câmara, caracterizada por um fluxo turbulento das partículas assim como o intenso contato destas com o ar, ocorre a secagem do revestimento em torno da partícula inerte. Quando as partículas são transportadas verticalmente em fluxo concorrente ao do ar, o revestimento seco é reduzido a pó que é carregado pelo ar e separado no ciclone acoplado ao

secador (PALLAI-VARSÁNYI, TÓTH e GYENIS, 2007, p. 339; SZENTMARJAY, PALLAI e TÓTH, 2011, p. 299).

As partículas inertes fornecem uma grande superfície de contato, tornando a transferência de calor e massa efetiva, com isso, a secagem ocorre em pequeno espaço de tempo, cerca de 10 segundos, mesmo a temperaturas relativamente baixas (PALLAI-VARSÁNYI, TÓTH e GYENIS, 2007, p. 339). Muitas partículas foram testadas para secagem em leito de jorro, porém, as mais apropriadas são os inertes de vidro, cerâmica e os de plásticos resistentes ao calor. A escolha das partículas vai depender das propriedades do material a ser desidratado e a temperatura que vão ser submetidas (SZENTMARJAY, PALLAI e TÓTH, 2011, p. 300).

2.3.1 Secagem de leito de jorro em polpas e sucos de frutas

Diversos trabalhos com a aplicação de secadores de leito de jorro em polpas e sucos de frutas têm sido estudados nos últimos anos devido a viabilidade e a excelente qualidade dos pós obtidos (MEDEIROS *et al*, 2002, p. 856). Entretanto, a secagem apresenta diversos problemas que afetam este processo entre eles a instabilidade gerada no jorro e a baixa produção de pó (SOUZA, 2009, p. 4).

Medeiros (2001) estudou o efeito da modificação da composição química e das propriedades físicas da polpa de manga espada nas variáveis fluidodinâmicas no leito de jorro, realizada pela adição de açúcar, gordura, fibras, amido e pectina ao produto. Foi concluído pela autora que elevados teores de açúcares redutores prejudicam o desempenho do jorro, formando aglomeração de partículas, instabilidade do processo e baixa produção de pó. A gordura, amido e pectina promoviam melhores condições em relação aos açúcares, porém, apresentaram maiores perdas de material disperso na parede do equipamento.

Souza (2009) ampliou os estudos realizados por Medeiros (2001) observando o efeito do ajuste da composição química em misturas de polpas de frutas nas variáveis do processo sobre o desempenho e a qualidade do produto em pó. Foi concluído que a adição de oleína em pó, amido e pectina a mistura de polpas favoreceu o processo de secagem, sem comprometer a qualidade sensorial do produto.

Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2004) realizaram a secagem da polpa de acerola com 10% de maltodextrina a 70°C e armazenadas em embalagem de plástica por 60 dias a temperatura ambiente. Foi obtido uma umidade inicial de 4,074% e um ganho de umidade

final de 51,31% e, em relação ao ácido ascórbico ocorreu, uma redução de apenas 29,72% ao final do armazenamento.

Fujita *et al* (2013) realizou a secagem de polpa de camu camu em leito de jorro avaliando os impactos do processo nos compostos bioativos e a atividade antimicrobiana e antioxidante do produto em pó. As temperaturas usadas no estudo foram 60, 80, 95 e 110 °C em diferentes concentrações de maltodextrina (0%, 3% e 6%) e os autores concluíram que embora houvesse redução da atividade antioxidante em decorrência do ácido ascórbico e polifenóis, o pó de camu camu ainda representava uma boa alternativa de alimento funcional.

Santos *et al* (2013) realizou a secagem de polpa de caju com 10% de maltodextrina em leito de jorro. Foi concluído pelos autores que em temperaturas mais elevadas foram obtidos pós com menor umidade, atividade de água, e permitiu a redução da aglomeração na parede do equipamento sem a interrupção total do jorro.

2.4 Agentes encapsulantes

O processo de encapsulamento consiste em um núcleo, isto é o alimento ou ingrediente funcional, envolvido por um material secundário de modo a formar uma cápsula. O material secundário é conhecido como encapsulante que age protegendo o material do núcleo, isolando-o do ambiente externo até a sua liberação (SANGUANSRI e AUGUSTIN, 2010, p.4).

Estes materiais recebem diversas denominações tais como agentes encapsulantes, materiais de parede, revestimento, transportador entre outras. Os mais utilizados em alimentos são biopolímeros de carboidratos, proteínas e lipídios. Os quais podem ser usados sozinhos ou em combinação, em muitos casos a adição de aditivos (emulsificantes, plastificantes e antiespumantes) é uma mistura necessária para ajustar algumas propriedades no produto (SANGUANSRI e AUGUSTIN, 2010, p. 5; WANDREY, BARTKOWIAK e HARDING, 2010, p. 32).

Entre os requisitos para um bom encapsulante são: boa capacidade de formação de filme, baixa higroscopicidade, baixa viscosidade a altas concentrações de sólidos (menor que 0,5 Pa. s em concentrações superiores a 45%), solubilidade em meios aquosos, ser inodoro e insípido e deve ser um material considerado seguro GRAS (Generally Recognized As Safe) e aprovado pelos órgãos regulamentadores (AUGUSTIN e SANGUANSRI, 2008, p. 582).

Além do conhecimento das propriedades do encapsulante outros critérios devem ser considerados na escolha desse agente tais como: as propriedades do núcleo a ser

encapsulada, a interação do núcleo com o agente, a estabilidade do núcleo durante ao armazenamento, o mecanismo de controle de liberação do material presente no núcleo (SANGUANSRI e AUGUSTIN, 2010, p. 4).

2.4.1 Maltodextrina

A maltodextrina é um polímero formado por unidades de glicose unidas por ligações α 1-4 é obtida por uma modificação do amido, o qual é submetido a um processo tecnológico adequado, tratamento físico, enzimático e/ou químico, tornando-se um produto com maior aplicação industrial (COUTINHO, 2007, p. 33).

O termo Dextrose equivalente (DE) surgiu de uma dessas modificações, é definido como a porcentagem de açúcares redutores calculados como glicose em relação ao peso seco do amido, reflete seu poder de redução e indica sua estabilidade e funcionalidade (COUTINHO e CABELO, 2007, p. 1; COUTINHO, 2007, p. 28). A maltodextrina apresenta valores de dextrose equivalente inferior a 20. É um dos mais importantes agentes encapsulantes usado na secagem de produtos alimentícios, isto se deve a suas propriedades funcionais específicas tais como a solubilidade em água, baixa densidade, não apresentar sabor adocicado, além de seu baixo custo quando comparadas a outros hidrocolóides comestíveis (COUTINHO, 2007, p. 29 e 33). A maltodextrina por não possuir grupos lipofílicos, possui um baixo poder de emulsificação (GIBBS *et al*, 1999, p. 219).

A maltodextrina como agente encapsulante na secagem de frutas contribui para minimizar alguns problemas associados aos pós de frutas, entre eles a pegajosidade (*stickiness*) que está relacionado a baixa temperatura de transição vítrea (T_g) em virtude da presença dos açúcares de baixo peso molecular (sacarose, glicose e frutose) e dos ácidos orgânicos em sua composição. A elevada higroscopicidade e solubilidade em água resulta em produtos muito viscosos e difíceis de secar, o que pode prejudicar a qualidade da secagem e do produto final (GOULA e ADAMOPOULOS, 2010, p. 342; PHISUT, 2012, p. 1299).

2.5 Isotermas de sorção

O conceito da atividade de água está relacionado à disponibilidade de água para o crescimento de microrganismos e participação em diversas reações químicas e bioquímicas, é definido de acordo com a Equação 1 (REID, 2007, p. 16).

$$a_w = \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

a_w = atividade de água

P = pressão parcial de vapor da solução a uma dada Temperatura

P_0 = pressão de vapor da água pura a uma dada Temperatura

A a_w de um alimento e a umidade relativa do ambiente no qual se encontra tendem sempre ao equilíbrio. A representação gráfica que relaciona a quantidade de água de um alimento com sua atividade de água ou a umidade relativa que circunda o alimento a uma temperatura constante é denominada isoterma de sorção (ORDOÑEZ *et al*, 2005, p. 27; OKOS *et al*, 2007, p. 605).

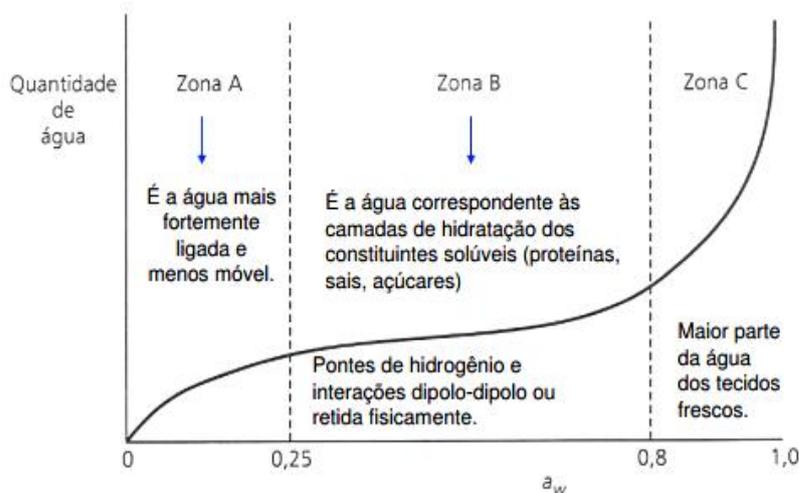
Cada alimento possui sua isoterma de sorção sob diferentes temperaturas. A forma dessa isoterma depende da estrutura física, da composição química (gordura, amido, açúcares, proteínas e etc) e da quantidade de água ligada no alimento (FELLOWS, 2006, p. 62; SILVA, PARK e MAGALHÃES, 2007, p. 22).

O estudo das isotermas de sorção para alimentos é de grande utilidade, pois permite a otimização dos processos de secagem, permite prever a a_w de diversos ingredientes e a estabilidade de cada um deles durante a mistura; permite avaliar a estabilidade do alimento baseada no valor de a_w do alimento onde retarda o crescimento de microrganismos e reduz ao mínimo as reações químicas e enzimáticas e permite escolher a melhor embalagem que preserve o produto por um tempo máximo de armazenamento (ORDOÑEZ *et al*, 2005, p. 30; SEID e HENSEL, 2012, p. 2).

Uma isoterma é tipicamente dividida em três regiões que indicam a forma como a água está ligada no alimento (Figura 3). A zona A corresponde região monomolecular onde a água está fortemente ligada e não se encontra disponível para reação, tem uma entalpia de vaporização maior que a da água pura. Neste caso, a água está ligada a grupos polares, tais como o NH^{3+} e COO^- das proteínas e grupos OH^- dos amidos. O limite das zonas I e II é chamada de monocamada de BET. A zona B é conhecida como região multimolecular corresponde à adsorção de camadas adicionais de água sobre a monocamada. Nesta região a água está menos firmemente ligada do que a primeira camada, ligeiramente menos móvel, e está disponível para dissolver solutos, acelerando muitas reações, usualmente encontra-se presente em pequenos capilares. A zona C apresenta atividade de água superior a 0,6 compreende a região de condensação, a água é menos ligada e mais móvel e está disponível

para reações como solvente. Esta água exibe propriedades comparáveis a água livre e encontram-se retida fisicamente em membranas, capilares de diâmetro maior, podendo ser facilmente eliminada do alimento (ORDOÑEZ *et al*, 2005, p. 28; VIOLLAZ e ALZAMORA, 2005, p. 465).

Figura 3 - Isoterma de sorção de alimento com baixa quantidade de água.



Fonte: ORDOÑEZ *et al* adaptado (2005, p. 28).

2.5.1 Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos surgiram da necessidade de expressar matematicamente a relação entre a quantidade de água de um alimento com sua atividade de água. Esses modelos podem ser teóricos, empíricos e semi empíricos, cujas expressões matemáticas são baseadas em dois, três ou mais parâmetros que são coeficientes de regressão parcial que servem para explicar cada uma das três zonas da isoterma de sorção (ANDRADE, LEMUS, PÉREZ, 2011, p. 328; SEID e HENSEL, 2011, p. 2).

Em muitos casos, o modelo matemático adequado para determinado produto alimentício não é o ideal para outro, não existe uma única Equação que retrate com precisão as isotermas de sorção de todos os alimentos em toda a faixa de atividade de água. Isso ocorre porque a água está associada à matriz do alimento por diferentes mecanismos, nas diferentes faixas de atividade de água. Desta maneira é preciso escolher o melhor modelo que descreva com maior precisão a relação de quantidade de água versus atividade de água de um alimento específico (LABUZA, 1975, apud AL-MUHTASEB, McMINN, MAGEE, 2002, p. 122; OKOS *et al*, 2007, p. 610).

A isoterma de Langmuir desenvolvida em 1916 é a mais importante Equação entre os modelos teóricos. Este modelo assume que a adsorção se limita a uma monocamada molecular, e os sítios de adsorção na superfície acomodaria somente uma molécula. Embora, este modelo não tenha muitas aplicações em alimentos serviu como base a novos modelos matemáticos de generalização da teoria de Langmuir que resultou nos modelos matemáticos de Brunauer, Emmet e Teller (BET) e posteriormente no modelo de Guggenheim, Anderson e Boer (GAB). Os modelos empíricos são linearizados através do ajuste com dois ou três parâmetros utilizados principalmente como uma complementação dos dados de sorção e são combinados com os modelos de BET e GAB (LABUZA e ALTUNAKAR, 2007, p. 134; ANDRADE, LEMUS, PÉREZ, 2011, p. 327).

Existem diversos modelos matemáticos disponíveis na literatura, entretanto, apenas as equações de Brunauer, Emmet e Teller (BET), Equação de Guggenheim, Anderson e Boer (GAB), Equação de Henderson e Equação de Oswin serão discutidos a seguir.

Equação de Brunauer, Emmet e Teller (BET)

A Equação de BET é um dos modelos mais utilizados na previsão de isotermas de sorção de alimentos (SEID, HENSEL, 2011, P. 3). Esse modelo é uma generalização do modelo de Langmuir e assume que a água forma uma camada monomolecular numa primeira fase enquanto que a água adicional forma uma multicamada (YANNIOTIS, BLAHOVEC, 2009, p. 1688). As duas constantes obtidas a partir do modelo de BET são o teor de umidade da monocamada (m_0) e a constante de energia (c) como é mostrado na Equação 2.

$$\frac{a_w}{(1 - a_w)} = \frac{1}{m_0} + \left[\frac{c - 1}{m_0} \right] a_w \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

m = conteúdo de umidade de equilíbrio expresso em (g. g.⁻¹ de base seca);

m_0 = conteúdo de umidade na monocamada molecular expresso em (g. g.⁻¹ de base seca);

c = corresponde a constante de calor da superfície.

A Equação 2 pode ser linearizada de acordo com a Equação 3.

$$\frac{a_w}{(1 - a_w)m} = \alpha a_w + \beta \quad (\text{Eq. 3})$$

onde:

$\alpha = \left(\frac{c-1}{m_0 c} \right)$ determinada a partir da inclinação;

$\beta = \left(\frac{1}{m_0 c} \right)$ determinada pela intercessão quando n em função de a_w . (BHANDARI e

ADHIKARI, 2008, p. 68).

A Equação final para aplicação do modelo de BET é a Equação 4:

$$m = \frac{m_o \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \left[\frac{1 - (n+1)(a_w)^2 + n(a_w)^{n+1}}{1 - (1-c)a_w - c(a_w)^{n+1}} \right] \quad (\text{Eq. 4})$$

O modelo de BET é apenas para um limite de a_w de 0,0 a 0,55, acima dessa faixa, os resultados desviam-se da linha reta quando traçados na Equação 3 (LABUZA e ALTUNAKAR, 2007, p. 136). O modelo tem sido questionado ultimamente devido algumas falhas na teoria, entre elas de que a taxa de condensação da primeira camada é igual à taxa de evaporação da segunda camada; a energia de ligação de todos os adsorbatos sobre a primeira camada é a mesma; a energia de ligação das outras camadas é igual à dos adsorbatos puros. Considerando a complexidade de um alimento, as premissas de uma superfície adsorvente uniforme e a ausência de interações laterais são incorretas (ANDRADE, LEMUS, PÉREZ, 2011, p. 329).

Equação de Guggenheim, Anderson e Boer (GAB)

Atualmente a Equação de GAB tem sido amplamente utilizada para descrever o comportamento das isotermas de sorção em alimento (TIMMERMANN, CHIRIFE e IGLESIAS, 2001, p. 19). É a melhor Equação de três parâmetros que fornece um melhor resultado numa ampla faixa de atividade de água (0,0 – 0,95), o modelo incorpora os princípios das teorias de Langmuir e BET (BHANDARI e ADHIKARI, 2008, p. 69).

Ambos os modelos de BET e GAB são baseados nos mesmos princípios da monocamada molecular, porém, a introdução de uma constante adicional (K) proporcionou ao modelo uma maior versatilidade (LABUZA e ALTUNAKAR, 2007, p. 137). O valor de monocamada é obtido através da Equação 5.

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w)(1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (\text{Eq. 5})$$

onde:

a_w = atividade de água;

X_m = conteúdo de umidade na monocamada molecular (g. g⁻¹ em base seca);

X_{eq} = conteúdo de umidade de equilíbrio expresso em (g. g⁻¹ de base seca);

C e K = constantes de sorção do modelo.

Na Equação 5, o valor de K pode variar de 0,7 a 1. Quando K é igual a 1, a Equação de GAB fica reduzida a Equação de BET linearizada. O valor de C poderá variar de 1 a 20, X_m é o valor da monocamada. Esta Equação pode ser resolvida por um programa de computador de regressão não linear em que são necessários pelo menos cinco pontos (BHANDARI e ADHIKARI, 2008, p. 69).

Equação de Henderson

O modelo de Henderson foi desenvolvido em 1952, como um modelo empírico com dois parâmetros que pode descrever o comportamento de alimentos em larga faixa de atividade de água pode ser representado pela Equação 6 e 7.

$$1 - a_w = \exp(-km^n) \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\ln[-\ln(1 - a_w)] = \ln k + n \ln m \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde k e n são parâmetros de ajuste. A Equação permite a quantificação dos parâmetros K e n a partir da inclinação da reta e da intercessão de $[-\ln(1 - aw)]$ versus m que na maioria dos casos não resulta em uma reta. (BHANDARI e ADHIKARI, 2008, p. 66; LABUZA e ALTUNAKAR, 2007, p. 139). A Equação final que define o modelo de Henderson é a Equação 8.

$$m = \left[\frac{-\ln((1 - a_w))}{k} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (\text{Eq. 8})$$

Equação de Oswin

O modelo de Oswin foi desenvolvido em 1956, trata-se de um modelo empírico com dois parâmetros, ou seja, duas constantes de fácil linearização. O a e b são constantes a

serem obtidas pela através do ajuste dos dados experimentais e podem ser visualizadas na Equação 9. (BHANDARI e ADHIKARI, 2008, p. 20).

$$X_{eq} = a \cdot \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad (\text{Eq. 9})$$

onde:

a_w = atividade de água;

X_{eq} = conteúdo de umidade de equilíbrio expresso em (g. g⁻¹ de base seca);

a e b = parâmetros de ajuste.

O parâmetro a é introduzido para ser função da temperatura, as constantes de x e y estabelecem essa dependência linear, de acordo com a Equação 10.

$$X_{eq} = (x + yT) \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b \quad (\text{Eq. 10})$$

3 MATERIAL E MÉTODOS

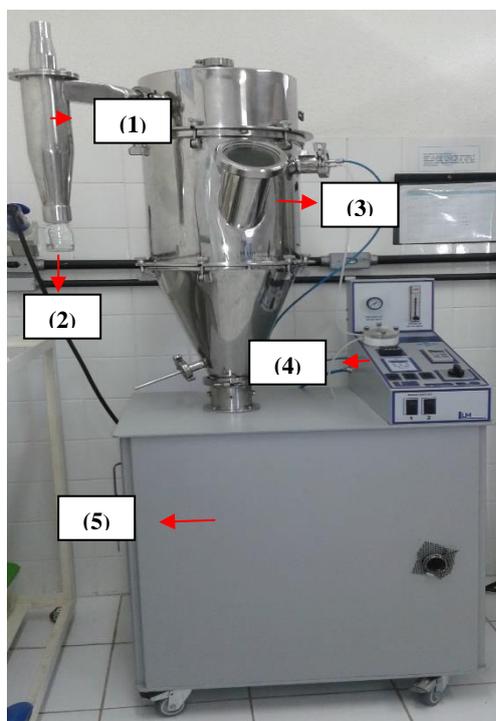
3.1 Matérias primas

Foi utilizado neste trabalho o suco de caju integral, processado na planta piloto da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Em seguida, o suco foi encaminhado ao laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de alimentos da Universidade Federal do Ceará, e mantidos sob congelamento a -18°C . O adjuvante de secagem utilizado neste trabalho foi a maltodextrina, com dextrose equivalente inferior a 20% (categoria beverage), obtida da empresa Cargill ingredientes alimentícios.

3.2 Leito de jorro

O secador utilizado nesta pesquisa é apresentado na Figura 4 é um equipamento que realiza tanto as operações de fluidização e leito de jorro, da labmaq do Brasil LTDA (modelo FBD 5.0).

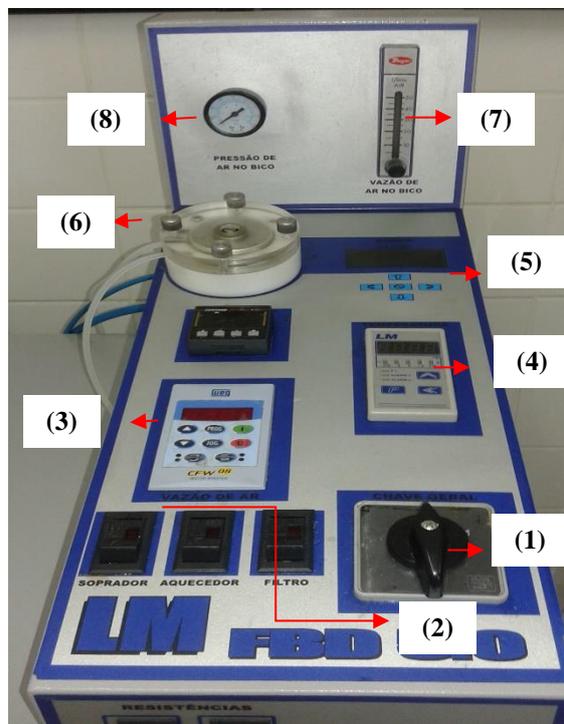
Figura 4 – Fotografia do secador utilizado nesse trabalho, incluindo suas principais partes: (1) ciclone; (2) coletor de pó; (3) câmara de secagem; (4) painel de controle; (5) base modulada



Fonte: Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem – UFC.

Os principais parâmetros do equipamento são: temperatura ($^{\circ}\text{C}$); vazão de ar de secagem (m^3/min); velocidade de alimentação (mL/min); vazão de ar comprimido (L/min) e peso do material inerte (g). Na Figura 5 é ilustrado o painel de controle do equipamento.

Figura 5 – Fotografia do painel de controle do leito de jorro destacando os principais parâmetros de secagem do equipamento: (1) chave geral; (2) chaves de acionamento do soprador, aquecimento e do filtro; (3) Controle de vazão de ar de secagem; (4) Controle de temperatura; (5) Controle de bomba peristáltica; (6) Bomba peristáltica; (7) Vazão de ar do bico de atomização; (8) Indicador da pressão do ar do bico de atomização.



Fonte: Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem – UFC.

Baseados em testes preliminares, neste trabalho foram fixados os parâmetros: peso do material inerte em 400g, a velocidade de alimentação em $4,6 \pm 0,1$ (mL/min) e a vazão de ar comprimido em 30 L/min . O material inerte foram as partículas esféricas de plástica de alta densidade com diâmetro médio de 33 mm.

3.3 Planejamento experimental e análise estatística

Foi realizado um delineamento composto central rotacional 2^3 (Tabela 3), considerando como variáveis independentes: temperatura, vazão de ar de secagem e concentração de maltodextrina. E como variáveis respostas do suco de caju em pó foram estudadas: umidade, rendimento, higroscopicidade e ácido ascórbico.

Tabela 3 - Definição dos níveis das variáveis independentes na secagem do suco de caju.

Variáveis independentes	Níveis				
	-1,68	-1,0	0	1,0	1,68
Temperatura (°C) - (X_1)	55,2	62	72	82	88,8
Concentração de maltodextrina (%) - (X_2)	3,6	7	12	17	20,4
Vazão de ar de secagem (m ³ /min.) - (X_3)	1,16	1,3	1,5	1,7	1,84

Fonte: própria autora.

Foi utilizado o software Statistica, versão 7,0 (STARTSOFT CO., 2007) para elaboração dos modelos, assegurando a validade dos coeficientes a um nível de confiança de 95%, assim como a análise de variância (ANOVA) que consiste em fazer uma avaliação do coeficiente de determinação (R^2) e do teste F como critério de validação dos modelos.

Para o planejamento foram necessários 17 ensaios, sendo oito experimentos fatoriais (combinação dos níveis ± 1), seis axiais (uma variável independente no nível $\pm \alpha$ e as outras duas, no nível 0) e três centrais (três variáveis independentes no nível 0) conforme a Tabela 4. Os dados experimentais dos modelos da secagem do suco de caju em pó foram ajustados por meio de regressão linear e não-linear, utilizando como recurso o programa Statistica versão 7.0. Por meio da análise de variância (ANOVA), do teste de Fischer (F) e do coeficiente de correlação, foram realizados os estudos de significância estatística do planejamento.

Tabela 4 - Ensaios do planejamento experimental com variação dos parâmetros temperatura (°C), Vazão de ar de secagem (m³/min.) e concentração de maltodextrina (%).

Variáveis independentes			
Ensaios	Temperatura (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Vazão de ar no soprador (m ³ /min.)
1	82	17	1,7
2	62	17	1,7
3	82	7	1,7
4	62	7	1,7
5	82	17	1,3
6	62	17	1,3
7	82	7	1,3
8	62	7	1,3
9	55,2	12	1,5
10	88,8	12	1,5
11	72	3,6	1,5
12	72	20,4	1,5
13	72	12	1,16
14	72	12	1,84
15	72	12	1,5
16	72	12	1,5
17	72	12	1,5

Fonte: própria autora.

3.4 Preparo da amostra

Após o descongelamento do suco integral de caju, foi pesada uma quantidade de 400g do suco para cada ensaio e adicionado a quantidade de maltodextrina (DE20) de acordo com o estabelecido pelo o planejamento experimental (item 3.3). Em seguida a mistura foi desidratada em secador de leito de jorro (Figura 4). O pó obtido foi pesado em seguida acondicionado em embalagem laminada até a realização das análises necessárias.

3.5 Métodos

3.5.1 Cálculo do rendimento

Para determinação do rendimento da secagem do suco de caju obtido em leite de jorro, foram levados em consideração os pesos antes e após a determinação da umidade da mistura (suco + maltodextrina) conforme a Equação 11.

$$\text{Rendimento}(\%) = \left(\frac{\{P_{f\text{pó}} \times \text{Quantidade de pó obtida na secagem}\} / P_{i\text{pó}}}{(P_{f\text{mistura}} \times \text{Peso da mistura}) / P_{i\text{mistura}}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 11})$$

onde:

$P_{f\text{mistura}}$ = Peso final da mistura (suco + maltodextrina) após a umidade;

$P_{i\text{mistura}}$ = Peso inicial da mistura (suco + maltodextrina) utilizada para a umidade;

$P_{f\text{pó}}$ = Peso final do pó após a umidade;

$P_{i\text{pó}}$ = Peso inicial do pó utilizada para a umidade.

3.5.2 pH

Para determinação do pH foi utilizado o pHmetro, previamente calibrado com soluções tampões de 4,0 e 7,0. As amostras líquidas eram diretamente medidas, para amostras em pó, era necessário pesar 1g e diluí-la em 10 mL de água destilada até a completa dissolução conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.5.3 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria expressa em grau °Brix a 20°C. Foi realizada a diluição 1:10 (pó: água destilada) os valores finais foram corrigidos de acordo com a diluição, segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.5.4 Acidez total titulável

A acidez total titulável foi realizada segundo metodologia do Adolfo Lutz (2008), com a pesagem de 1g da amostra em erlenmeyer de 100 mL, depois a adição de 50 mL de água destilada, a mistura foi homogeneizada, em seguida foi adicionado de 2 a 3 gotas de fenofaleína 1% e foi titulada com NaOH 0,1N padronizado, a análise foi realizada em triplicata, e a acidez foi expressa em g/100g de ácido cítrico.

3.5.5 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado por titulometria, utilizando 2,6-dicloro-fenol-indofenol (DFI) de acordo com metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967, p. 428). Cerca de 1g de amostra foi pesada e diluída em ácido oxálico 0,5%, a mistura foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL e completado com ácido oxálico 0,5%. Logo após a agitação do balão, uma alíquota de 5 mL foi retirada e transferida para um erlenmeyer e foi adicionada 45 mL de água destilada e procedia-se a titulação com DFI 0,02% até o aparecimento de uma coloração rósea persistente. A análise foi realizada em triplicata, o resultado foi expresso em mg/100g.

4.3.6 Açúcares redutores e totais

Os açúcares redutores e totais foram determinados segundo método proposto por Noelting e Bernfeld (1984). A análise consiste em uma reação entre o reagente o DNS (3,5 - dinitro-salicílico) com a amostra sob aquecimento que pode ser visualizada pela mudança de coloração do amarelo para o marrom. As análises de açúcares foram realizadas em três etapas, a primeira etapa consiste na preparação da amostra, a segunda etapa foi a determinação dos açúcares redutores e a terceira etapa foi a determinação dos açúcares totais. Na primeira etapa foi pesada de 0,5 a 1,5g de amostra em um Becker e adicionada 40 mL de água destilada e foi aquecido em banho-maria (60 a 70°C) por 5 minutos, após o resfriamento foi transferido para um balão de 100 mL e aferido com água destilada e por fim foi filtrado com papel de filtro para o mesmo Becker.

Na segunda etapa em cada tubo foram adicionados 0,5 do filtrado, 1 mL de DNS e 1mL de água destilada. Os tubos foram homogeneizados em vortex e levados para o banho maria por 5 minutos a 100°C. Após o resfriamento em banho de gelo, foi adicionado 7,5 mL de água destilada em cada tubo, homogeneizado, e realizada a leitura em espectrofotômetro a 540nm. Os açúcares redutores foram expressos em porcentagem.

Na terceira etapa foi separado 25 mL do filtrado obtido da primeira etapa no qual foi adicionado 2 mL de ácido clorídrico concentrado (P.A) e levado ao banho maria (70 a 80°C) por 30 minutos. Após o resfriamento, a solução foi neutralizada com NaOH 20% e HCl (1:1), com a mistura neutralizada, esta foi transferida para um balão de 50 mL e aferido com água destilada. Na preparação dos tubos foram adicionados 1 mL da amostra do balão, 1 mL de DNS e 0,5 mL de água destilada. No tubo padrão foi adicionado 1 mL de DNS e 1,5 mL de água destilada (branco). Os tubos foram homogeneizados em vortex e levados para o banho

maria por 5 minutos a 100°C. Após o resfriamento em banho de gelo, foi adicionado 7,5 mL de água destilada em cada tubo, homogeneizado, e realizada a leitura em espectrofotômetro a 540nm. Os açúcares totais foram expressos em porcentagem.

3.5.7 Carotenoides

Para determinação de carotenoides totais foi utilizado metodologia proposta por Lichtenthaler com adaptações (1987, p. 348) sendo inicialmente foi pesado 0,5g de amostra em um Becker de 50 mL e adicionado 18 mL de acetona 80%, em seguida foi homogeneizada em vortex por 5 minutos. A mistura foi filtrada em um Becker com papel de filtro. Em seguida foi realizada a leitura do filtrado em espectrofotômetro nas absorbâncias de 470nm (carotenoides), 646nm (clorofila A) e 663nm (clorofila B). O cálculo do teor de carotenoides da amostra foi determinado de acordo com a Equação 12.

$$\text{Carotenoides} = \frac{1000 \times A_{470} - (1,82 \times C_a + 85,02 \times C_b)}{198} \quad (\text{Eq. 12})$$

onde:

$$C_a (\mu\text{g/mL}) = (12,25 \times A_{663}) - (2,79 \times A_{646}) \quad (\text{Eq. 13})$$

$$C_b (\mu\text{g/mL}) = (21,50 \times A_{646}) - (5,10 \times A_{663}) \quad (\text{Eq. 14})$$

onde:

C_a = Clorofila A;

C_b = Clorofila B;

C = Carotenoides totais;

A = Absorbância.

3.5.8 Polifenóis extraíveis totais

Os polifenóis extraíveis totais foram determinados segundo método proposto por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997). Foi pesado 3g de amostra em um béquer, adicionado 40 mL de metanol 50%, homogeneizado e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida foi centrifugado a (3000) rpm durante 15 minutos, foi recolhido o sobrenadante em um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração, foi adicionado 40 mL de acetona 70%, homogeneizado e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida foi centrifugado novamente a

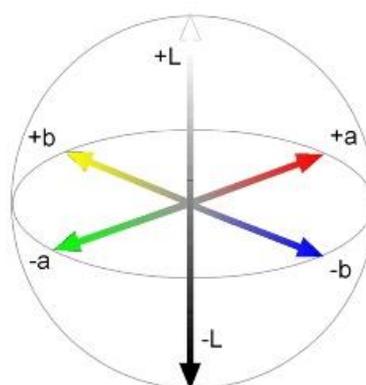
3000 rpm por 15 minutos foi recolhido o segundo sobrenadante e juntado a primeiro e completado o volume para 100 mL. Foi acrescentado 1 mL do folin ciocalteau (1:3), 2 mL do carbonato de sódio 20% e 2 mL de água destilada em seguida homogeneizado e deixado em repouso à temperatura ambiente e protegido da luz por 30 minutos, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 700 nm.

Em tubos de ensaio, foram preparadas diluições de 1/10 em três repetições com o extrato. Em ambiente escuro, foi adicionado 1 mL da diluição do extrato, 1 mL do folinciocalteau (1:3), 2 mL do carbonato de sódio (20%), 2 mL de água destilada e homogeneizado. As leituras, em espectrofotômetro a 700 nm, foram realizadas aos 30 minutos após a adição dos reagentes. O branco da leitura foi 1 mL de água destilada acrescentando todos os reagentes acima citados. Os resultados foram expressos em mg/100g de ácido gálico.

3.5.9 Cor

A cor do suco de caju integral e do pó foi determinada utilizando o colorímetro Konica Minolta spectrophotometer modelo CR410, no sistema CIE LAB é definido por um espaço de coordenadas retangulares ($L^*a^*b^*$) e outro de coordenadas cilíndricas (L^* , C^* , Hue).

Figura 6 - Diagrama sistema CIE LAB



Fonte: Corbella (2015).

Neste trabalho foram medidos as variáveis L^* , a^* , b^* , Chroma (C^*), ângulo Hue (H^*). O parâmetro a^* é a medida do vermelho (a^* positivo) ao verde (a^* negativo), o parâmetro b^* é a medida do amarelo (b^* positivo) ao azul (b^* negativo). O parâmetro ângulo de tonalidade (Hue) expressa o ângulo do círculo que indica a tendência da cor. O parâmetro Chroma expressa à intensidade da cor, o nível de saturação que graficamente é o raio do

círculo de tonalidade variando de 0 a 60 (GONZALÉZ E VICENTE, 2007, p. 31). Os parâmetros Chroma e o ângulo de tonalidade (Hue) são derivados dos parâmetros a^* e b^* foram fornecidos pelo próprio equipamento.

Para a determinação da cor do suco de caju em pó reidratado foi pesada 1g do pó em um becker de 250 mL e em seguida foi adicionada 100 mL de água destilada, foi colocado um agitador magnético ao becker, mantendo sob agitação a 800 rpm, após a completa dissolução do pó, foi transferido para uma placa de petri e medida a cor do suco de caju em pó reidratado.

3.5.10 Atividades de água

A atividade de água foi determinada em um medidor de atividade de água AQUALaB 4TEV na temperatura de 25 °C, calibrado com água destilada conforme instruções do fabricante.

3.5.11 Umidade

Foi realizada em analisador de umidade da marca Marte, modelo ID 50, a fonte de aquecimento é uma lâmpada de halogênio (400 W) e a sensibilidade da balança é de 0,001 g. Os parâmetros de análise empregados foram: a) massa das amostras: 2,00 g; b) temperatura de análise: 105°C; c) término da análise: perda menor que 1 mg em 120 e 140 segundos; e) Intervalo entre as análises: 30 min, 2 min e sem intervalos.

3.5.12 Granulometria

O diâmetro das partículas foi medido utilizando o modelo de difrator granulométrico a laser Particle Size Analyzer (modelo Cilas 1090, França). O aparelho utiliza dois feixes de laser (a 45° da amostra seca) cobrindo uma ampla gama de tamanhos de partículas (de 0,04 μm a 500 μm).

3.5.13 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Goula e Adamopoulos com adaptações (2010, p. 344) no qual cerca de 1g da amostra em pó foi peneira (peneira de análise granulométrica de 500 μm) e distribuída em placas de petri, previamente taradas e pesadas. As placas foram colocadas em células de higroscopicidade com uma umidade relativa em torno de 75% e permaneciam por 90 minutos, logo depois eram

pesadas novamente. A análise foi realizada em triplicata, a higroscopicidade foi calculada conforme Equação 15.

$$\text{Higroscopicidade}(\%) = \frac{(\text{Peso}_{\text{final}} - \text{Peso}_{\text{inicial}}) \times 100}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} \quad (\text{Eq. 15})$$

Para fins de comparação foram utilizados os padrões de higroscopicidade estabelecidos por GEA Niro Research Laboratory (2003) conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Padrões de higroscopicidade

Higroscopicidade	Porcentagem (%)
Não higroscópico	<10%
Ligeiramente higroscópico	10,1 – 15%
Higroscópico	15,1 – 20%
Muito higroscópico	20,1 – 25%
Extremamente higroscópico	>25%

Fonte: GEA Niro Research Laboratory (2003).

3.5.14 Grau de caking

Após a conclusão da análise de higroscopicidade, as placas foram submetidas a estufa de circulação de ar por uma hora a 102 °C de acordo com a metodologia proposta por Jaya e Das (2004, p. 130). Em seguida o pó foi retirado, cuidadosamente, com uma espátula e colocado em peneira granulométrica de 500 µm previamente tarada e pesada. Após esse procedimento a peneira com o suporte foi colocada em agitador de peneira por 5 minutos na vibração média (5), depois eram pesadas a peneira e o pó retido após a agitação, o pó retido na peneira foi expresso como grau de *caking*. A análise foi realizada em triplicata, e calculada conforme a Equação 16.

$$\text{Grau de Caking} (\%) = \frac{(\text{Peso do pó retido na peneira}) \times 100}{(\text{Peso de pó inicial contido na placa})} \quad (\text{Eq. 16})$$

Para fins de comparação foi utilizado neste trabalho os padrões do grau de *caking* estabelecidos por GEA Niro Research Laboratory (2003) conforme a Tabela 6.

Tabela 6 – Padrões de grau de *caking*.

Higroscopicidade	Porcentagem (%)
Não há formação de <i>caking</i>	<10%
Ligeira formação de <i>caking</i>	10,1 – 20%
Pó com formação de <i>caking</i>	20,1 – 50%
Pó com muita formação de <i>caking</i>	>50%
Pó com extrema formação de <i>caking</i>	100%

Fonte: GEA Niro Research Laboratory (2003).

3.5.15 Solubilidade

A análise de solubilidade foi realizada segundo metodologia de Cano-Chauca *et al* (2005, p. 423). Inicialmente foi pesada 1g da amostra em pó e adicionada 100 mL de água destilada, a qual foi agitada por 5 minutos a uma velocidade de 2500 rpm. Em seguida foi transferida cerca de 50 mL da solução, medida por meio de uma pipeta graduada, para um tubo e em seguida centrifugado a 3000 rpm por 5 minutos, depois foi retirada uma alíquota de 25 mL com uma pipeta graduada e transferida para uma placa de petri previamente tarada e pesada. Por fim, foi submetida à secagem em estufa de circulação de ar a 105 °C por 5 horas. A análise foi realizada em triplicata e a solubilidade foi calculada conforme Equação 17.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \left(\frac{\text{Peso sólido final seco} \times 4}{\text{Peso da amostra em base seca}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 17})$$

3.5.16 Reidratação do pó

O tempo de reidratação do pó foi determinado conforme metodologia proposta por Goula e Adamopoulos (2010, p. 344). Foi pesado 1g de pó em um becker de 250 mL e em seguida foi adicionada 100 mL de água destilada, foi colocado um agitador magnético ao becker, mantendo sob agitação a 800 rpm e com o auxílio de um cronômetro foi determinado o tempo de reidratação do pó. O tempo era pausado a cada 30 segundos de agitação para verificar a completa dissolução do pó. O tempo médio de reidratação foi retirado a partir da análise em duplicata.

3.5.17 Análise de fluidez

Foi realizada conforme metodologia proposta por USP 30 (2007) que se baseia na medição do ângulo de repouso estático. O aparato utilizado nesse trabalho está ilustrado na Figura 7, a partir do raio (r) e da altura (h) do cone formado pelo pó, determina-se o ângulo de repouso de acordo com a Equação 18.

$$\tan \alpha = \left(\frac{h}{r} \right) \quad (\text{Eq. 18})$$

Figura 7 - Aparato para determinação do ângulo de repouso.



Fonte: própria autora.

Para fins de classificação do pó no tocante as suas propriedades de fluidez foram utilizadas os parâmetros estabelecidos por Carr (1965), conforme a tabela 7.

Tabela 7 – Classificação dos pós de acordo com as propriedades de fluidez.

Fluidez	Ângulo de repouso
Excelente	25-30
Bom	31-35
Aceitável	36-40
Passável	41-45
Ruim	46-55
Muito ruim	56-65
Muitíssimo ruim	>66

Fonte: USP 30 (2007).

3.5.18 Compressibilidade

Para determinação da compressibilidade e do fator de Hausner foram determinados utilizando o método da proveta graduada, cerca de 20g foi pesada e transferida para uma proveta graduada de 500 mL e foi verificado o volume ($\rho_{\text{apar.}}$). Em seguida, a amostra na proveta foi submetida a quarenta batidas de cerca de 30 cm de altura e anotado o volume final ($\rho_{\text{compr.}}$). A partir dos valores de densidade aparente de compactação foi calculado o Fator de Hausner, FH, (Equação 19) e o índice de compressibilidade, IC, (Equação 20).

$$FH = \left(\frac{\rho_{\text{Comprimida}}}{\rho_{\text{aparente}}} \right) \quad (\text{Eq. 19})$$

$$IC = \left(\frac{\rho_{\text{comprida}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{aparente}}} \right) \quad (\text{Eq. 20})$$

Determinado o índice de compressibilidade e fator de Hausner do pó foi classificado conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Classificação dos pós de acordo com a compressibilidade

Índice de compressibilidade (%)	Fator de <i>Hausner</i>	Classificação
<10	1.00-1.11	Excelente
11-15	1.12-1.18	Bom
16-20	1.19-1.25	Aceitável
21-25	1.26-1.34	Passável
26-31	1.35-1.45	Ruim
32-37	1.46-1.59	Muito ruim
>38	>1.60	Muito, muito ruim

Fonte: USP 30 (2007).

3.5.19 Difração de raios X

A análise de DRX foi realizada em difratômetro de raios-X (modelo XRD 7000, Shimadzu, Japão) usando amostras secas, as quais foram analisadas a 5°/min com os valores de 2 θ (ângulo) indo de 5° a 80° em intervalos de 0,02° conforme instruções do fabricante. Os

resultados obtidos foram analisados empregando o software Xpert High Score Plus com base de dados PDF2.

3.5.20 Fluorescência de raio X

Foi realizada a análise de fluorescência de raio X que determina a composição elementar, qualitativa e quantitativamente, pela a excitação de átomos e detecção de seus raios X característicos, utilizando um espectrômetro de fluorescência de Raios-X por energia dispersiva da Shimadzu EDX 720, utilizando como detector de Si(Li) para as determinações dos analitos na fase sólida conforme instruções do fabricante.

3.5.21 Microestrutura

O estudo da morfologia das partículas foi realizado por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV). As amostras foram fixadas em porta-espécimes metálicos com fita adesiva de dupla face condutora convencional. As amostras foram observadas em microscópio eletrônico de varredura (modelo TM3000, Hitachi, EUA), operando com tensão de aceleração de 5 kV e 15 kV, com zoom de 300x, 800x e 1500x no laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) da UFRN.

3.6 Determinação da isoterma de adsorção do pó

As isotermas de adsorção do pó foram determinadas pelo método gravimétrico estático. Inicialmente foram pesadas 0,2 g da amostra em triplicata em cadinhos de alumínio previamente tarados, em seguida foram colocados em recipientes fechado contendo soluções salinas saturadas elaboradas conforme Greespan (1977) apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Atividade de água a $25,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ de soluções saturadas.

Soluções saturadas	Atividade de água (a_w)
CH ₃ COOK	0,21
K ₂ CO ₃	0,44
NaBr	0,58
SnCl ₂	0,76
KCl	0,84
BaCl ₂	0,90

Fonte: Greespan (1977).

Os cadinhos foram pesados em intervalos de 24 h até que não fosse verificado mais a variação de peso, em seguida foram realizadas as atividades de água nas temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C. Posteriormente foram levadas para estufa a temperatura de 105 °C até a obtenção da massa seca da amostra. A determinação da umidade de equilíbrio foi determinada de acordo com a Equação 21.

$$X_e = \frac{(M_e - M_s)}{M_s} \quad (\text{Eq. 21})$$

onde:

X_e = umidade de equilíbrio (g água/g água massa seca);

M_e = massa de amostra quando atinge o equilíbrio (g);

M_s = massa seca de amostra (g).

Foram utilizados os modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin para o ajuste dos dados experimentais. Os valores do erro (E) foram calculados de acordo com a Equação 22 conforme Toloba *et al* (2004, p. 367).

$$E = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(M_i - M_{pi})|}{M_i} \quad (\text{Eq. 22})$$

onde:

E = erro médio relativo;

M_i = valores obtidos experimentalmente;

M_{pi} = valores preditos pelo modelo;

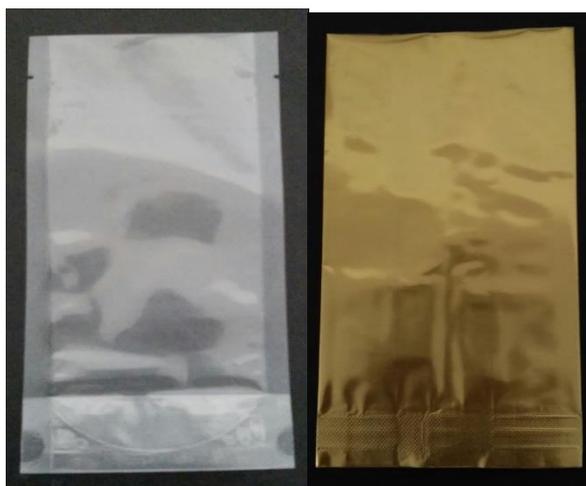
n = número de dados experimentais.

3.7 Estudo da estabilidade

Para a realização do estudo da estabilidade foram necessárias em torno de 300 g do pó para cada embalagem (Figura 8). Em seguida foi acondicionado nas duas embalagens e seladas a vácuo e armazenadas a temperatura ambiente de aproximadamente de 25 °C. A embalagem plástica ESP028 (Figura 8a) é de cor transparente, formada pela combinação de PA (Poliamida) + PE (Polietileno), a embalagem laminada ESA038 (Figura 8b) é de cor ouro, formada pela junção de Alumínio, PET (Politereftalato de etileno) e poliamida. As análises

realizadas no suco de caju em pó foram: pH, sólidos solúveis, acidez total, higroscopicidade, grau de caking, solubilidade, ácido ascórbico, umidade, atividade de água, açúcares redutores e totais, carotenoides, cor e reidratação. Todas as análises foram realizadas a cada 15 dias por um período de 90 dias de estabilidade.

Figura 8 - Embalagem laminada (a) e embalagem plástica (b) utilizadas na pesquisa



(a)

(b)

Fonte: própria autora.

3.7.1 Análise estatística

Os resultados das determinações analíticas foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de confiança de 95% através do programa Statistica, versão 7,0 (STATSOFT CO., 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Planejamento experimental e análise estatística

Os resultados da secagem do suco de caju em pó, de acordo com o planejamento fatorial, encontram-se na Tabela 10. De forma geral, os pós obtidos nos ensaios 4 e 11 apresentaram menor umidade e os ensaios 6 e 13 foram os pós com maior umidade. O melhor rendimento foi obtido no ensaio 10 em função da maior temperatura e da concentração intermediária de maltodextrina. Os pós obtidos nos ensaios 1, 2, 9, 10, 12, 14 e 17, de acordo com os critérios de GEA niro (2003) são pós ligeiramente higroscópicos e os pós restante foram considerados pós não higroscópicos.

Tabela 10 – Resultados médios da umidade, rendimento, higroscopicidade e ácido ascórbico do suco de caju em pó.

Variáveis independentes				Variáveis dependentes			
Ensaio	X ₁	X ₂	X ₃	Umidade (%)	Rendimento (%)	Higroscopicidade (%)	AA (mg/100g)
1	82	17	1,7	1,86	39,86	11,73	550,43
2	62	17	1,7	3,13	34,54	10,49	547,05
3	82	7	1,7	2,29	30,05	7,44	647,02
4	62	7	1,7	1,70	18,58	7,24	626,25
5	82	17	1,3	2,13	35,60	6,64	591,40
6	62	17	1,3	3,85	32,28	7,60	668,39
7	82	7	1,3	2,00	24,67	9,60	624,11
8	62	7	1,3	2,63	13,83	9,32	594,69
9	55,2	12	1,5	3,53	29,71	10,17	521,16
10	88,8	12	1,5	2,94	44,29	10,55	729,18
11	72	3,6	1,5	1,80	18,42	9,07	606,91
12	72	20,4	1,5	2,73	37,09	11,28	442,05
13	72	12	1,16	3,81	29,77	9,87	771,03
14	72	12	1,84	2,47	31,65	10,66	744,61
15	72	12	1,5	3,50	31,59	9,64	638,98
16	72	12	1,5	2,80	41,15	9,26	617,12
17	72	12	1,5	2,53	36,91	10,78	859,26

X₁= temperatura (°C); X₂= concentração de maltodextrina (%); X₃= vazão de ar de secagem (m³/min.)

Fonte: Elaborada pela autora.

A análise estatística aplicada aos dados experimentais de umidade do suco de caju em pó obtido em leito de jorro encontra-se resumidos na Tabela 11. Foi observado que para a umidade, os fatores independentes temperatura linear (L) e concentração de maltodextrina linear (L) e quadrática (Q) foram significativos sobre a umidade. Observa-se que as variáveis: temperatura (L) e concentração de maltodextrina (Q) apresentaram efeito negativo sobre a umidade, indicando que o aumento desses fatores acarretará na diminuição da umidade. A concentração de maltodextrina linear teve efeito positivo na variável umidade, indicando que quanto maior esse efeito, maior será a umidade. Resultados semelhantes foram observados por Rocha *et al* (2014) na secagem do suco de caju em *Spray dryer* que obteve em seu planejamento experimental efeito negativo da temperatura em termos lineares e quadráticos na umidade dos pós obtidos semelhante a esse trabalho.

Tabela 11 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (*p*) para os fatores do modelo codificado para umidade.

Fatores	Efeito Estimado	Erro puro	t (7)	<i>p</i> -valor
(1) Temperatura (L)	-0,5877*	0,2433	-2,4153	0,04641
Temperatura (Q)	0,0188	0,2685	0,0701	0,9461
(2) Concentração de maltodextrina(L)	0,5762*	0,2433	2,3682	0,0497
Concentração de maltodextrina(Q)	-0,6702*	0,2685	-2,4963	0,0412
(3) Vazão de ar de secagem (L)	-0,5684	0,2421	-2,3477	0,0512
Vazão de ar de secagem (Q)	-0,0473	0,2631	-0,1797	0,8625
(1L) x (2L)	-0,7359	0,3178	-2,3159	0,0537
(1L) x (3L)	0,4190	0,3178	1,3186	0,2288
(2L) x (3L)	-0,0874	0,3178	-0,2752	0,7911

*Valores significativos a $p \leq 0,05$; (L): termo linear; (Q): termo quadrático
 Fonte: elaborada pela autora.

Analisando a Tabela 12 dos resultados da análise de variância (ANOVA) ao nível de confiança de 95%, o valor de F calculado para regressão (3,722) foi maior que o F tabelado (3,411), assim como o valor do F calculado para a falta de ajuste (1,323) foi significativo por ser menor que o F Tabelado (19,405), portanto, o modelo é significativo. Esses resultados são divergentes aos obtidos por Rocha *et al* (2014, p. 648) na secagem de suco de caju em *Spray dryer* que em seu planejamento não obteve um modelo significativo para o parâmetro umidade, com F calculado para regressão e falta de ajuste inferiores ao Tabelado.

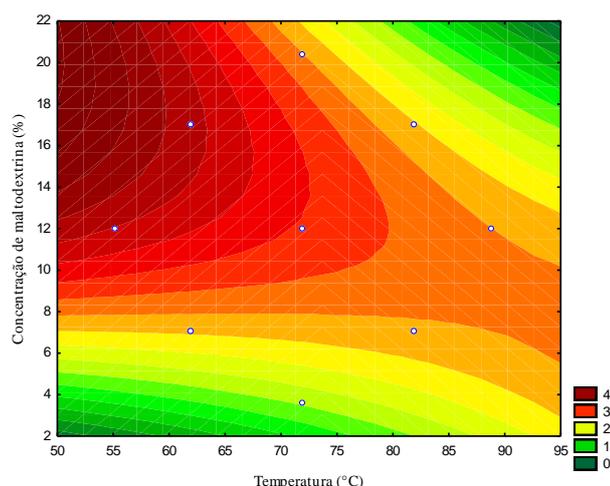
Tabela 12 – Resultados da análise de variância para a umidade.

Fonte variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F	Ftab
Regressão	3,5694	3	1,1898	3,722	3,411
Resíduos	4,1557	13	0,3197	-	-
Falta de ajuste	3,6539	11	0,3322	1,323	19,405
Erro puro	0,5020	2	0,2510	-	-
Total SS	7,7251	16	R ² 0,4620	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando a curva de contorno da concentração de maltodextrina versus temperatura para a variável resposta umidade (Figura 9), pode ser visualizado através dos pontos do planejamento da variável estudada que em concentrações de maltodextrina superiores a 10% foi gerado uma zona de pós com maior umidade e em temperaturas superiores a 75°C foi criado uma zona de pós com umidades inferiores a 3%. Os autores Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012, p. 160) e Galdino (2011, p. 60) obtiveram em suas secagens, pós com menor umidade em maiores temperaturas e maiores concentrações de maltodextrina. Neste trabalho foi observado o mesmo comportamento com relação a temperatura, foram obtidos pós menos úmidos, porém, em maiores concentrações de maltodextrina.

Figure 9 - Curva de contorno concentração de maltodextrina versus a temperatura para a variável resposta umidade



Fonte: Elaborada pela autora.

O resumo da análise estatística aplicada à variável de higroscopicidade do suco de caju em pó obtido em leito de jorro está resumido na Tabela 13. É possível observar que não

foi verificado nenhum termo significativo dos fatores em relação a variável estudada. Entretanto, o efeito da interação entre a concentração de maltodextrina versus a vazão de ar de secagem apresentou efeito sobre a variável higroscopicidade.

Tabela 13 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para higroscopicidade.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(7)	p-valor
(1) Temperatura(L)	0,2055	0,64373	0,3193	0,7588
Temperatura(Q)	-0,3465	0,7103	-0,4879	0,6405
(2) Concentração de maltodextrina(L)	0,9651	0,6437	1,4992	0,1775
Concentração de maltodextrina(Q)	-0,4815	0,7103	-0,6778	0,5196
(3) Vazão de ar de secagem (L)	0,7376	0,6406	1,1515	0,2873
Vazão de ar de secagem (Q)	-0,3926	0,6962	-0,5640	0,5904
(1L) x(2L)	-0,0500	0,8407	-0,0595	0,9542
(1L) x(3L)	0,5355	0,8407	0,6370	0,5444
(2L) x(3L)	3,05378*	0,8407	3,6324	0,0084

*Valores significativos a $p \leq 0,05$; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 14 estão os resultados da análise de variância (ANOVA) para a variável de higroscopicidade ao nível de confiança de 95%, foi verificado que o valor de F calculado para regressão (16,865) é significativo por ser maior que o F tabelado (4,543), assim como o valor de F calculado para a falta de ajuste (1,895) foi significativo por ser menor que o F tabelado (19.419), portanto, o modelo é significativo.

Tabela 14 – Resultados da análise variância para a higroscopicidade.

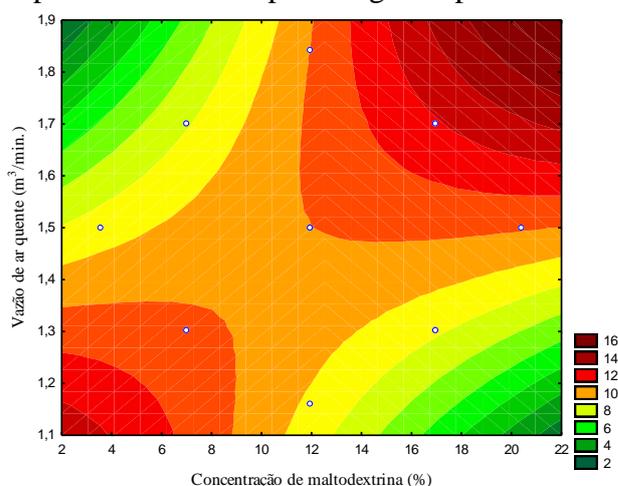
Fonte variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F	Ftab
Regressão	18,6511	1	18,6511	16,865	4,543
Resíduos	56,5885	15	1,1059	-	-
Falta de ajuste	15,3431	13	1,1802	1,895	19,419
Erro puro	1,2454	2	0,6227	-	-
Total SS	35,2400	16	R ² 0,5229	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 10 apresentam a curva de contorno para vazão de ar de secagem e concentração de maltodextrina para a variável resposta higroscopicidade. Analisando a Figura 10 foi constatado que em vazões de ar de secagens superiores a 1,5 m³/min e em concentrações de maltodextrina superiores a 12% são geradas zonas com pós ligeiramente higroscópicos (10,1 - 15%). Pode ser visualizado que foram geradas zonas de pós não higroscópicos (<10%) em baixas vazões de ar de secagem e também em altas concentrações de maltodextrina ou vice-versa.

A redução da higroscopicidade com o aumento da concentração de maltodextrina também foram observados por Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012, p. 160) e por Tonon, Brabet e Hubinger (2009, p. 446) na desidratação da polpa de amora-preta e açaí em spray dryer, respectivamente. Esta redução é atribuída por esses autores pela adição de maltodextrina que é um material de baixa higroscopicidade e favorece na redução desse parâmetro.

Figura 10 – Curva de contorno da interação da concentração de maltodextrina versus a vazão de ar de secagem para a variável resposta higroscopicidade.



Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 15 apresenta os efeitos lineares e quadráticos para o ácido ascórbico em suco de caju em pó obtido em leite de jorro. Os valores dos efeitos estimados indicam quanto cada fator influencia na resposta avaliada. Apenas o fator concentração de maltodextrina quadrático obteve efeito de natureza negativa, indicando que quanto maior a concentração de maltodextrina menor será o ácido ascórbico no pó, isto, pode ser explicado pela uma maior distribuição do constituinte avaliado na amostra analisada.

Tabela 15 – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para ácido ascórbico.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(7)	p-valor
(1) Temperatura(L)	47,793	48,5617	0,9842	0,3578
Temperatura(Q)	-67,706	53,5822	-1,2636	0,2468
(2) Concentração de maltodextrina(L)	-60,355	48,5617	-1,2428	0,2539
Concentração de maltodextrina(Q)	-139,054*	53,5822	-2,5952	0,0357
(3) Vazão de ar de secagem (L)	-22,170	48,3229	-0,4588	0,6603
Vazão de ar de secagem (Q)	25,904	52,5179	0,4932	0,6369
(1L) x(2L)	-30,943	63,4209	-0,4879	0,6405
(1L) x(3L)	17,931	63,4209	0,2827	0,7856
(2L) x(3L)	-54,195	63,4209	-0,8545	0,4211

*Valores significativos a $p \leq 0,05$; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 16 são apresentados os resultados da análise de variância (ANOVA) ao nível de confiança de 95% para variável dependente ácido ascórbico. O valor de F calculado para regressão (7,619) é significativo por ser maior que o F calculado (4,543) e o valor de F calculado para a falta de ajuste (0,303) é significativo por ser menor que o F tabelado (19,419) com isso o modelo é considerado válido.

Tabela 16 – Resultados da análise de variância para o ácido ascórbico.

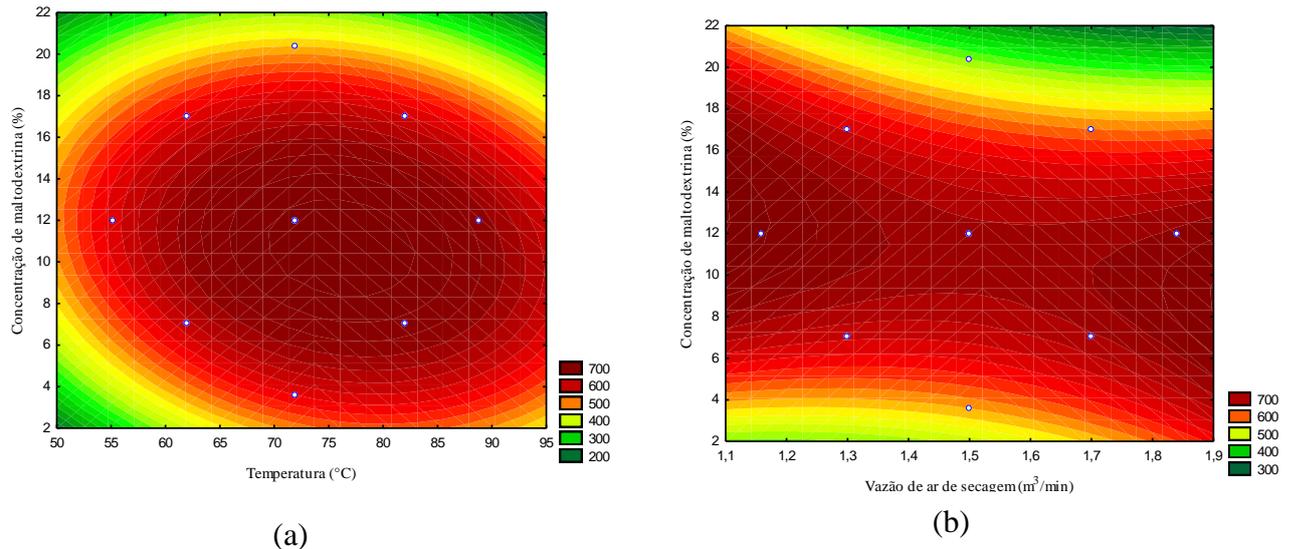
Fonte variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F	Ftab
Regressão	54178,0	1	54178,0	7,619	4,543
Resíduos	106668,2	15	7111,2	-	-
Falta de ajuste	70789,8	13	5445,4	0,303	19,419
Erro puro	35878,33	2	17939,16	-	-
Total SS	160846,2	16	R ² 0,3368	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

As curvas de contorno (Figura 11a e Figura 11b) servem para visualizar a região com maior concentração de ácido ascórbico com relação a temperatura e vazão de ar de secagem. É possível visualizar através dos pontos do planejamento que a variável estudada é

mais influenciada pela a concentração de maltodextrina do que pela a temperatura e a vazão de ar

Figura 11 – Curva de contorno da concentração de maltodextrina versus a temperatura para variável resposta ácido ascórbico (a) Curva de contorno da concentração de maltodextrina versus a vazão de ar de secagem para variável resposta ácido ascórbico (b).



Fonte: Elaborada pela autora.

Foi observado que em maiores concentrações de maltodextrina ocorre uma redução do ácido ascórbico em virtude de uma maior distribuição no pó obtido, isto significa, que na amostra analisada existia uma menor quantidade do suco de caju que possui em sua constituição o ácido ascórbico. E menores concentrações de maltodextrina, a amostra analisada possuía maiores quantidades de suco de caju, com isso foram determinadas maiores concentrações de ácido ascórbico. Esse comportamento também foi observado na secagem do suco de caju por Oliveira (2008) e na secagem de camu camu por Taxi *et al* (2003) ambos em *Spray dryer*, estes autores observaram que o aumento da concentração de maltodextrina na mistura desidratada foi fator determinante no ácido ascórbico.

Prosseguindo a discussão sobre as variáveis respostas, na Tabela 17 estão apresentados os efeitos dos fatores lineares e quadráticos para o rendimento do suco de caju obtido no leito de jorro. Os valores dos efeitos estimados indicam quanto cada fator influencia na variável resposta rendimento.

Tabela 17 - Efeito estimado, erro puro, coeficiente t, grau de significância estatística (p) para os fatores do modelo codificado para o rendimento.

Fatores	Efeito Estimado	Erro puro	t(7)	p-valor
(1) Temperatura(L)	8,1271*	1,9138	4,2466	0,0038
Temperatura(Q)	-0,9676	2,1116	-0,4582	0,6607
(2) Concentração de maltodextrina(L)	12,6814*	1,9138	6,6263	0,0002
Concentração de maltodextrina(Q)	-7,5184*	2,1116	-3,5604	0,0092
(3) Vazão de ar de secagem (L)	2,8794	1,9044	1,5120	0,1743
Vazão de ar de secagem (Q)	-5,2737*	2,0697	-2,5481	0,0382
(1L) x(2L)	-3,4164	2,4994	-1,3669	0,2139
(1L) x(3L)	0,6559	2,4994	0,2624	0,8005
(2L) x(3L)	-0,9028	2,4994	-0,3612	0,7286

*Valores significativos a $p \leq 0,05$; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora.

Para a variável rendimento, vê-se que a temperatura linear, a concentração de maltodextrina (linear e quadrática) e vazão de ar de secagem (quadrática) foram significativos a 5% de probabilidade. Dos efeitos observados a temperatura linear e a concentração de maltodextrina linear apresentaram efeito positivo sobre o rendimento, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores implicará no aumento do rendimento do produto. Em relação a concentração de maltodextrina quadrática e vazão de ar de secagem tiveram efeito de influência negativa na variável resposta rendimento.

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e o teste de Fisher (F) para a variável rendimento. Observa-se na Tabela 18 que o F calculado para a regressão foi significativo a 5% de probabilidade, já que o F calculado (29,314) foi maior que o F tabelado de 3,259. O valor de F calculado para a falta de ajuste (0,253) também foi significativo por ser menor que o F Tabelado (19,396). O coeficiente de variação para o modelo ajustado foi de 0,9072, o que significa afirmar que a percentagem de variação explicada pelo modelo foi de 95,82%.

Tabela 18 – Resultados da análise de variância para o rendimento.

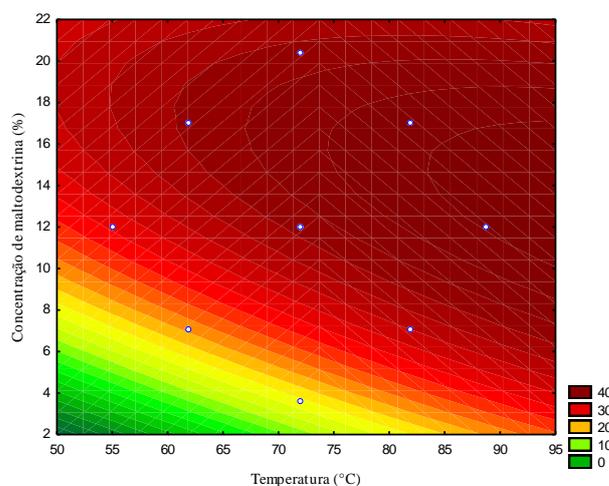
Fonte variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F	F _{tab}
Regressão	1013,3840	4	253,346	29,314	3,259
Resíduos	103,7102	12	8,6425	-	-
Falta de ajuste	57,8831	10	5,7883	0,253	19,396
Erro puro	45,827	2	22,9136	-	-
Total SS	1117,094	16	R ² 0,9072	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando a Figura 12 é verificado que tanto o aumento da temperatura quanto a concentração de maltodextrina favorece o aumento do rendimento do suco de caju em pó. O efeito positivo da temperatura no aumento do rendimento do produto também foi constatado em outros trabalhos de secagem de sucos de frutas (TAXI *et al*, 2003, p. 445; GOULA e ADAMOPOULOS, 2005, p. 33; SOUZA, 2009, p. 113; ROCHA *et al*, 2014, p. 648).

Com relação a maltodextrina à medida que se aumenta a sua concentração é elevada a temperatura crítica de transição vítrea da mistura a ser desidratada, os problemas de *stickness* e deposição nas paredes do equipamento são reduzidos obtendo-se uma maior recuperação do pó e melhores rendimentos (AHRNÉ *et al*, 2010, p. 344; QUEK, CHOK e SWEDLUND, 2007, p. 389).

Figura 12 – Curva de contorno concentração de maltodextrina versus a temperatura para variável resposta rendimento.



Fonte: Elaborada pela autora.

Realizando uma análise geral das variáveis estudadas, segundo o planejamento o aumento da temperatura e da concentração de maltodextrina favorece o rendimento. A temperatura e a vazão de ar de secagem não influenciaram no teor de ácido ascórbico, porém, o aumento da concentração de maltodextrina no suco de caju a ser desidratado reduz esse constituinte. Em relação à higroscopicidade, em vazões de ar de secagem menores ou igual a $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ são obtidos pós pouco higroscópicos.

O planejamento experimental aplicado a secagem do suco de caju em leito de jorro foi estatisticamente significativo a 95% de confiança para todas as variáveis dependentes, o modelo foi ajustado de acordo com o teste F e a falta de ajuste não foi significativa. Desta maneira para que o produto apresentasse os requisitos de baixa umidade ($\leq 4\%$), máximo rendimento (30 a 40%), pouca higroscopicidade (10 a 12%) e ácido ascórbico variando 600 a 700 mg/100g. A melhor resposta experimental que incluía todos os requisitos citados foram: Temperatura de $80 \text{ }^\circ\text{C}$, concentração de maltodextrina de 12% e vazão de ar de secagem de $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$.

4.2 Caracterização do suco de caju integral

A caracterização do suco de caju relativo ao pH, sólidos solúveis, acidez total titulável, ácido ascórbico e açúcares redutores e totais, de acordo com a metodologia descrita no item 3.5 é apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 - Valores médios da caracterização físico-química do suco de caju integral.

Análises	Suco de caju integral
pH	$4,41 \pm 0,36$
Sólidos solúveis ($^\circ\text{Brix}$ a 20°C)	$11,08 \pm 1,84$
Acidez total titulável (% Ac. cítrico)	$0,19 \pm 0,06$
Ácido ascórbico (mg/100 g)	$194,97 \pm 22,50$
Açúcares redutores (%)	$4,38 \pm 0,72$
Açúcares totais (%)	$8,56 \pm 1,70$

Fonte: própria autora.

O suco de caju integral utilizado neste trabalho atende aos parâmetros mínimos da legislação da polpa de caju exceto no quesito acidez total em que o suco apresentou uma acidez de $0,19 \text{ g}/100\text{g}$ inferior ao mínimo estabelecido pelo padrão de identidade e qualidade que é de $0,30 \text{ g}/100\text{g}$. O pH e acidez de um produto são parâmetros importantes para definir a

natureza do método de preservação que será aplicado, sendo neste caso dos sucos de frutas, somente uma pasteurização seria necessária para a manutenção da estabilidade. Os sólidos solúveis exercem um importante papel no sabor dos frutos através de sua relação com a acidez, além de ser um parâmetro considerável durante o processamento industrial para adequação dos produtos aos padrões de identidade e qualidade e também por influenciar no rendimento final.

O teor de ácido ascórbico do suco caju integral foi de 194,97 mg/100g foi semelhante aos valores apresentados por Cianci *et al* (2005, p. 581), Assis *et al* (2007, p. 350) e Oliveira (2008, p. 38) cujos valores variaram de 135 a 189 mg/100g de ácido ascórbico no suco de caju integral. Estes valores médios comprovam a capacidade do suco de caju de suprimir a dose de ingestão diária recomendada pelo FDA para esta vitamina que é de 60 mg e superior ao teor mínimo de vitamina C que é de 119,7 mg para a polpa de caju congelada estabelecido pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011, p. 39).

Foi determinado um teor de açúcares redutores no suco de caju de 4,38 % inferior aos valores relatados por Pinheiro *et al* (2006, p. 99) cujos teores variaram de 5,2 a 6,9 % no suco de caju integral com alto teor de polpa e superior aos valores apresentados por Dantas *et al* (2010, p. 5) na polpa de caju que variaram de 3,03 a 3,82 %. Em relação de açúcares totais o valor médio obtido nesta pesquisa foi de 8,56 % no suco de caju integral, esses valores encontram-se dentro da faixa obtida por Sancho *et al* (2007, p.880) avaliando o teor de açúcares totais durante o processamento industrial do suco de caju cujos valores variaram de 8,76 a 9,06 % e superior ao valor médio na polpa de caju (7,82 %) obtido por Silva *et al* (2012, p. 241). A caracterização do suco de caju em pó relativo aos parâmetros de atividade de água, umidade, carotenoides totais, polifenóis extraíveis totais e cor, de acordo com a metodologia descrita no item 3.5 é apresentada na Tabela 20.

Em termos de estabilidade dos alimentos, a atividade de água é um fator intrínseco mais importante que a umidade, uma vez que corresponde a água termodinamicamente disponível para as reações químicas e bioquímicas (AZEREDO *et al*, 2012, p. 21). A medição da umidade é um importante critério a ser considerado na definição das melhores condições de estocagem, na escolha da embalagem e por também influenciar no durante o processamento dos produtos (GAVA, SILVA e FRIAS, 2008, p. 104). O suco de caju utilizado nesta pesquisa apresentou atividade de água igual a 0,9702 e umidade de 88,50%, esses valores são próximos aos apresentados por Moraes (2014, p. 52) na polpa de caju com uma atividade de água de 0,9810 e umidade de 87,67 % e inferiores aos obtidos por

Rocha (2013, p. 118) na polpa de caju com valores de atividade de água de 0,99 e de umidade de 90,02 %.

Tabela 20 - Valores médios da caracterização física e físico-química do suco de caju integral.

Análises	Suco de caju integral	
Atividade de água	0,97 ± 0,00	
Umidade (%)	88,50 ± 1,92	
Carotenoides totais (mg.100 mL)	0,05 ± 0,04	
Polifenóis extraíveis totais (mg GAE.100 g ⁻¹)	29,76 ± 4,37	
	L*	60,82 ± 3,48
	a*	-4,39 ± 0,46
Parâmetros de cor	b*	16,62 ± 2,39
	C*	17,21 ± 2,21
	Hue	104,99 ± 3,31

Fonte: própria autora.

Em relação aos carotenoides do suco de caju utilizado nesta pesquisa foram determinados um teor de 0,05 mg/100 mL são valores bem inferiores comparados aos outros trabalhos na literatura. Isto pode ser explicado, inicialmente, pelas diferenças entre as matérias primas influenciadas pelo cultivar, estagio de maturação, solo, pós colheita, armazenamento e processamento (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA e AMAYA-FARFAN, 2008. p. 42). Por uma maior retenção dos carotenoides no bagaço do pedúnculo de caju e também pelo método de determinação empregado, assim como a acetona, extrator utilizado, que pode ter influenciado de forma negativa nos resultados obtidos. O teor de polifenóis extraíveis totais determinados no suco de caju foi de 29,76 mg GAE.100 g⁻¹ próximo ao obtido por Oliveira (2013, p. 43) na polpa de cajá com um valor de 24,31 mg GAE.100 g⁻¹, todavia, são inferiores aos obtidos por Lima *et al* (2014, p.1) que determinou uma concentração de 338,6 mg GAE.100 g⁻¹ no suco integral de caju. Esse baixo valor também pode justificado pelas diferenças entre as matérias primas assim como pelo método empregado.

Analisando os parâmetros de cor do suco de caju utilizado nesta pesquisa, com relação a luminosidade que é uma medida do 0 ao 100, o suco apresentou 60,82 com uma maior tendência ao branco. Avaliando conjuntamente os parâmetros a* (verde/vermelho) e b* (amarelo/azul) é possível afirmar que a cor está situada no segundo quadrante do diagrama de cores que está entre o verde e o amarelo, porém, de acordo com o parâmetro H* (104,99), está

mais próximo do amarelo. A cromaticidade medida apresentou um valor médio de 17,21 sendo uma coloração de amarelo maior intensidade de cor e com maior brilho.

4.3 Caracterização física e físico-química do suco de caju em pó

A caracterização do suco de caju em pó obtido em leite de jorro, relativo aos parâmetros de pH, sólidos solúveis, acidez total, ácido ascórbico, açúcares redutores, açúcares totais e carotenoides, de acordo com a metodologia descrita no item 3.5 é apresentada na Tabela 21.

Tabela 21- Valores médios da caracterização físico-química do suco de caju em pó.

Análises	Suco de caju em pó
pH	4,07 ± 0,07
Sólidos solúveis (°Brix a 20°C)	93,0 ± 0,17
Acidez total titulável (% Ac. cítrico)	0,68 ± 0,00
Ácido ascórbico (mg/100 g) b. s *	610,88 ± 22,62
Açúcares redutores (%) b. s *	31,83 ± 1,16
Açúcares totais (%) b. s *	70,19 ± 1,77
Carotenoides totais (mg.100 g ⁻¹) b. s*	0,16 ± 0,02
Polifenóis extraíveis totais (mg GAE.100 g ⁻¹) b. s*	22,14 ± 11,40

(*) Resultados em base seca.

Fonte: própria autora.

O suco de caju em pó obtido nesta pesquisa apresentou valores médios de pH de 4,07 e acidez de 0,68 g/100g de ácido cítrico. O valor médio de acidez do suco de caju em pó foi inferior aos obtidos por Santos *et al* (2013, p. 3) cujos valores variaram de 1,81 a 2,32 g/100g de ácido cítrico na polpa de caju desidratada em leite de jorro com maltodextrina como adjuvante de secagem. Estes índices são muito importantes pois contribuem para a estabilidade do produto, uma vez que a resistência térmica dos microrganismos é influenciada pela acidez do meio onde se desenvolvem, pode-se afirmar que quanto maior a acidez, menor será a resistência e menor poderá ser o tratamento térmico dado a este produto durante sua etapa de elaboração (AZEREDO *et al*, 2012, p. 25).

Para os sólidos solúveis, o suco de caju em pó apresentou um valor médio elevado de 93,0 °Brix em virtude do processo de desidratação que também foi acompanhado pelo aumento da concentração de açúcares que apresentou uma porcentagem de açúcares totais de

70,19 % e açúcares redutores de 31,83 %. Em um estudo da secagem do suco de caju no *Spray dryer* realizado por Rocha (2013, p. 119) foram obtidos valores médios de 98,67 °Brix, açúcares totais de 56,38 % e açúcares redutores de 25,48% próximos aos valores obtidos nesta pesquisa.

Em relação ao teor de ácido ascórbico, o suco de caju obtido em leite de jorro apresentou um teor de 610,88 mg/100g superior aos valores reportados por Araújo *et al* (2014, p. 6) que obteve um teor de ácido ascórbico de 356,73 mg/100g no suco de acerola desidratada em leite de jorro e por Rocha (2013, p. 119) e Oliveira (2008, p. 46) que obtiveram valores de ácido ascórbico do suco de caju desidratado no *Spray dryer*, respectivamente, de 282,67 mg/100g e 224,24 mg/100g. Estes valores demonstram uma melhor capacidade de retenção do ácido ascórbico no leite de jorro, superior ao obtido no *Spray dryer*, em decorrência principalmente das temperaturas inferiores que são utilizadas neste secador. O teor de ácido ascórbico além de exercer um papel importante como composto bioativo é um indicativo de eficiência do método na retenção de outros nutrientes importantes, uma vez que se houver menos perdas do ácido ascórbico, supostamente os outros nutrientes estarão presentes após o processamento (AZEREDO, BRITO e GARRUTI, 2012, p. 66).

Também foram determinados o teor de carotenoides totais no suco de caju em pó, o teor médio obtido foi de 0,16 mg/100g. Nos trabalhos reportados na literatura, o pedúnculo de caju possui uma composição bem variável de carotenoides pro vitamínicos entre eles a criptoxantina, luteína, zeaxantina, zeinoxantina e α -carotenoides e β -carotenoides, sendo este último o encontrado em maior quantidade (ASSUNÇÃO e MERCADANTE, 2003, p. 498; AGUIAR *et al*, 2004, p. 14). Os resultados obtidos nesta pesquisa foram inferiores aos de Rocha (2013, p. 119) que obteve valores médios de 0,66 mg/100g para o suco de caju em pó no *Spray dryer* e próximos aos obtidos por Moraes (2014, p. 71) que obteve valores médios variando do 0,19 a 1,13 mg/100g em suco de caju obtido em *Spray dryer*, esses autores também utilizaram a metodologia empregada neste trabalho. Esses valores reduzidos são esperados, uma vez que o suco de caju integral apresenta baixo valor desse constituinte e perdas são esperadas devido ao processo de secagem.

O teor de polifenóis extraíveis totais presentes no suco de caju em pó foi de 22,14 mg GAE/100g foi inferior aos valores médios encontrados por Moraes (2014, p. 71) no suco de caju desidratado em *Spray dryer* 51,46 a 333,61 mg GAE eq. /100g. Embora o teor de compostos fenólicos do suco de caju obtido em leite de jorro seja menor em comparação aos

trabalhos já citados deve se levar em consideração a matéria prima utilizada neste trabalho e o método de extração que pode influenciar diretamente nos resultados obtidos.

A caracterização do suco de caju em pó obtido em leito de jorro, relativo aos parâmetros de atividade de água, umidade, diâmetro médio, higroscopicidade, grau de caking, solubilidade, reidratação e os parâmetros de cor, de acordo com a metodologia descrita no item 3.5, é apresentada na Tabela 22.

Tabela 22 - Valores médios da caracterização física e físico-química do suco de caju em pó.

Análises	Suco de caju em pó
Atividade de água	0,18 ± 0,00
Umidade (%)	2,40 ± 0,13
Diâmetro médio (µm)	15,33 ± 0,53
Higroscopicidade (%)	9,41 ± 1,83
Grau de caking (%)	74,69 ± 8,63
Solubilidade (%)	95,05 ± 0,23
Reidratação (segundos)	00:45 ± 0,00

Fonte: própria autora.

O suco de caju em pó obtido nesta pesquisa apresentou um valor médio de atividade de água de 0,1824 inferior aos valores encontrados por Santos *et al* (2013, p.5) cujos valores de atividade de água variaram de 0,308 a 0,318 na polpa de caju desidratada em leito de jorro, estes autores trabalharam com temperaturas de 50, 60 e 70 °C e observaram uma redução da atividade de água com o aumento da temperatura. A atividade de água é uma medida qualitativa importante no desenvolvimento e na melhoria da estabilidade dos alimentos, uma vez que a água livre é um parâmetro crítico em termos microbianos, químico e sensorial (WELTI-CHANES *et al*, 2007, p. 355).

Em relação à umidade, o suco de caju em pó obtido apresentou um valor médio de 2,40 % foi compatível com os valores obtidos por Moraes (2014, p. 52) cujas umidades na polpa de caju em pó no *Spray dryer* apresentaram formulações com valores médios de umidade de 2,36% e 2,33% utilizando temperaturas de secagem, respectivamente, de 140 e 150 °C. Todavia, foi inferior aos valores médios apresentados por Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2004, p. 386) para a polpa de acerola em pó obtida em leito de jorro (4,074% de umidade) e por Souza (2009, p. 74) que obteve valores de umidade variando de 4,11 a 8,04 %

na mistura de polpas de umbu, seriguela e manga com diferentes ingredientes desidratados em leito de jorro.

Nesta pesquisa também foi determinado o tamanho médio das partículas do suco de caju obtido no leito de jorro cujo valor médio obtido foi de 15,33µm resultados semelhantes foram apresentados por Tonon, Brabet e Hubinger (2009, p. 449) no suco de açaí em pó desidratado no *Spray dryer* com diâmetros médios variando de 13,38 a 16,20 µm e por Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012, p. 161) na polpa de amora-preta atomizada na temperatura de 160°C com concentrações de 15 a 25% de maltodextrina cujos diâmetros médios variaram de 13,33 a 14,85 µm. O conhecimento do tamanho da partícula é um parâmetro importante que pode influenciar no projeto de um equipamento, no armazenamento e também no comportamento da mistura de diferentes componentes do alimento (O'HAGAN *et al*, 2005, p. 215).

A higroscopicidade trata-se da capacidade de absorção de umidade do pó por ocasião da exposição a uma superfície úmida sob condições normais (SCHUCK, DOLIVET e JEANTET, 2012, p. 187). A higroscopicidade obtida no suco de caju em pó apresentou um valor médio de 9,41 % e de acordo com os padrões de higroscopicidade estabelecidos por GEA Niro Research Laboratory (2003) este pó pode ser classificado em não higroscópico por apresentar valores inferiores a 10%. Resultados semelhantes foram obtidos por Araujo *et al* (2014, p. 1) no suco de acerola desidratado em leito de jorro cujos valores variaram de 7,32 a 11,91%. Os resultados esperados para pós de frutas são valores de higroscopicidade elevados devido o predomínio em sua composição de açúcares simples que favorece a ligação com água da atmosfera, entretanto, a adição de maltodextrina como adjuvante de secagem, favoreceu a redução da higroscopicidade, observações estas também foram apresentadas por Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012, p. 163) e por Tonon, Brabet e Hubinger (2009, p. 446) na desidratação da polpa de amora-preta e açaí em *Spray dryer*, respectivamente.

A partir da higroscopicidade foi realizada a análise de grau de caking do suco de caju em pó, o valor médio encontrado nesta pesquisa foi de 74,69 % sendo classificado como um pó com muita formação de caking (GEA NIRO RESEARCH LABORATORY, 2003). Os elevados valores obtidos são esperados uma vez que já é conhecida a tendência de aglomeração de pós de frutas devido a predominância de açúcares de baixo peso molecular (frutose, glicose e sacarose) que possuem uma baixa temperatura de transição vítrea favorecendo não somente a formação de *caking* como também dificultando o processo de secagem devido a aderência do pó nas paredes do equipamento e nos sistemas de transporte,

neste caso a adição de adjuvante de secagem como a maltodextrina é imprescindível para a obtenção do pó devido a seu elevado peso molecular que tem o efeito de elevar a temperatura de transição vítrea e facilitar o processo (BARBOSA-CÁNOVAS *et al*, 2005, p. 340). Baseado nos valores obtidos nesta pesquisa, a adição somente de maltodextrina não foi suficiente para reduzir o grau de *caking* do suco de caju em pó, para isto, é necessário a adição de um agente *anticaking* que possam viabilizar o produto e evitar perdas de qualidade em condições reais de armazenamento.

A capacidade de hidratação do pó foi medida neste trabalho por meio da avaliação da solubilidade e reidratação com agitação. Para Schuck, Dolivet e Jeantet (2012, p. 203) a cinética do processo de hidratação vai depender da composição do pó e da afinidade de seus componentes com a água, da acessibilidade da água aos componentes do pó (influenciado pela porosidade e capilaridade) e das condições de reidratação (velocidade de agitação e temperatura). O suco de caju em pó apresentou boa solubilidade com 95,05 % e um tempo de reidratação de 45 segundos, estes valores podem ser explicados pela composição de açúcares presentes no pó, uma vez que a solubilidade está relacionada a disponibilidade dos grupos hidroxilas de formar ligações hidrogênio com a água e em monossacarídeos (glicose e frutose) e dissacarídeos (sacarose) existe uma maior disponibilidade desses grupos a esta maior interação com a água que justifica os elevados valores de solubilidade e a facilidade de reidratação neste pó (FRANCISCO, 2008, p. 11). A caracterização da cor do suco de caju em pó obtido em leite de jorro e a cor após a sua reidratação é apresentada na Tabela 23.

Tabela 23 - Valores médios dos parâmetros de cor do suco de caju em pó e do suco de caju reidratado

Parâmetros de cor	Suco de caju em pó	Suco de caju em pó reidratado
L*	69,05 ± 0,01	51,81 ± 0,84
a*	-2,54 ± 0,00	0,03 ± 0,02
b*	4,70 ± 0,01	2,83 ± 0,03
C*	5,49 ± 0,01	2,83 ± 0,03
h*	121,14 ± 0,06	89,47 ± 0,47

Fonte: própria autora.

O suco de caju em pó e reidratado apresentou valores de luminosidade de 69,05 e 51,81, respectivamente. A adição de maltodextrina que é um pó branco favoreceu o aumento desse parâmetro, no caso do suco reidratado, a adição de água promoveu à diluição do pó

reduzindo a luminosidade a um valor intermediário. Em relação aos parâmetros a^* (verde/vermelho) e b^* (azul/amarelo) para o pó este apresentou um valor de a^* de -2,54 e b^* igual a 4,70 situando-se no segundo quadrante do diagrama de cor (verde; amarelo). Os parâmetros a^* e b^* para o suco de caju reidratado foram de 0,03 e 2,83, respectivamente, permaneceram no primeiro quadrante do diagrama de cor (vermelho; amarelo). A cromaticidade é o parâmetro de cor que está relacionado ao grau de saturação ou brilho, os valores obtidos para o pó (5,49) e para suco reidratado (2,83) demonstram que o pó concentrou em maior valor a coloração amarela, mais viva, do que o suco reidratado. Outro parâmetro importante na análise de cor é o ângulo de tonalidade (Hue) que situa dentro do diagrama a tendência da cor, para um ângulo de 90° o valor corresponde ao amarelo, para um ângulo de 180° representa ao verde. O pó apresentou um valor do ângulo de $121,14^\circ$ e o pó reidratado um valor de $89,47^\circ$ demonstrando uma maior tendência ao amarelo do suco reidratado do que o pó que apresentou uma tonalidade intermediária do verde ao amarelo.

4.3.1 Determinação das propriedades de fluxo do suco de caju em pó

As propriedades de fluxo do suco de caju em pó a partir do ângulo de repouso estático, densidade aparente e de compactação e com estes últimos foram obtidos o índice de compressibilidade e o fator de Hausner, estes resultados estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 – Resultados obtidos das propriedades de fluxo do suco de caju em pó.

Parâmetros	Suco de caju em pó
Ângulo de repouso estático	$54,36^\circ \pm 1,90$
Densidade aparente (g/mL)	$0,44 \pm 0,02$
Densidade de compactação (g/mL)	$0,77 \pm 0,09$
Índice de compressibilidade (IC)	$42,59 \pm 8,49$
Fator de Hausner (FH)	$1,77 \pm 0,25$

Fonte: Elaborada pela autora.

O ângulo de repouso estático é definido como o ângulo formado quando o pó é disperso de uma determinada altura formando uma pilha estacionário de pó com a horizontal (BARBOSA-CÁNOVAS *et al*, 2005, p. 64). O valor médio obtido para o suco de caju em pó foi de $54,36^\circ$ podendo ser classificado como um pó de fluidez muito ruim de acordo com a classificação do USP 30 (2007), por se tratar de um material muito coesivo, o suco de caju em pó não flui. O ângulo de repouso é uma medição aplicada na indústria de alimentos para

estimar de uma maneira geral a fluidez do material, com isso, é possível fazer uma previsão baseada nesses valores sobre o comportamento do material em situações reais tais como em silos e contêineres (BARBOSA-CÁNOVAS *et al*, 2005, p. 64; SCHULZE, 2007, p. 173). O valor obtido nesta pesquisa foi próximo aos valores apresentados por Dantas *et al* (2009, p. 3) que obteve valores de ângulo de repouso variando de 49,22 a 49,28° para formulações de polpa de manga, seriguela e umbu com fontes lipídicas, amido de milho e pectina cítrica comercial desidratadas em leito de jorro. Todavia, foram superiores aos valores obtidos por Oliveira (2008, p. 39) que variaram de 23,96 a 36,59° no suco de caju em pó obtido em *Spray dryer*.

A partir das medições das densidades aparente e de compactação foram obtidos o índice de compressibilidade e fator de Hausner do suco de caju em pó que apresentaram, respectivamente, valores de 42,59% e 1,77 classificando-se como um pó de compressibilidade muito ruim. Resultados semelhantes foram obtidos para pós de frutas que se apresentaram como pós coesivos e de fluidez complicada, como no caso de Lima (2013, p.47) que obteve no suco de banana em pó IC (0,33) e FH (1,39) e por Souza (2009, p. 82) cujos valores de IC variaram de 0,31 a 0,37 e do FH variaram de 1,46 a 1,58. A melhor maneira de melhorar as propriedades de fluxo do suco de caju em pó seria a adição de um agente anti aglomerante evitando neste caso a aglomeração entre as partículas.

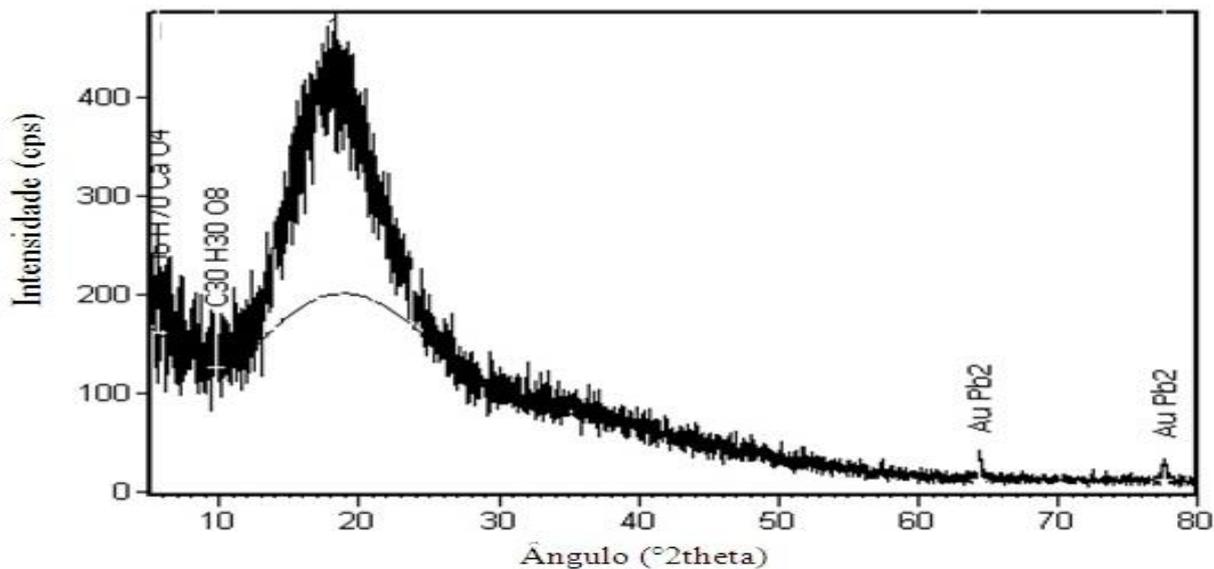
4.3.2 Difração de raio X

Um típico difratograma de raios X é apresentado na Figura 13 para o suco de caju em pó que se manteve predominantemente com um caráter amorfo, visto que apresentam um único pico ruidoso e largo e pouco definido. A característica amorfa apresentada no difratograma pode ser atribuída de acordo com Bezerra (2014, p.127) pela presença de açúcares na amostra aliado a presença da maltodextrina na composição no pó, o qual foi observado por esse autor no pó liofilizado de marolo e também foi observado por Souza (2011, p. 53) para a polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leito de espuma. Para Bastos *et al* (2010, p. 220) a ausência de cristalinidade tem uma relação direta com uma maior eficiência na preservação dos compostos bioativos do produto.

Em alguns pontos destacam-se alguns picos que representam a presença de material com caráter cristalino, os quais foram identificados como Refikite ($C_{20}H_{32}O_2$), Anyuiite ($AuPb_2$), Calcium stearate ($Ca(C_{18}H_{35}O_2)_2$) e Gossypol ($C_{30}H_{30}O_8$), esse picos pouco expressivos podem ser explicados pela baixa quantidade presente do material. Angel *et al*

(2009, p. 1113) que obteve semelhante comportamento na caracterização da cinza obtida por combustão da casca de arroz, considerou esses picos como contaminação dentro da estrutura amorfa.

Figura 13 – Difratoograma do suco de caju em pó obtido em leito de jorro.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.3.3. Fluorescência de raio X

A análise química do suco de caju em pó foi feita através da técnica de caracterização chamada de fluorescência de raios X (FRX), por tratar-se de uma análise semi qualitativa, os resultados foram expressos na forma de óxidos, conforme pode ser observado na Tabela 25.

Tabela 25 – Composição química do suco de caju em pó.

Compostos	Porcentagem em massa (%)
K ₂ O	87,46
Na ₂ O	7,42
SO ₃	3,09
P ₂ O ₅	2,03

Fonte: Elaborada pela autora.

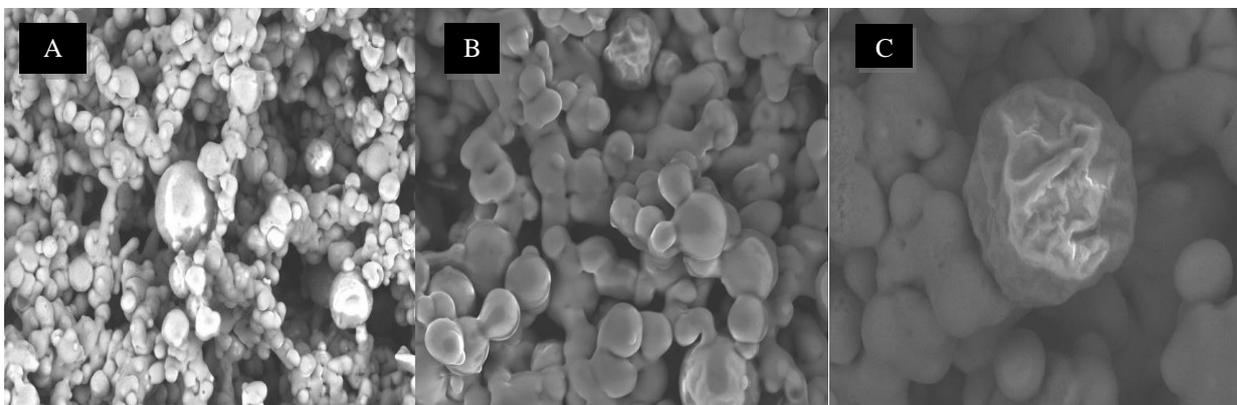
Por meio desta análise, o composto de maior concentração determinado no suco de caju em pó foi o K₂O com 87,46% em massa, seguido por Na₂O (7,42%), SO₃ (3,09%) e

por fim o P_2O_5 (2,03%). Com exceção do SO_3 , os outros óxidos também foram detectados por Lima e Rossignolo (2009, p.684) da casca da castanha de caju. De acordo com Marc *et al* (2011, p. 1111) os minerais no suco de caju encontram-se na forma de óxidos, salvo algumas exceções, esses autores no estudo da composição química do suco de caju amarelo e vermelho, proveniente da Costa do Marfim, determinaram que os óxidos de maior concentração foram, respectivamente, o K_2O , P_2O_5 , MgO , SO_3 e Na_2O . No suco de caju em pó desta pesquisa o MgO não foi determinado e o P_2O_5 foi o óxido de menor concentração, essas diferenças são esperadas pois segundo Soares, Shishido e Moraes (2004, p. 205) mudanças na composição nutricional dos sucos podem ocorrer durante o processo de concentração além da variação natural na composição das frutas.

4.3.4 Microestrutura

A Figura 14 mostra as imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura do suco de caju em pó obtido em leite de jorro. Na Figura 14A foi observado uma grande heterogeneidade no tamanho das partículas, a maioria de formato esférico, aproximando mais a imagem (Figura 14B) podemos observar a formação de pontes entre as partículas justificado por Lancha *et al* (2012, p. 6) pela higroscopicidade do pó que favorece a formação de grandes aglomerados entre as moléculas, entretanto, para Ferrari, Ribeiro Aguirre (2012, p. 163) essa aglomeração favorece na retenção de pigmentos por diminuir a exposição ao oxigênio reduzindo reações de oxidações.

Figura 14 – Micrografias do suco de caju em pó. A: aumento de 300X (300 μ m); B: aumento de 800X (100 μ m); C: aumento de 1500X (50 μ m)



Fonte: Imagens obtidas no Demat- UFRN.

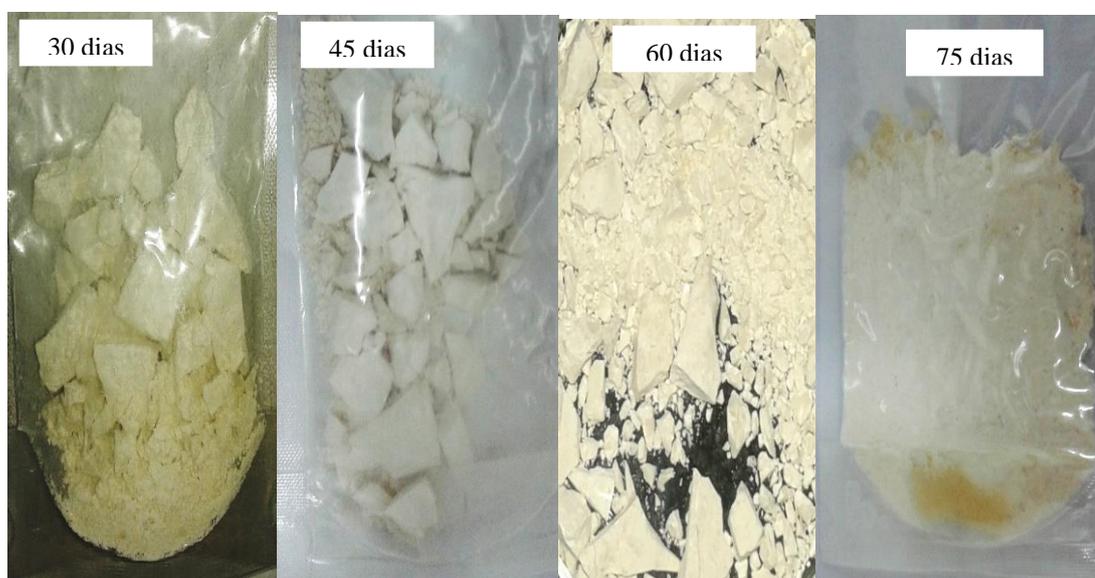
Na Figura 14C foi dado destaque a uma das partículas no suco de caju em pó, é possível observar o aspecto murcho e enrugado que também foi observado por Tonon, Brabet

e Hubinger (2009, p. 448) na polpa de açaí em pó desidratada em *Spray dryer*, esses autores observaram que em temperaturas mais baixas o pó apresenta esse aspecto enrugado e em temperatura mais elevadas o aspecto é liso e uniforme.

4.4 Estudo da estabilidade

Foi realizado um estudo de estabilidade do suco de caju em pó obtido em leite de jorro em duas embalagens a vácuo (laminada e plástica), por um período de 90 dias, sendo as análises realizadas a cada 15 dias. Entretanto, para a embalagem plástica só foi possível realizar as análises até o período de 60 dias, a partir do qual o suco de caju em pó apresentou um aspecto muito agregado, impossibilitando as análises programadas para a estabilidade. Na Figura 15 é possível observar que a partir dos 30 dias na embalagem plástica já ocorre uma formação bem evidente de aglomeração no pó, em virtude de uma menor barreira a umidade desta embalagem. A partir dos 75 dias de armazenamento, o suco de caju em pó apresenta pontos onde a umidade penetrou na embalagem a vácuo e o pó apresenta um aspecto endurecido.

Figura 15 – Suco de caju em pó ao longo do armazenamento 30, 45, 60 e 75 dias.



Fonte: Arquivo pessoal.

4.4.1 Avaliação dos parâmetros pH, sólidos solúveis e acidez total titulável

Na Tabela 26 estão apresentados os valores médios do pH e sólidos solúveis durante o armazenamento de 90 dias. O valor médio de pH ao longo do armazenamento na embalagem laminada e plástica resultou, respectivamente, em 4,27 e 4,33 no suco de caju em

pó, foi observado que somente houve diferença significativa entre as embalagens a vácuo no tempo de 15 dias. Na embalagem laminada a vácuo foi observada que não houve variação do pH no período de tempo dos 30 aos 90 dias de armazenamento, na embalagem plástica a vácuo somente o tempo inicial variou em relação aos outros tempos, mantendo-se estável dos 15 aos 60 dias.

De modo geral para os sólidos solúveis não foi observada diferença significativa em ambas as embalagens a vácuo. Na embalagem laminada a vácuo, também não foi observada diferença significativa ao longo do armazenamento de 90 dias. Na embalagem plástica foi observado que os tempos de 0 e 15 dias diferiram dos tempos 45 e 60 dias, foi notado uma aparente tendência de redução ao longo do armazenamento semelhante aos resultados obtidos por Ramos *et al* (2008, p. 264) no abacaxi desidratado cuja redução foi atribuída ao ganho de umidade facilitada pela embalagem.

Tabela 26 – Parâmetros físico-químicos de pH, sólidos solúveis e acidez total do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	pH		Sólidos solúveis (°Brix)	
	E. L.	E. P.	E. L.	E. P.
0	4,07 ^{abdB} ± 0,07	3,79 ^{abdA} ± 0,01	93,0 ^{abcA} ± 0,17	95,7 ^{aA} ± 0,06
15	3,67 ^{bA} ± 0,13	4,58 ^{cdB} ± 0,08	94,0 ^{abA} ± 0,10	91,3 ^{abcAB} ± 0,06
30	4,52 ^{cdC} ± 0,09	4,36 ^{cdB} ± 0,32	92,0 ^{abcA} ± 0,10	86,0 ^{abcBC} ± 0,36
45	4,40 ^{cdBC} ± 0,26	4,53 ^{cdB} ± 0,04	84,0 ^{cA} ± 0,70	84,6 ^{bcC} ± 0,06
60	4,51 ^{cdC} ± 0,04	4,39 ^{cdB} ± 0,24	88,3 ^{abcA} ± 0,06	85,6 ^{bcBC} ± 0,38
75	4,53 ^{cdC} ± 0,07	-	92,3 ^{abcA} ± 0,30	-
90	4,24 ^{acdBC} ± 0,18	-	87,3 ^{abcA} ± 0,68	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os valores médios da acidez total do suco de caju em pó acondicionado nas embalagens laminada e plástica a vácuo estão apresentados na Tabela 27. Para embalagem laminada a vácuo os valores variaram de 0,65 a 0,70% e na embalagem de plástica a vácuo variaram de 0,63 a 0,66%. Estatisticamente não foi observado diferença significativa entre as

embalagens a vácuo, nem ao longo do armazenamento. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Rocha (2013, p.128) em que o suco de caju em pó não variou ao longo do armazenamento de 180 dias em duas diferentes embalagens.

Tabela 27 – Parâmetros físico-químicos de Acidez total do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó		
Tempo (Dias)	Acidez total (%)	
	E.L	E.P.
0	0,68 ^{abAB} ± 0,00	0,68 ^{abA} ± 0,03
15	0,70 ^{aA} ± 0,02	0,65 ^{abA} ± 0,00
30	0,68 ^{abAB} ± 0,00	0,63 ^{bA} ± 0,04
45	0,67 ^{abB} ± 0,01	0,66 ^{abA} ± 0,01
60	0,67 ^{abB} ± 0,01	0,66 ^{abA} ± 0,03
75	0,65 ^{abA} ± 0,04	-
90	0,69 ^{abA} ± 0,02	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo;

Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

4.4.2 Avaliação dos parâmetros de açúcares redutores e totais

Os valores de açúcares redutores e totais do suco de caju em pó ao longo do armazenamento estão dispostos na Tabela 28. Em relação aos açúcares redutores, exceto para os tempos de 30 e 60 dias, estes não diferiram entre si nas duas embalagens a vácuo analisadas. Na embalagem laminada a vácuo, os açúcares redutores não variaram estatisticamente no período de 0 aos 30 dias e no período de 45 a 90 dias de armazenamento. Na embalagem plástica a vácuo foi observado que os tempos de 0 e 15 dias não diferiram estatisticamente entre si, assim como os tempos 30, 45 e 60 dias de armazenamento.

Nota-se uma tendência de aumento na concentração a partir dos 45 dias na embalagem laminada e nos 30 dias para a embalagem de plástica, esse aumento dos açúcares redutores também foi constatado por Todisco *et al* (2013, p. 8) em polpa de seriguela desidratada em *Spray dryer* ao longo do armazenamento de 120 dias em períodos alternados.

Todavia são resultados diferentes dos obtidos por Galdino *et al* (2003, p. 78) e por Oliveira (2013, p. 53) que observaram uma redução dos açúcares redutores ao longo do armazenamento na polpa de umbu e cajá em pó, respectivamente. Para Fonseca (2010, p. 49) o aumento dos açúcares redutores pode ser justificado pela acidez do meio no qual propicia a hidrólise da sacarose aumentando ao longo do armazenamento.

Tabela 28 – Parâmetros físico-químicos de açúcares redutores e totais do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	Açúcares redutores (%)		Açúcares totais (%)	
	E. L.	E. P.	E. L.	E. P.
0	31,84 ^{abcAB} ± 1,16	30,71 ^{cA} ± 0,33	72,60 ^{abA} ± 1,77	69,61 ^{abB} ± 4,67
15	30,90 ^{cB} ± 0,45	30,48 ^{cA} ± 0,50	64,35 ^{bA} ± 2,69	61,88 ^{bA} ± 1,77
30	31,12 ^{bcB} ± 0,44	34,41 ^{deB} ± 0,26	70,52 ^{abA} ± 3,14	69,35 ^{abB} ± 1,95
45	34,90 ^{deC} ± 0,54	34,55 ^{deB} ± 0,90	70,19 ^{abA} ± 7,46	69,27 ^{abB} ± 1,39
60	35,82 ^{dC} ± 1,77	33,45 ^{abcB} ± 0,24	65,56 ^{bA} ± 9,81	65,62 ^{bAB} ± 1,66
75	34,05 ^{adeAC} ± 0,13	-	66,30 ^{abA} ± 8,80	-
90	35,34 ^{deC} ± 1,15	-	80,48 ^{aA} ± 2,18	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo;

Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação aos açúcares totais não houve diferença significativa entre as embalagens usadas nesta pesquisa, assim como não houve, de modo geral, entre os dias de armazenamento na embalagem laminada a vácuo. Entretanto, analisando atentamente os valores médios para a embalagem laminada, nota-se um aumento de 10,8% dos 90 dias em relação ao tempo inicial. Na embalagem plástica a vácuo somente o tempo de 15 dias apresentou diferença estatística em relação aos outros tempos de armazenamento. Costa (2012, p. 64) atribui essas diferenças a possíveis reações de síntese e de degradação favorecida pela forma do produto que se encontra em pó assim como pela a adição de maltodextrina.

4.4.3 Avaliação dos parâmetros de ácido ascórbico e carotenoides

Os valores médios do ácido ascórbico do suco de caju em pó estão apresentados na Tabela 29, foi observado que somente no tempo de 45 dias houve diferença significativa entre as embalagens a vácuo, até o período de 30 dias, não houve diferença significativa entre as embalagens a vácuo, isso sugere que a preservação desse constituinte não foi influenciada pela embalagem durante o período citado. Na embalagem plástica a vácuo, o ácido ascórbico não variou estatisticamente até os 30 dias, a partir dos 45 dias, ocorre uma redução do ácido ascórbico na embalagem de plástica a vácuo que segue até o fim do armazenamento. Esses resultados são divergentes dos obtidos por Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2004, p. 385) na polpa de acerola em pó desidratada em leite de jorro acondicionada em sacos de polietileno observou perdas mais acentuadas do ascórbico nos primeiros 20 dias do armazenamento de 60 dias. Na embalagem laminada a vácuo, os maiores valores foram determinados nos períodos de 30 e 45 dias, a partir dos 60 dias ocorre uma redução que se mantém até o período final de armazenamento.

Tabela 29 – Parâmetros físico-químicos de ácido ascórbico e carotenoides do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	Ácido ascórbico (%)		Carotenoides (g/100g) b. s.	
	E. L.	E. P.	E. L.	E. P.
0	610,88 ^{abcCD} ± 22,62	678,65 ^{adeB} ± 17,22	0,16 ^{abAB} ± 0,02	0,11 ^{abA} ± 0,05
15	638,62 ^{abeBC} ± 21,41	697,56 ^{deB} ± 27,45	0,11 ^{abAB} ± 0,07	0,11 ^{abA} ± 0,04
30	726,53 ^{dA} ± 24,48	704,50 ^{deB} ± 11,55	0,11 ^{abAB} ± 0,01	-
45	698,75 ^{deAB} ± 23,44	577,46 ^{bcA} ± 23,65	0,16 ^{abAB} ± 0,07	-
60	537,15 ^{fE} ± 16,31	525,56 ^{fA} ± 34,66	0,01 ^{bB} ± 0,06	-
75	515,15 ^{fE} ± 12,78	-	0,03 ^{abAB} ± 0,15	-
90	548,70 ^{cfDE} ± 30,68	-	0,22 ^{aA} ± 0,04	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Essa maior tendência de redução do ácido ascórbico na embalagem de plástica também foi observada por Moreira *et al* (2011, p. 30) e por Rocha (2013, p. 119) na polpa de

cupuaçu em pó e no suco de caju em pó, respectivamente, estes são resultados esperados uma vez que as propriedades de barreira desta embalagem são mais suscetíveis a umidade e a luz, que somados a outros fatores contribuem para a redução do ácido ascórbico.

Analisando a Tabela 29, o teor de carotenoides variou de 0,01 a 0,22 mg/100g no suco de caju em pó, para a embalagem de plástica a vácuo só foram determinados até o período de 15 dias, a partir do qual não foram mais detectados nesta amostra. Segundo Freitas *et al* (2006, p. 946) essa instabilidade pode estar associada a exposição do produto à luz, devido à natureza da embalagem, neste caso, a transparência favorece nesse processo de degradação dos carotenoides. Para a embalagem laminada nota-se que houve pouca variação entre 0 a 45 dias, a partir dos 60 dias houve uma redução que se manteve até os 75 dias, porém, foi notada uma pequena elevação nos 90 dias de armazenamento. Foi observado que na embalagem laminada somente houve diferença significativa entre os tempos de 60 e 90 dias no teor de carotenoides, a grande variação nos resultados pode ser explicada pela a maltodextrina presente no pó que dificulta o processo de extração com a acetona.

4.4.4 Avaliação dos parâmetros de umidade e atividade de água

Com os valores apresentados na Tabela 30, pode se observar, que não houve diferença significativa das umidades entre as embalagens, sugerindo que o suco de caju em pó acondicionado até 60 dias não tem variação neste parâmetro independente da embalagem a vácuo usada. Analisando separadamente a umidade entre as embalagens foi observado que esta não variou ao longo do armazenamento para a embalagem laminada a vácuo, enquanto, para a embalagem de plástica a vácuo somente nos 15 dias o suco de caju em pó diferiu estatisticamente em relação aos outros tempos, o tempo de 0 dias não variou em relação aos 30, 45 e 60 dias de estocagem.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Ramos *et al* (2008, p. 262) que observou que não houve variação no teor de umidade nos abacaxis desidratados embalados em policloreto de vinilideno a vácuo ao longo do armazenamento de 75 dias. Todavia são divergentes aos obtidos por Rocha (2013, p. 89 e 128) que estudou a estabilidade da polpa de manga e do suco de caju em pó acondicionado em embalagens de laminada e de plástica sem vácuo, está autora observou em ambas as embalagens o aumento da umidade ao longo do armazenamento de 180 dias, mais notadamente na embalagem de plástica.

Tabela 30 – Umidade e atividade de água do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	Umidade (%)		Atividade de água	
	E. L.	E. P.	E. L.	E. P.
0	2,39 ^{bcA} ± 0,13	2,39 ^{bcB} ± 0,18	0,18 ^{eb} ± 0,00	0,18 ^{ec} ± 0,00
15	2,58 ^{acA} ± 0,31	2,89 ^{aA} ± 0,20	0,18 ^{eb} ± 0,00	0,22 ^{bB} ± 0,00
30	2,47 ^{acA} ± 0,16	2,37 ^{bcB} ± 0,12	0,19 ^{dA} ± 0,00	0,25 ^{cD} ± 0,00
45	2,29 ^{bcA} ± 0,13	2,01 ^{bB} ± 0,12	0,19 ^{dA} ± 0,00	0,25 ^{cD} ± 0,00
60	2,22 ^{bcA} ± 0,07	2,20 ^{bcB} ± 0,13	0,19 ^{dA} ± 0,00	0,30 ^{aA} ± 0,00
75	2,40 ^{bcA} ± 0,06	-	0,18 ^{eb} ± 0,00	-
90	2,48 ^{acA} ± 0,06	-	0,18 ^{eb} ± 0,00	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os dados referentes aos valores de umidade podem contribuir para a hipótese de que o armazenamento a vácuo nas embalagens estudadas favorece na redução das trocas gasosas com o exterior. Entretanto, é através da análise da atividade de água ao longo do armazenamento que refletem o real comportamento do suco de caju em pó em ambas as embalagens e explica a menor vida útil do produto acondicionado na embalagem de plástica. De acordo com Azeredo *et al* (2012, p. 21) o conteúdo de umidade por si só não pode ser considerado como único indicador de reatividade química no alimento e atividade de água reflete melhor a concentração de água disponível para as reações químicas.

Comparando a atividade de água do suco de caju em pó acondicionado em ambas as embalagens a vácuo, observa-se que diferenciam entre si a partir dos 15 dias mantendo essa diferença até os 60 dias. Para a embalagem de plástica a vácuo houve um consistente aumento da atividade de água ao longo do armazenamento que se manteve igual nos tempos de 30 e 45 dias e elevado no tempo de 60 dias. Na embalagem laminada a vácuo, os tempos de 0 e 15 dias não diferiram estatisticamente dos tempos de 75 e 90 dias, porém, diferiram dos tempos de 30, 45 e 60 dias que são estatisticamente iguais. Entretanto, de modo geral, a variação numérica entre estes foi pequena.

4.4.5 Avaliação dos parâmetros de higroscopicidade e grau de caking

Também foi avaliado a higroscopicidade e grau de caking do suco de caju em pó ao longo do armazenamento (Tabela 31). A higroscopicidade não variou estatisticamente entre as embalagens a vácuo no período de 90 dias, exceto para o tempo de 60 dias, no qual o suco de caju em pó acondicionado na embalagem de plástica a vácuo variou estatisticamente dos outros tempos em ambas as embalagens a vácuo. Em ambas as embalagens, podem ser classificadas seguindo os padrões estabelecidos por GEA Niro Research Laboratory (2003) como pós não higroscópicos por apresentar valores de higroscopicidade inferiores a 10%.

O suco de caju em pó acondicionado em embalagem laminada a vácuo apresentou higroscopicidade que variou de 7,96 a 9,51% e não apresentou diferença estatística ao longo do armazenamento de 90 dias. Para a embalagem de plástica a variação foi de 4,70 a 8,28% e seguiu uma tendência de redução ao longo dos 60 dias em que foi avaliado, a higroscopicidade do pó não variou estatisticamente nos tempos de 0 e 15 dias e nos tempos de 30 e 45 dias, assim como o tempo de 60 dias diferiu em relação aos outros tempos.

Esses resultados evidenciam a superioridade da embalagem laminada no armazenamento do suco de caju em pó que manteve valores muito próximos, e é coerente com os valores de atividade de água analisados anteriormente que manteve uma certa estabilidade no armazenamento de 90 dias. Na embalagem de plástica, o pó absorveu água, como foi comprovado pelo o aumento da atividade de água, o que é atribuído pela menor capacidade de promover uma barreira eficiente da embalagem e somada a facilidade da água de se ligar as moléculas de baixo peso molecular (frutose, glicose e sacarose) presentes no suco em pó (JAYA e DAS, 2004, p. 126). Com essa maior incorporação de água do ambiente pelo produto, o pó vai tender a apresentar menores valores de higroscopicidade, o que está relacionado ao maior gradiente de concentração de água existente entre o produto e o ambiente explicado por Tonon, Brabet e Huginber (2009, p. 446).

Tabela 31 – Higroscopicidade e grau de *caking* do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	Higroscopicidade (%)		Grau de <i>caking</i> (%)	
	E. L.	E. P.	E. L.	E. P.
0	9,41 ^{bA} ± 0,26	7,70 ^{bBC} ± 0,29	74,69 ^{abcdABC} ± 8,62	86,87 ^{cdA} ± 3,60
15	8,54 ^{bA} ± 0,38	8,28 ^{bB} ± 0,23	88,92 ^{cB} ± 2,54	63,40 ^{abB} ± 7,31
30	9,51 ^{bA} ± 1,56	7,60 ^{bC} ± 0,21	59,12 ^{aA} ± 2,65	74,51 ^{abcdAB} ± 9,07
45	7,96 ^{bA} ± 0,93	7,39 ^{bC} ± 0,27	78,23 ^{bcdBC} ± 2,03	78,25 ^{bcdAB} ± 5,78
60	8,53 ^{bA} ± 0,40	4,70 ^{aA} ± 0,13	79,67 ^{bcdBC} ± 3,42	79,20 ^{bcdAB} ± 2,48
75	8,20 ^{bA} ± 0,73	-	81,14 ^{cdBC} ± 11,09	-
90	8,83 ^{bA} ± 1,75	-	70,03 ^{abdAC} ± 4,29	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Após a incorporação de água do ambiente pelo produto, a fase seguinte é característica pela formação de aglomerados mais conhecido como *caking* que se trata de um fenômeno de grande importância para a indústria de produtos em pó devidas a perdas econômicas durante a produção e o armazenamento (BARBOSA-CÁNOVAS *et al*, 2005, p. 335). Os valores do grau de *caking* do suco de caju em pó estão dispostos na Tabela 31, existe uma grande variação nos valores que foram superiores a 50% nas duas embalagens classificando-se como um pó com muita formação de *caking* segundo os padrões estabelecidos por GEA Niro Research Laboratory (2003). Essa grande variação nos valores obtidos para o grau de *caking* do suco de caju em pó pode ser atribuída as dificuldades do método de análise empregado para quantificar devido ao processo de remoção do pó da placa de petri como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 – Placa de petri para quantificação do grau de *caking* do suco de caju em pó.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os valores elevados no grau de *caking* já eram esperados, uma vez que por tratar-se de um pó de fruta que tem em sua composição açúcares de baixo peso molecular que contribuem para a redução da temperatura de transição vítrea que favorecem os processos de aglomeração dos pós (BARBOSA-CÁNOVAS *et al*, 2005, p. 341; GOULA e ADAMOPOULOS, 2010, p.350).

Estatisticamente não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tempos comparando as duas embalagens, exceto, para o tempo de 15 dias nas duas embalagens, na qual a embalagem laminada a vácuo apresentou um valor de 88,92% e na embalagem de plástica a vácuo um valor de 63,40%. Individualmente, o suco de caju em pó acondicionado na embalagem laminada a vácuo, os tempos de 15 e 30 dias diferiram entre si estatisticamente e o tempo 0 dias não variou estatisticamente em relação aos outros tempos. Para o suco de caju em pó acondicionado na embalagem de plástica, somente houve diferença significativa entre os tempos de 0 e 15 dias.

4.4.6 Avaliação dos parâmetros de solubilidade e reidratação

Os valores de solubilidade e reidratação estão apresentados na Tabela 32, de modo geral, para ambas as embalagens houve valores superiores a 90% de solubilidade, foi observado que somente houve diferença significativa entre as embalagens a vácuo no tempo de 30 dias. Na embalagem laminada a vácuo, houve diferença estatística do tempo de 15 dias em relação aos tempos de 0, 30 e 75 dias, assim como foi observado diferença entre os tempos de 60 e 75 dias. Na embalagem plástica a vácuo somente houve diferença significativa dos tempos de 15 e 30 dias ao longo do armazenamento. A solubilidade está relacionada a

interação entre as substâncias químicas e trata-se de um termo quantitativo para expressar a solubilização de um soluto no solvente que é a substância que a dissolve (MARTINS, LOPES e ANDRADE, 2013, p. 1248). Considerando que na composição do suco de caju em pó possuem açúcares facilmente solúveis em água, esses valores elevados de solubilidade já são esperados independente da embalagem na qual o suco foi acondicionado.

A reidratação do suco de caju em pó é um importante parâmetro de qualidade que reflete a real condição do produto armazenado em ambas as embalagens, analisando a Tabela 32 foi observado que não houve diferença significativa entre as embalagens a vácuo até o período de 15 dias. Para a reidratação do pó acondicionado na embalagem laminada a vácuo estatisticamente não houve diferença significativa ao longo do armazenamento de 90 dias. Na embalagem plástica a vácuo nota-se um evidente aumento no tempo de reidratação, o que é explicado por um maior tempo necessário para dissolver sob agitação os grânulos formados, estatisticamente houve diferença significativa entre os tempos de 0 e 15 dias em relação aos tempos de 45 e 60 dias.

Tabela 32– Solubilidade e reidratação do suco de caju em pó ao longo do armazenamento de 90 dias em diferentes embalagens.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	Solubilidade (%)		Reidratação (segundos)	
	E. L.	E. P.	E. L.	E. P.
0	95,05 ^{bBC} ± 0,24	93,57 ^{abAB} ± 0,50	45,0 ^{cA} ± 0,00	45,0 ^{cC} ± 0,00
15	93,48 ^{bA} ± 0,32	95,05 ^{abA} ± 0,23	45,0 ^{cA} ± 0,00	60,0 ^{bcBC} ± 0,00
30	95,05 ^{bBC} ± 0,24	91,61 ^{ab} ± 1,68	45,0 ^{cA} ± 0,00	82,50 ^{bB} ± 10,61
45	94,21 ^{bABC} ± 0,94	93,15 ^{abAB} ± 0,85	45,0 ^{cA} ± 0,00	150,0 ^{aA} ± 0,00
60	93,73 ^{bAC} ± 0,29	93,34 ^{abAB} ± 0,42	45,0 ^{cA} ± 0,00	172,5 ^{aA} ± 10,61
75	95,15 ^{bB} ± 0,35	-	45,0 ^{cA} ± 0,00	-
90	94,76 ^{bABC} ± 0,58	-	75,0 ^{bA} ± 21,21	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

4.4.7 Avaliação dos parâmetros de cor do pó

Na Tabela 33 encontram-se os resultados médios para os parâmetros colorimétricos de luminosidade (L), a* e b* do suco de caju em pó. Em relação ao parâmetro luminosidade (L) foi observada uma tendência de redução em ambas as embalagens a vácuo até o período de 60 dias. Entre as embalagens, o tempo de 30 dias da embalagem laminada a vácuo não apresentou diferença significativa em relação ao tempo de 15 dias na embalagem plástica a vácuo ($P \leq 0,05$). Na embalagem laminada a vácuo ao longo do armazenamento de 90 dias, a luminosidade inicialmente apresentou um valor inicial de 69,05 e a partir dos 15 dias até o período de 60 dias apresentou uma tendência de redução, com uma ligeira elevação no período de 75 aos 90 dias. A luminosidade do suco de caju em pó acondicionado na embalagem de plástica a vácuo, apresentou essa tendência de redução mais claramente do que na embalagem anterior ao longo do armazenamento de 60 dias. Azevedo *et al* (2011, p. 320) também obteve menores valores de L* em amostras mais aglomeradas e relacionou a formação dos grânulos mais porosos com maior reflexão da luz com isso menor luminosidade.

Em relação aos parâmetros a* (verde/vermelho) e b*(azul/amarelo) para o pó armazenado em ambas as embalagens a vácuo apresentaram valores que se situaram no segundo quadrante do diagrama de cor, houve diferença estatística desses parâmetros entre as duas embalagens. Para o pó da embalagem laminada a vácuo, houve um aumento no parâmetro a* até o período de 30 dias e em seguida uma ligeira redução no qual apresentaram-se valores muito próximos, embora diferentes estatisticamente. O mesmo foi observado para o parâmetro b*, houve uma tendência de aumento até o período de 45 dias em seguida uma ligeira redução com valores muito próximos. Para o pó da embalagem de plástica, tanto o parâmetro a* e b* apresentaram uma tendência de aumento durante todo o armazenamento de 60 dias. Desta forma, a diminuição da luminosidade (L) e dos parâmetros a* e b* favoreceram o escurecimento do pó e essa variação foi mais perceptível no pó armazenado na embalagem de plástica a vácuo do que na laminada a vácuo. As reduções nesses parâmetros são apontadas por vários autores como responsável pela degradação e/ou formação de pigmentos e pela oxidação do ácido ascórbico (GOMES, FIGUEIRÊDO e QUEIROZ, 2004, p. 387; FERRARI, RIBEIRO e AGUIRRE, 2012, p. 163).

Tabela 33 – Parâmetros de colorimétricos (L*, a* e b*) do suco de caju em pó armazenado em duas embalagens a vácuo por 90 dias.

Suco de caju em pó						
Tempo (Dias)	L*		a*		b*	
	E.L.	E.P	E.L.	E.P	E.L.	E.P
0	69,05 ^{aA} ± 0,01	68,35 ^{dA} ± 0,06	-2,84 ^{cC} ± 0,00	-2,77 ^{gC} ± 0,01	4,70 ^{ghDE} ± 0,01	4,62 ^{eE} ± 0,02
15	68,19 ^{eD} ± 0,02	68,07 ^{lB} ± 0,01	-2,80 ^{bB} ± 0,01	-2,69 ^{eB} ± 0,01	4,73 ^{fgCD} ± 0,00	4,84 ^{iD} ± 0,01
30	68,07 ^{lE} ± 0,01	66,55 ^{iD} ± 0,02	-2,69 ^{eA} ± 0,01	-2,59 ^{dD} ± 0,01	4,84 ^{iB} ± 0,01	5,50 ^{bB} ± 0,01
45	67,75 ^{lF} ± 0,01	67,55 ^{hC} ± 0,02	-2,77 ^{gE} ± 0,00	-2,60 ^{dD} ± 0,01	5,15 ^{cA} ± 0,01	4,98 ^{dC} ± 0,01
60	67,63 ^{gG} ± 0,05	65,21 ^{jE} ± 0,01	-2,74 ^{lD} ± 0,01	-2,38 ^{aA} ± 0,00	4,67 ^{hE} ± 0,03	6,03 ^{aA} ± 0,02
75	68,63 ^{bB} ± 0,02	-	-2,78 ^{gE} ± 0,01	-	4,77 ^{lC} ± 0,01	-
90	68,44 ^{cC} ± 0,01	-	-2,73 ^{lD} ± 0,01	-	4,83 ^{iB} ± 0,01	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os valores referentes a cromaticidade (C*) e o ângulo de tonalidade (Hue) do suco de caju em pó estão apresentados na Tabela 34. No quesito cromaticidade (C*) foi observado que houve diferença significativa entre as embalagens durante todo o armazenamento, na embalagem laminada a vácuo foi notado uma tendência de aumento durante os 90 dias e este comportamento também foi observado na embalagem plástica a vácuo.

Tabela 34 – Parâmetros de colorimétricos (C* e Hue) do suco de caju em pó armazenado em duas embalagens a vácuo por 90 dias.

Suco de caju em pó				
Tempo (Dias)	C*		Hue	
	E.L	E.P.	E.L	E.P.
0	5,49 ^{hE} ± 0,01	5,39 ^{eE} ± 0,01	121,14 ^{tA} ± 0,06	120,89 ^{fgA} ± 0,16
15	5,50 ^{hE} ± 0,01	5,54 ^{fgD} ± 0,01	120,71 ^{gB} ± 0,06	119,10 ^{iB} ± 0,11
30	5,54 ^{fgCD} ± 0,01	6,08 ^{bB} ± 0,01	119,10 ^{iD} ± 0,11	115,25 ^{dD} ± 0,01
45	5,85 ^{cA} ± 0,01	5,61 ^{dC} ± 0,01	118,27 ^{bE} ± 0,03	117,53 ^{cC} ± 0,10
60	5,41 ^{eB} ± 0,03	6,49 ^{aA} ± 0,02	120,35 ^{hF} ± 0,13	111,54 ^{eE} ± 0,08
75	5,51 ^{ghDE} ± 0,01	-	120,36 ^{hF} ± 0,04	-
90	5,55 ^{fC} ± 0,01	-	119,53 ^{aC} ± 0,06	-

E. L. = Embalagem Laminada com vácuo; E. P. = Embalagem Plástica com vácuo; Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma linha, pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p \geq 0,05$) na mesma coluna, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pela autora.

Outro parâmetro importante na análise de cor é o ângulo de tonalidade (Hue) que situa dentro do diagrama a tendência da cor. O suco de caju em pó acondicionado em ambas as embalagens a vácuo estão situados no segundo quadrante de cor, neste caso, do amarelo (90°) ao verde (180°). Na embalagem laminada, o ângulo Hue apresentou uma tendência de redução até os 45 dias, seguida de uma elevação no tempo de 60 dias que se manteve até o final do armazenamento. Na embalagem de plástica a vácuo, de modo geral, foi observado essa tendência de redução durante todo o armazenamento de 60 dias, com exceção, do tempo de 45 dias que apresentou um valor ligeiramente superior ao tempo de 60 dias. Com isso, numericamente, houve uma maior tendência ao amarelo (90°) do pó acondicionado na embalagem plástica a vácuo do que na embalagem laminada a vácuo. Entre as embalagens, não houve diferença significativa entre os tempos de 0 e 15 dias da embalagem laminada em

relação ao tempo 0 da embalagem de plástica, assim como não houve diferença entre o tempo de 30 dias da embalagem laminada em relação aos 15 dias da embalagem de plástica, podemos observar que até o período de 45 dias as mudanças no ângulo Hue na embalagem de plástica, numericamente, aconteceram mais rapidamente do que na outra embalagem.

4.5 Isotermas de adsorção

Na Tabela 35 abaixo estão apresentados os parâmetros estimados obtidos para os modelos de BET, GAB, Henderson e Oswin e os parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção do suco de caju nas temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C, assim como os coeficientes de determinação (R^2) e os erros médios relativos (E). Analisando a referida Tabela, foram obtidos valores de coeficientes de determinação que variaram de 0,6446 a 0,9981 e para os valores de erro médio variando de 6,11 a 68,51. Considerando, os menores valores de erro médios e os maiores valores de R^2 , é possível constatar que não houve nenhum modelo que se ajustasse a todas as temperaturas estudadas, por exemplo, para a temperatura de 25 °C o melhor modelo ajustado foi o de Oswin, para as temperaturas de 30 e 35 °C o modelo de BET ajustou-se melhor aos dados experimentais, e para a temperatura de 40 °C o modelo de Henderson foi o mais ajustado.

Para o suco de caju em pó, os modelos de Henderson e Oswin apresentaram o pior ajuste para as isotermas estudadas, apresentaram valores de “a” e “b” fora do faixa requerida segundo Blahovec (2004, p. 490) uma vez que para o modelo de Henderson estes parâmetros devem apresentar $a > 0$ e $b \geq 1$ e para o modelo Oswin deve apresentar $a > 0$ e $1 \geq b > 0$. Analisando os valores de coeficientes de determinação (R^2) e os erros médios relativos (E) da Tabela 37, de modo geral, o modelo de BET apresentou o melhor ajuste para as isotermas estudadas, sendo o melhor em duas temperaturas (30 e 35 °C), sendo neste caso, este o modelo mais ajustado, matematicamente, seguido do modelo de GAB e estes dois escolhidos para serem realizadas as isotermas de adsorção nesta pesquisa.

Analisando os resultados dos ajustes das isotermas de adsorção para o modelo de BET apresentado na Tabela 35, foi observado que para o parâmetro C houve uma tendência de aumento com a temperatura variando de 25 ao 35 °C, porém, na temperatura de 40 °C houve uma ligeira redução, já os parâmetros X_m e n apresentaram um padrão aleatório com relação a temperatura.

Tabela 35 – Resultados dos ajustes das isotermas de adsorção do suco de caju em pó.

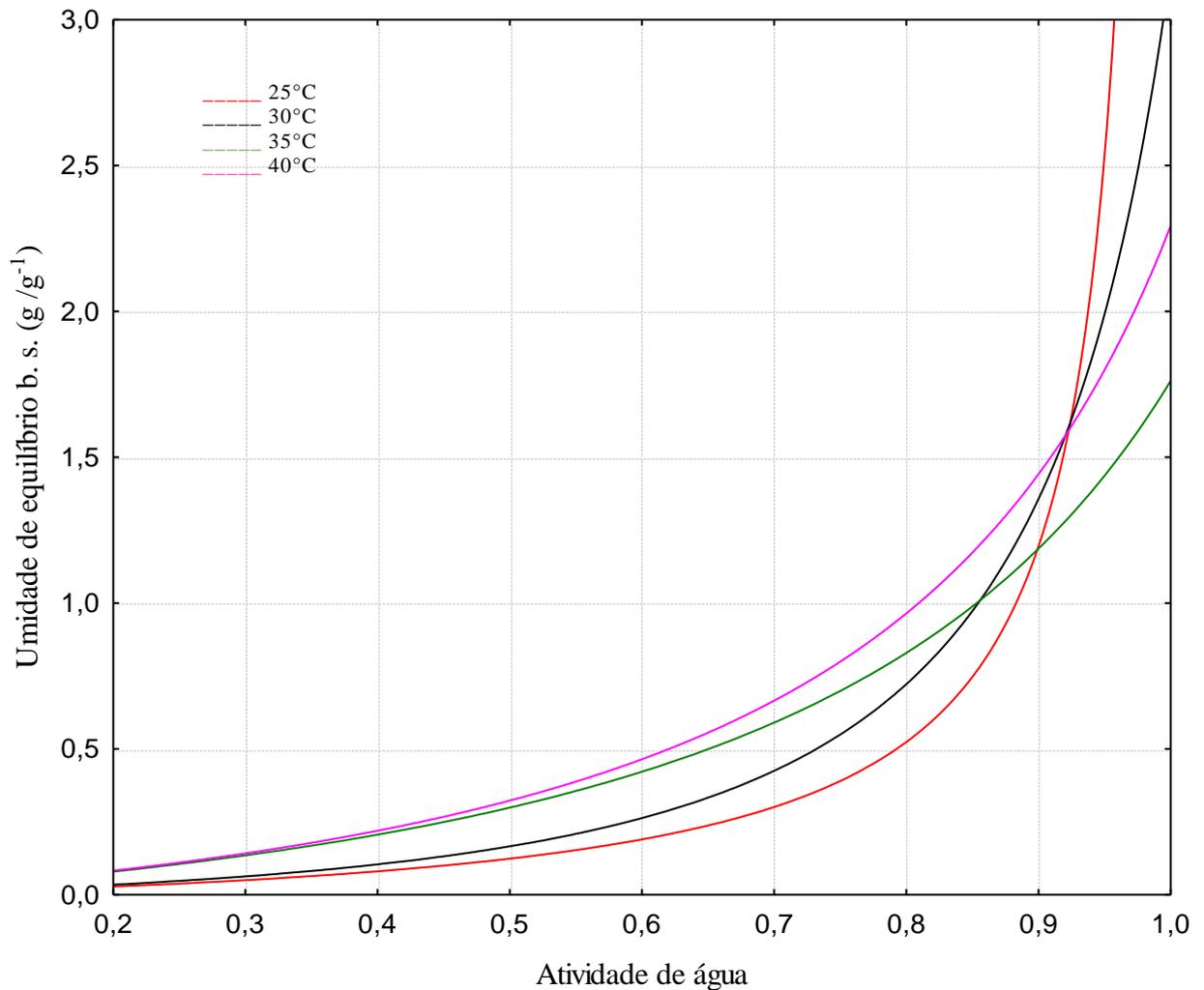
Modelos	T (°C)	Parâmetros			R ²	E (%)
		X_m	C	K		
GAB	25	0,6400	0,1555	0,8630	0,9919	17,41
	30	0,5680	0,2464	0,8836	0,9976	6,21
	35	0,7741	0,5582	0,7338	0,6513	66,33
	40	0,7619	0,5440	0,7808	0,6549	65,63
BET		X_m	C	n		
	25	0,3180	0,3184	1,1608	0,9905	16,20
	30	0,2704	0,4275	- 0,3657	0,9961	6,11
	35	0,4412	0,4372	0,4258	0,6369	48,06
	40	0,8368	0,3919	1,5754	0,6527	68,51
Henderson		a	b			
	25	0,5465	2,2707		0,9915	21,16
	30	0,5704	1,9468		0,9981	8,98
	35	0,7616	1,7457		0,6556	59,71
	40	0,7345	1,5869		0,6601	58,61
Oswin		a	b			
	25	0,1261	1,0253		0,9902	15,40
	30	0,1678	1,0702		0,9961	8,73
	35	0,2919	0,9542		0,6446	63,63
	40	0,3188	1,0082		0,6504	62,27

Fonte: elaborada pela autora.

O X_m refere-se ao teor de umidade na monocamada a uma dada temperatura que corresponde a uma menor perda de qualidade, no qual as reações químicas são mínimas, exceto para a oxidação de gorduras insaturadas (GOULA *et al*, 2008, p. 77). Os valores X_m obtidos variaram de 0,2704 a 0,8368 para este modelo, nota-se uma queda nas temperaturas de 25 a 30 °C e para as temperaturas de 35 a 40 °C houve um aumento. Este aumento com a temperatura também foi observado por Alcântara *et al* (2009, p. 84) na isoterma de adsorção do pedúnculo de caju em pó nas faixas de temperaturas de 25 a 30 °C e 35 a 40°C para o modelo de BET. Analisando a Figura 17 que representa as isotermas de adsorção do suco de caju em pó para o modelo de BET, observa-se que não houve um alinhamento das curvas nas

temperaturas experimentais estudadas, apenas uma proximidade nas temperaturas de 25 e 30°C e entre 35 e 40°C em valores de atividades de água de até 0,4.

Figura 17 – Isotermas de adsorção do suco de caju em pó nas temperaturas experimentais de 25, 30, 35 e 40°C (linhas) prevista pelo modelo de BET.



Fonte: elaborada pela autora.

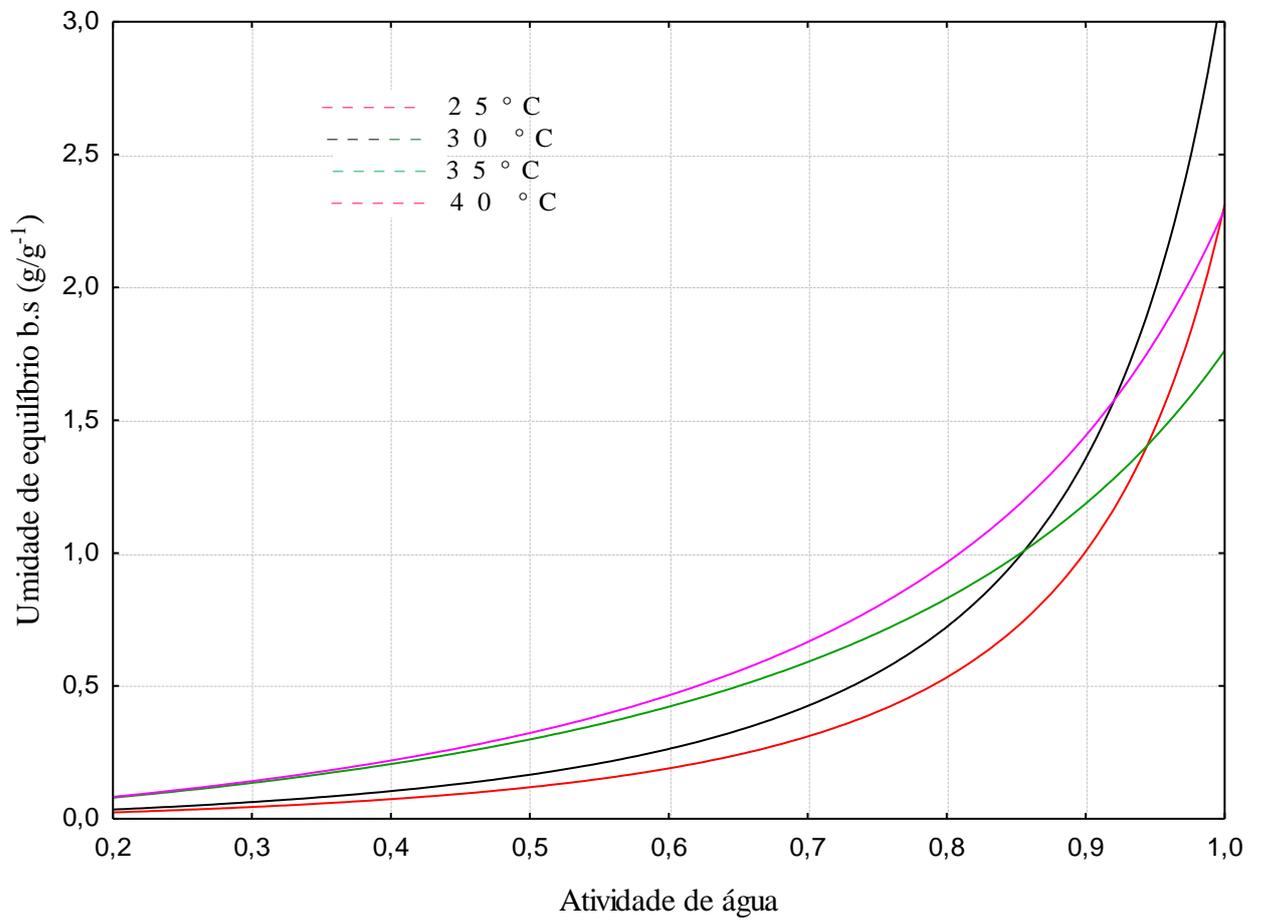
É possível observar que em atividades de água superiores a 0,3 a umidade de equilíbrio aumenta com a atividade de água em todas as temperaturas estudadas, ou seja, em baixas atividades de água o suco de caju em pó adsorve pouca água e em elevadas uma maior quantidade. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Gouveia *et al* (2004, p. 805) nas isotermas de adsorção da polpa de banana tipo prata nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e por Alexandre, Figueirêdo e Queiroz (2007, p. 17) nas isotermas de adsorção da pitanga em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

Em atividades de água superiores a 0,8 ocorre uma inversão entre as isotermas de 30 e 35 °C e em seguida entre as isotermas de 25 e 35°C, em atividades de água superiores a 0,9 ocorre um ponto de intercessão entre as isotermas de 25, 30 e 45°C a partir no qual a isoterma de 45°C declina, sugerindo que em atividades de água superiores a 0,9 ocorre uma diminuição da umidade de equilíbrio com a temperatura seguindo a regra geral melhor explicada pela Equação de energia livre de Gibbs que de acordo com Mathlouthi e Roge (2003, p. 62) cuja exceção é a presença de açúcares simples que contribui para o aumento da higroscopicidade, por ocasião do aumento da temperatura.

Em relação ao modelo de GAB, os valores de umidade da monocamada também não apresentaram nenhum comportamento relacionado a temperatura, variando de 0,5680 a 0,7741 diferentes dos valores apresentados por Rocha (2013, p.122) que variaram de 0,1739 a 0,1952 no suco de caju em pó, o que pode estar relacionado as diferenças da matéria prima. Para o parâmetro C foi observado uma tendência de aumento com a temperatura variando de 25 aos 35 °C quanto ao parâmetro K que corresponde ao fator de correção do modelo de GAB, os valores variaram de 0,7338 a 0,8836, portanto, inferiores a 1 indicando um comportamento hiperbólico.

A Figura 18 representa a isoterma de adsorção do suco de caju em pó para o modelo de GAB, o início da curva apresenta um comportamento semelhante ao modelo de BET onde não foi observado um alinhamento entre as curvas nas temperaturas estudadas, outra similaridade foi o aumento da umidade de equilíbrio com a atividade de água. A partir de atividades de água superiores a 0,8 ocorre uma mudança de comportamento entre as curvas havendo a inversão, primeiramente, entre as isotermas de 30 e 35 °C e posteriormente entre as isotermas de 30 e 40°C e entre as isotermas de 25 e 35°C. Esse comportamento de inversão entre as curvas das isotermas entre as temperaturas também foi observado por Moreira *et al* (2013, p. 1097) na polpa de manga liofilizada no modelo de GAB cujos autores atribuíram ao aumento da solubilidade dos açúcares relacionado ao aumento da temperatura.

Figura 18 – Isotermas de adsorção do suco de caju em pó nas temperaturas experimentais de 25, 30, 35 e 40°C (linhas) prevista pelo modelo de GAB.



Fonte: Elaborada pela autora.

5 CONCLUSÃO

O planejamento experimental aplicado a secagem do suco de caju em leito de jorro foi estatisticamente significativo a 95% de confiança para todas variáveis dependentes estudadas. A melhor resposta experimental que incluía todos os requisitos requeridos foram: temperatura de 80 °C, concentração de maltodextrina de 12% e vazão de ar de secagem de 1,5 m³/min.

O suco de caju em pó apresentou uma baixa umidade e atividade de água com um considerável teor de ácido ascórbico, porém baixo conteúdo de carotenoides e compostos fenólicos. Por meio da análise de compressibilidade, o pó apresentou problemas de fluidez, trata-se de um pó amorfo e com elevado teor de K₂O em sua composição.

Em relação ao estudo da estabilidade nas embalagens a vácuo, o suco de caju em pó acondicionado na embalagem de plástica a vácuo apresentou uma estabilidade de apenas 60 dias, diferentemente da embalagem laminada a vácuo, que preservou melhor suas características físicas e físico-químicas por um período de 90 dias. Em relação as isotermas de adsorção, o modelo de BET apresentou um bom ajuste para todas as isotermas estudadas, sendo o melhor em duas temperaturas (30 e 35 °C), sendo neste caso, este o modelo mais ajustado seguido do modelo de GAB.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIR - Associação Brasileira de Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não Alcoólicas. **Consumo de sucos de 2002-2009**, sucos em pó - segmentos de sabor. Brasília, 2010. Disponível em:<<http://abir.org.br/categoria/pesquisas-3/>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

ABIR - Associação Brasileira de Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não Alcoólicas. **Consumo de todas as bebidas comerciais 2005-2010**. Brasília, 2011. Disponível em:<<http://abir.org.br/categoria/pesquisas-3/>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

ABREU, F. A. P.; NETO, R. M. S. **Cajuína**, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007, 59 p. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/110278>>. Acesso em 07 de ago. de 2013.

AGUIAR, L. P.; LIMA, D. P.; ALVES, R. E.; PAIVA, J. R. β -caroteno, vitamina c e outros atributos de qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro **anão precoce**. **Rev. Ibero americana de Tecnología Postcosecha**. V. 6, n. 1, p. 12-16, 2004. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/pdf/813/81306103.pdf>>. Acesso em: 01 de nov. de 2014.

AHRNÉ, L.; CHAMAYOU, A.; DEPYPERE, F.; DUMOLIN, E.; FITZPATRICK, J.; MEEESTERS, G. Processing of Food Powders. *In*: Aguilera; Lillford (Ed.). **Food materials science: principles and practice**. New York: Springer. 2010. p. 30-100. Disponível em:<www.bookos.or>. Acesso em 21 de set. de 2013.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Agriambi**. v.13, n.1, p.81-87, 2009. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n1/v13n01a12.pdf>>. Acesso em: 21 de nov. de 2014.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Rev. de Biologia e Ciên. da Terra**. v. 7, n. 1, 2007. Disponível em:<<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/>>. Acesso em: 26 de nov. de 2014.

AL-MUHTASEB, A. H.; McMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 80, n. 2, p. 118-128, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/>>. Acesso em: 28 de jul. de 2013.

ANDRADE, R. D.; LEMUS, R. M.; PÉREZ, C. E. C. Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. **Rev. de la Facul. Química Farmacéutica**, v. 18, n. 3, p. 325-334, 2011. Disponível em:<<http://aprendeonlinea.udea.edu.co/revistas/>>. Acesso em: 18 de jul. de 2013.

ARAÚJO, D.A.; COELHO, R. M. D.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Higroscopicidade do suco de acerola desidratado em leito de jorro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBEQ, 2014. Disponível em:<<http://proceedings.galoa.com.br/>>. Acesso em: 22 de nov. de 2014.

ASSIS, A. V. R.; BIZZO, H. R.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Recuperação e concentração de componentes do aroma de caju (*Anacardium occidentale* L.) por pervaporação. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n.2, p. 349-354, 2007. Disponível em:<<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 17 de nov. de 2014.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. **Food Chemistry**. v. 81, p. 495–502, 2003. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 01 de nov. de 2014.

AUGUSTIN, M. A.; SANGUANSRI, L. Encapsulation of Bioactives. *In*: Aguilera e Lillford (Ed.). **Food Materials Science: principles and practice**. New York: Springer. 2008. p. 576-601. Disponível em:<www.bookos.org>. Acesso em: 07 de out. de 2013.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. Alterações químicas em alimentos durante a estocagem. *In*: AZEREDO (Ed.) **Fundamentos da Estabilidade de alimentos**. Brasília: Embrapa. 2012. p. 15-38. Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 07 de jan. de 2014.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. *In*: AZEREDO (Ed.) **Fundamentos da Estabilidade de alimentos**. Brasília: Embrapa. 2012. p. 15-38. Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 18 de nov. de 2014

AZEVEDO, L.; MILEB, C.; VISSOTTO, F. Z.; CARVALHO-SILVA, L. B. Alimento para fins especiais: ingredientes, elaboração e aglomeração. **Rev. Nutr., Campinas**, v.24, n. 2, p. 315-322, 2011. Disponível em:<<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 06. de Jan. de 2015.

BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREIA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações Técnicas para Cultura do Cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT,1993. 65p. (EMBRAPA - CNPAT. Circular Técnica, 1). Disponível em:<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_2493.pdf>. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. Undesirable phenomena and their relation to processing. *In*: _____(Ed.).**Food Powders: Physical properties, processing and functionality**. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2005. p. 305-360.

BASTOS, D. S.; CABRAL, L. M. C.; ANDRADE, C. T.; ARAÚJO, G. L. ROCHA-LEÃO, M. H. M. Estudo de caracterização de sucos de caju (*Anacardium occidentale*, L.) comercial e in natura encapsulados por combinação de coacervação e spray drying utilizando um novo complexo polissacarídeo-proteína. In: SIMPÓSIO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2., 2010, Aracaju. **Anais...**Aracaju: SBCTA, 2010. Disponível:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 07 de Jan. de 2015.

BEZERRA, T. S. Caracterização física, química e morfológica de polpa de marolo liofilizada. 2014. 140f. **Tese** (Doutorado em Ciências de alimentos) – Programa de Ciência dos alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em:<<http://repositorio.ufla.br/>>. Acesso em: 03. De 2015.

BHANDARI, B. R.; ADHIKARI, B. P. Water activity in food processing and preservation. In: Chen e Mujumdar (Ed.). **Drying Technologies in Food Processing**. Singapore: Blackwell Publishing. 2008. p. 55-89. Disponível em:<<http://www.bookos.org>>. Acesso em: 20 de ago. de 2013.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p.489–495, 2004. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/>>. Acesso em: 21 de nov. de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 544 de 16 de novembro de 1998. Aprova os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 de nov. 1998. Disponível em:<www2.agricultura.rs.gov.br/>. Acesso em 08 de Ago. de 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para Polpa de Fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 07 de mar. 2000. Disponível em:<www2.agricultura.rs.gov.br/>. Acesso em 02 de Ago. de 2013.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta no âmbito federal, dispositivos da Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em:<<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 27 de jul. de 2013.

CAJU: o pedúnculo desperdiçado. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 10 maio 2012. Disponível em:<<http://blogs.diariodonordeste.com.br/egidio/agronegocio>>. Acesso em: 27 de jul. de 2013.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. *Inn. Food Sci. & Eme. Tech.*, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 07 de Dez. de 2014.

CARR, R. L. Evaluating Flow Properties of solids. *Chem. Eng.*, 1965, v. 72, p.163-168.

CEARÁ. Agência de Desenvolvimento do Ceará. **Frutas do Ceará**. Fortaleza, 2012, 23p. Disponível em:<<http://www.adece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 26 de jul. de 2013 b.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Análise da Dinâmica das Exportações de Frutas no período de 2007 a 2012**: Brasil e Ceará (Nº 60). Fortaleza, 2013, 17p. Disponível em:<<http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoesf>>. Acesso em: 24 de ago. de 2013 a.

CESTA de produtos mais consumidos em supermercado subiu 7,27% em 2012. O povo, Fortaleza, 30 de janeiro. Disponível em:<<http://www.opovo.com.br/app/economia/2013/01/30/noticiaseconomia,2997776/cesta-de-produtos-mais-consumidos-em-supermercado-subiu-7-27-em-2012.shtml>>. Acesso em: 02 de jun. de 2013.

CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. Clarificação e concentração do suco de caju por processo de membranas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 26, n. 3, p. 579-583, jul.-set., 2005. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n3/27030.pdf>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

CORBELLA. **Gestión del Color**. Disponível em:< <http://thzimage.com/>>. Acesso em: 10 de jan. de 2015.

COSTA, J. N. **Estudo da estabilidade de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. falvicarpa Degener*) em pó, proveniente de cultivo orgânico**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em:< <http://www.ppgcta.ufc.br/>>. Acesso em: 07 de Dez. de 2014.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 137f. Tese (Doutorado em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007. Disponível em:<<http://www.pg.fca.unesp.br/>>. Acesso em: 22 de set. de 2013.

COUTINHO, A.P.C. CABELLO, C. Influência da agitação e do tempo de hidrólise no processamento de maltodextrina de amido de mandioca. *Rev. RAT*, v. 3, p. 1-4, 2007. Disponível em:<<http://www.cerat.unesp.br/>>. Acesso em 22 de set. de 2013.

CRUZ, N. J. T.; SILVA, M. V.; FILHO, R. A. S. Consumo dos principais produtos derivados do caju e potencialidades dos produtos alternativos do caju na cidade de Maceió- Alagoas. *In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIEDADE*, 2007, Londrina. **Palestras...**Londrina: Sober, 2007. Disponível em:<<http://www.sober.org.br/palestra/>>. Acesso em: 07 de Ago. de 2013.

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; RODRIGUES, M. S. A.; MARANHÃO, T. K. L. Perfil da qualidade de polpas de fruta comercializadas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Verde**, v.5, n.5, p. 61 – 66, 2010. Disponível em:< <http://www.gvaa.com.br/revista/>>. Acesso em: 17 de nov. de 2014.

DANTAS, T. N. P.; SOUZA, J. S.; SOUZA, F. E. S.; MEDEIROS, M. F. D.; Propriedades físicas e físico-químicas de pós de misturas de polpas de frutas com diferentes fontes lipídicas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 8., 2009, Uberlândia. **Anais...**Uberlândia: CBQ IC, 2009. Disponível:< <http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/>>. Acesso em: 08 de nov. de 2014.

DELONG, D. History of drying. *In: _____*(Ed.). **How to dry foods**. New York: Penguin Group. 2006. p. 5-10. Disponível em:<<http://books.google.com.br/books/>>. Acesso em 24 de ago. de 2013.

EPSTEIN, N.; GRACE, J. R. Introduction. *In: _____*(Ed.). **Spouted and Spout-Fluid Beds: Fundamentals and Applications**. New York: Cambridge University press. 2011. p. 1-14. Disponível em:<<http://books.google.com.br/books/>>. Acesso em 24 de ago. de 2013.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Segurança e Qualidade para a cultura do caju**. Brasília: Embrapa/ sede, 2004, 67 p. Disponível em:< <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em 26 de jun. de 2013.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Statistical Yearbook 2013**. Disponível em:<<http://www.fao.org/>>. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos** – princípios e prática, Porto Alegre: Artemed, 2006. 602p.

FERRAREZI, A. C.; SANTOS, K. O.; MONTEIRO, M. Avaliação crítica da legislação brasileira de sucos de fruta, com ênfase no suco de fruta pronto para beber. **Rev. Nutr**, v. 23, n. 4, p. 667-677, 2010. Disponível em:< <http://www.scielo.br> >. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M.; Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Food Technol**, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012. Disponível em:< <http://www.scielo.br> >. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

FONSECA, A. V. V. **Estabilidade do suco de caju (*Anacardium Occidentale*, L.) acondicionado em embalagens de vidro e de pet.** 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. M.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; FERNANDES, A. G. Estabilidade dos carotenoides, antocianinas e vitamina c presente n suco tropical de acerola (*Malpigh emarint DC.*) adoçado e envasado pelo processo hot-fill e asséptico. **Ciênc. agrotec.** v.30, n. 5, p. 942-949, 2006. Disponível em:< <http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 de Dez. de 2014.

FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, B. D. G. M.; GENOVESE, M. I. Impacto of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidante activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dúbia Mc Vaugh*). **Food Research International**, v. 54, p. 495-500, 2013. Disponível em:<www-periodicos-capes-gov-br>. Acesso em: 04 de out. de 2013.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M.; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de um em pó. **Revista Brasileira de produtos agroindustriais.** v.5, n. 1, p. 73-80, 2003. Disponível em:< <http://www.deag.ufcg.edu.br>>. Acesso em: 07 de Dez. de 2014.

GALDINO, P. O. **Secagem por asperção da polpa do figo-da-índia.** 2011. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2011. Disponível em:<<http://www.deag.ufcg.edu.br/>>. Acesso em: 15 de mai. de 2014.

GAVA, A. J; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. Fatores que Afetam a multiplicação dos microrganismos. *In*:_____ (Ed.) **Tecnologia de Alimentos: princípios e aplicações.** São Paulo: Nobel. 2008. p. 93-105.

GEA Niro Research Laboratory. **GEA Niro analytical methods.** Disponível em: <<http://www.niro.com/methods>>. Acesso em 15 set. 2013.

GIBBS, B. F.; KERMASHA, S.; ALLI, I.; MULLIGAN, N. Encapsulation in the food industry: a review. **Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 50, p. 213-224, 1999. Disponível em:<www.capesperiodicos.com.br>. Acesso em: 28 de set. De 2013.

GOMES, P. M. A; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 24, n. , p. 384-389, 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n3/21930.pdf>>. Acesso em: 03 de out. de 2013.

GONZALÉZ, M. A.; VICENTE, I. Medición del color. *In*: _____ (Ed.) **El color em la indústria de los alimento**. La Habana: Editorial Universitária. 2007. p. 12-41.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. The effect on product recovery. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.25-34, 2005. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877404000937>>. Acesso em: 18 de mai. de 2014.

GOULA, A.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v.85, p.73-83, 2008. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 23 de nov. de 2014.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 11, p. 342 – 351, 2010. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

GOUVEIA, J. P.G.; NASCIMENTO, J.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, M. M. FARIAS, E. S.; SILVA, F. L. H. Modelos matemáticos para ajuste das isotermas de dessorção da polpa de banana da variedade prata. **Eng. Agríc.** v.24, n.3. 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br/scielo.>>. Acesso em: 25 de Nov. de 2014.

GREESPAN, L. Moisture pontos fixos de soluções aqueuos saturada binários. **Jornal de Pesquisa do Nacional de Padrões A : Física e Química**, v 81, n. 1, p, 89-96, 1977.

IAL- Instituto Adolfo Lutz. Normas **Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de Alimentos. 4 ed. São Paulo, v. 1, 2008.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Dehydration. *In*: _____ (Ed.). **Unit Operation Food Engineering**. CRC Press LLC. 2003. p. 573-624.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil. Rio de Janeiro, 2011,150p**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

JANGAM, S. V.; MUJUMDAR, A. S. Basic concepts and Definitions. *In*: Jangam, Law e Mujumdar(Ed.). **Drying of food vegetables and fruit**. Singapore: TPR Group. 2010. v. 1, p. 3-26. Disponível em:<<http://serve.me.nus.edu.sg/>>. Acesso em: 17 de jul. de 2013.

JAYA, S., DAS, H. (2004).Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vaccum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 24 de Dez. de 2014.

JESUS, C. J.; SIDONIO, L.; MORAES, V. E. M. **Fruticultura: convergências e divergências**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 32, p. 371-396 2010. Disponível em:<<http://www.bndes.gov.br/>>. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

FRANCISCO, W. E. F. Carboidratos: Estrutura, Propriedades e Funções. **Rev. Química Nova na Escola**, v. 29, n. 1, p. 8-13. 2008. Disponível em:< <http://qnesc.sbq.org.br/online/> >. Acesso em: 12 de Nov. de 2014.

LABUZA, B. R.; ALTUNAKAR, B. P Water Activity Prediction and Moisture Sorption Isotherms. *In*: Barbosa-Cánovas *et al* (Ed.). **Water activity in foods: Fundamentals and Applications**. Chicago: IFT Press. 2007. p. 109-154. Disponível em:<<http://www.bookos.org/>>. Acesso em: 20 de ago. De 2013.

LANCHA, J. P.; GERMER, S. P. M.; DALLA DEA, R. C.; FERRARI, C. C.; ALVIM, I. D. Desidratação de polpa de pitanga e jabuticaba em spray dryer: Condições de processo e propriedades físico-químicas do pó. *In*: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Jaguariúna. **Anais...Jaguariúna**: CIIC, 2014. Disponível:< <http://www.cnpma.embrapa.br/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2014.

LAVINAS, F. C. **Efeito da pressão hidrostática e de diferentes condições de estocagem sobre a estabilidade microbiológica e química do suco de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. 2006. 162 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:<<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **J. Agric. FoodChem.** v.45, p.1390-1393. 1997.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, n. 22, p. 346-382, 1987.

LIMA, A. C. S.; BRITO, S. A.; LINO BARBOSA, K.; SABINO, L. S.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; CAVALCANTE, C. L. S.; OLIVEIRA, L. M.L.; SANTOS, S. E. B. Comparação do teor de total de compostos fenólicos totais em suco integral de caju com o seu percentual bioacessível após digestão gastrointestinal simulada. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 54., 2014, Natal. **Anais...Natal**: CBQ, 2014. Disponível:<<http://www.abq.org.br/>>. Acesso em: 07 de Jan. de 2015.

LIMA, D. C. N. **Suco de banana em pó probiótico**. 2013. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em:<www.volans.fea.unicamp.br/alimentarium>. Acesso em: 02 de dez. de 2014.

LIMA, S. A.; ROSSIGNOLO, J. A. Análise da pozolanicidade da cinza da casca da castanha do caju pelo método de difratometria de raios X. **Revista Matéria**, v. 14, n. 1, pp. 680 – 688, 2009. Disponível em:< <http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 07 de jan. de 2015.

LIMA, V. P. M. S. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1988. 458p.

MARC, A.; ACHILLE, T. F.; MORY, G.; KOFFI, P. V.; GEORGES, A. N. Minerals Composition of the Cashew Apple Juice (*Anacardium occidentale* L.) of Yamoussoukro, Cote D'ivoire. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 12, p. 1109-1114, 2011. Disponível em:< <http://www.pjbs.org/>>. Acesso em: 03 de Jan. 2015.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Quim. Nova**, Vol. 36, No. 8, 1248-1255, 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 29 de Dez. de 2014.

MATHLOUTHI, M.; ROGÉ, B. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 61-71, 2003. Disponível:<www.sciencedirect.com>. Acesso em 20 de nov. de 2014.

MATHUR, K. B.; GISHLER, P. B. A technique for contacting gases with coarse solid particles. **A.1.Ch.E. Journal**, v. 1, n. 2, p. 157-164, 1955. Disponível em:<www.bookosc.org>. Acesso em: 10 de set. de 2013.

MEDEIROS, M. F. D. **Influência da composição química dos materiais no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas em leito de jorro**. 2001. 274f. Tese (Doutorado em Engenharia química, Universidade Estadual, Campinas, 2001. Disponível em:< <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/>>. Acesso em: 20 de set. de 2014.

MEDEIROS, M. F. D.; ROCHA, S. C. S.; ALSINA, O. L. S. JERÔNIMO, C. E. M.; MEDEIROS, U. K. L.; MATA, L. M. L. Drying of pulps of tropical fruits in spouted bed: effect of composition on dryer performance. **Drying technology**, v. 20, n. 4 & 5, p. 855–881. 2002. Disponível em:<<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em:< 4 de out. de 2013.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995, 20p. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/>>. Acesso em: 07 de jun. de 2013.

MDIC/SECEX - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretária de Comércio Exterior. **Exportação Brasileira: principais produtos por fator agregado acumulado**: Janeiro - Novembro. Brasília, 2014, 2p. Disponível em:< <http://www.mdic.gov.br/> >. Acesso em: 10 de jan. de 2015.

MONTEIRO, S. Fruta para beber. **Rev.Frutas e derivados**, Campinas, Ed. 01, p. 28- 35, Abr. 2006. Disponível em:<<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em: 07 de Ago. de 2013.

MORAES, F. P. **Polpa desidratada de caju amarelo (*anacardium occidentale* L.) por atomização em spray drier: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto.** 2014. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MOREIRA, J. S. A.; SOUZA, M. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. F. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 26-32, 2011. Disponível em:<<http://periodicos.ufersa.edu.br/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2014.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J; M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Agriambi**, v.17, n.10, p.1093–1098, 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2014.

NASSAR, A. M.; MARINO, M. K.; HERRMANN, I. Desafios para a Coordenação do SAG do caju no Maranhão. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DA NOVA ECONOMIA INSTITUCIONAL, 2., 2001, Campinas. **Anais...**Campinas: SBNEI, 2004. Disponível em:<<http://pensa.org.br/>>. Acesso em: 07 de Ago. de 2013.

NOELTING, G.; BERNFELD, P. Sur les enzymes amylolytiques. 111. La α -amilase: dosage d'activité et controle de l'absence d' β -amilase. **Helvetica Chemica Acta**, Basel, v. 31, p.286-290, 1984.

O'HAGAN, P.; HASAPIDIS, K.; CODER, A.; HELSING, H.; POKRAJAC, G. Particle Size Analysis of Food Powders. In: ONWULATA (Ed.). **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton. CRC Press. 2005. p. 215-246.

OKOS *et al.* Food Dehydration. In: Heldman e Lund (Ed.). **Handbook of food engineering**. Boca Raton: CRC Press. 2007. 2ed. p. 601-744.

OLIVEIRA, G. S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó; avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas.** 2013. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em:<<http://www.ppgcta.ufc.br/>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

OLIVEIRA, M. A. **Avaliação da influência de adjuvantes de secagem sobre as propriedades de suco de caju atomizado.** 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em:<<http://www.ppgcta.ufc.br/>>. Acesso em: 08 de Ago. de 2013.

ORDÓÑEZ *et al* **Tecnologia de Alimentos** - componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Armed, 2005. p. 1, 602p.

PALLAI, E.; SZENTMARJAY, T.; MUJUMDAR, A. S. Spouted Bed Drying. In: Mujumdar (Ed.). **Handbook of industrial Drying**. (3th ed.) London: CRC Press/Taylor & Francis Group. 2006. p. 385-406. Disponível em:<www.bookos.org>. Acesso em: 09 de set. de 2013.

PALLAI-VARSÁNYI, E.; TÓTH, J.; GYENIS, J. Drying of suspensions and solutions on inert particle surface in mechanically spouted bed dryer. **China Particuology**, v. 5, n. 5, p. 337-344, 2007. Disponível em:<www.sciencedirect.com>. Acesso em: 09 de set. de 2013.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Seleção de processos e equipamentos de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, Campinas. **Palestra...**Campinas: Congea, 2006. Disponível em:<<http://www.feagri.unicamp.br/>>. Acesso em: 23 de ago. de 2013.

PASSOS, M. L.; MUJUMDAR, A. S. Effect of cohesive forces on fluidized and spouted beds of wet particles. **Powder Technology**, v. 110, n. 3, p. 222-238, 2000. Disponível em:<www.elsevier.com/locate/powtec>. Acesso em: 10 de set. de 2013.

PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; PRADO, G. M. SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.26, n.1, 2006. Disponível em:<<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 10 de set. de 2013.

PHISUT, H. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 4, p. 1297-1306, 2012. Disponível em:<<http://www.ifrj.upm.edu.my/>>. Acesso em 23 de set. de 2013.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physic chemical properties of spray-dried water melons powders. **Chemical Engineering and processing**, v. 46, p. 386-392, 2007. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em; 18 de mai. De 2014.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M; Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Rev. Alim. Nutr.** v.19, n.3, p. 259-269, 2008. Disponível em:<<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/>>. Acesso em: 07 de Dez. de 2014.

REID, D. S. Water Activity: Fundamentals and Relationships. In: Barbosa-Cánovas *et al* (Ed.). **Water activity in foods: Fundamentals and Applications**. Chicago: IFT Press. 2007. p. 109-154. Disponível em:<<http://www.bookos.org>>. Acesso em: 20 de ago. De 2013.

ROCHA, E. M. F. F. **Desidratação de polpa de manga e suco de caju integral por atomização e caracterização dos produtos obtidos**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROCHA, E. M. F. F.; SOUSA, S. L.; COSTA, J. P.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R.A.; COSTA, J. M. C. C. Obtenção do suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 6, p. 646-651, 2014. Disponível em:<<http://www.agriambi.com.br/revista/>>. Acesso em: 15 de mai. De 2014.

ROCHA, S. C. S.; SOUZA, J. S.; ALSINA, O. L. S.; MEDEIROS, M. F. D. Drying of Tropical Fruit Pulps: Spouted Bed Process Optimization as a Function of Pulp Composition. **Drying Technology**. v.29, n. 13, p.1587–1599, 2011. Disponível em:<<http://www.tandfonline.com/>>. Acesso em: 24 de ago. de 2013.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides**: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. MMA/SBF, Brasília, p. 41-44, 2008. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 11 de mar. De 2015.

ROSA, S. E. S.; COSENZA, J. P.; LEÃO, L. T. S. **Panorama do setor de bebidas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 101-150, mar. 2006. Disponível em:< <http://www.redmercosur.org/>>. Acesso em: 10 de jan. de 2015.

SÁ, F. T.; PAIVA, F. F. A; MARINHO, F. A. **Plantando caju**, Fortaleza: EMBRAPA, 2000, 33 P. Disponível em:< <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em 26 de jul. 2013.

SANCHO, S. O. **Efeito do processamento sobre as características de qualidade do suco de caju (*Anacardium occidentale L.*)**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P. H. M. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale L.*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 4, p. 878-882, 2007. Disponível em:< <http://www.scielo.br/> >. Acesso em: 17 de Nov. de 2014.

SANGUANSRI, L.; AUGUSTIN, M. A. Microencapsulation in functional food product development. In: Smith e Charter (Ed.). **Functional Food Product Development**. Iowo: Blackwell Publishing. 2010. p. 3-19. Disponível em:<[www. books.google.com.b](http://www.books.google.com.br)>. Acesso em 24 de set. de 2013.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; ROCHA, A. N. T.; ARAÚJO, G. T. Características físico-químicas da polpa de caju em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. *In*: CONGRESO IBÉRICO DE AGROENGENIERE Y CIENCIAS HORTÍCOLAS, 7., 2013,

Madrid. **Anais...**Madrid: SEAgIng/SECR, 2013. Disponível em:<<http://sechaging-madrid2013.org/>>. Acesso em: 03 de out. de 2013.

SCHUCK, P.; DOLIVET, A.; JEANTET, R. Sorption, Water Activity and Hygroscopicity. *In:_____*(Ed.) **Analytical Methods for Food and Dairy Powders**. Rennes: John Wiley & Sons. 2012. p. 167-189.

SCHULZE, D. Measuring techniques and equipment (overview). *In:_____*(Ed.) **Powders and bulk solids: behavior, characterization, storage and flow**. New York:Springer Berlin Heidelberg. 2007. p. 163-198.

SEID,R. M.; HENSEL,O. Experimental evaluation of sorption isotherms of chili pepper: an Ethiopian variety, Mareko Fana (*Capsicum annum* L.). **Agric Eng Int: CIGR Journal**, v. 14, n. 4, p. 163-172, 2012. Disponível em:< <http://www.cigrjournal.org>>. Acesso em: 31 de ago. de 2013.

SILVA, F.; PARK, K. J.; MAGALHÃES, P. M. Isotermas de dessorção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.9, n.1, p.21-28, 2007. Disponível em:<<http://www.sbpmed.org.br/>>. Acesso em: 15 de jul. de 2013.

SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; FIGUEIREDO, E. A. T. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 237-248, 2012. Disponível em:<<http://www.uel.br/revistas/uel/>>. Acesso em: 17 de nov. de 2014.

SOARES, L. M. V.; SHISHIDO, K.; MORAES, A. M. M. **Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24(2): 202-206, abr.-jun. 2004. Disponível em:< <http://www.scielo.br/>>. Acesso em 02 de Jan. de 2015.

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas de polpas de frutas tropicais em leite de jorro**. 2009. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em:< <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/>> Acesso em: 4 de out. de 2013.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*)**. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Programa de Pós graduação em Engenharia de alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011. Disponível em:<<http://www.uesb.br/>>. Acesso em: 02 de Jan. de 2015.

STATSOFT. **STATISTICA for Window - Computer programa manual**. Versão 7.0 Tulsa: Statsoft Inc. 2007.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SZENTMARJAY, T.; PALLAI, E.; TÓTH, J. Mechanical spouting. In: Epstein e Grace(Ed.). **Spouted and spout-fluid beds: Fundamentals and applications**. New York: Cambridge University Press. 2011. p. 297-304.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011. Disponível em:< <http://www.unicamp.br/nepa/taco/> >. Acesso em 17 de nov. de 2014.

TAXI, D. C. M.; MENEZES, H. C.; SANTOS, A. B.; GROSSO, C. R. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciariadubia*) juice. **Journal of microencapsulation**, v. 20, n. 4, p. 443–448, 2003. Disponível em:<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 20 de mai. de 2014.

TODISCO, K. M.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S.; CLEMENTE, E. Microencapsulation of Red Mombi (*Spondias purpúrea* L.) pulp using Spray-Drying. **International Journal of Sciences**. V. 2, p. 1-11, 2013. Disponível em:< <http://www.ijsciences.com>>. Acesso em: 07 de Dez. de 2014.

TOLOBA, M. P.; PELTZER, M.; ENRIQUEZ, N.; POLLIO, M. L. Grain sorption equilibria of quinoa grains. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 365-371, 2004.

TONON, R. V.; BRABET, C; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí empó. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 29, n. 2, p. 444-450. 2009. Disponível em:<<http://www.scielo.br/>>. Acesso em; 21 de mai. de 2014.

TIMMERMANN, E. O.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters?. **Journal of Food Engineering**, v 48, p. 19-31, 2001. Disponível em:<<http://materias.fi.uba.ar/f/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

USP 30 NF 25. **United States Pharmacopoeia & National Formulary**. Rockville: United States Pharmacopoeial Convention; 2007.

VIOLLAZ, P. E.; ALZAMORA, S. M. Food dehydration. In: BARBOSA-CAÑOVAS (Ed.). **Food engineering: encyclopedia of life support systems**. Unesco publicações, 2005, v. 3, p. 461- 467. Disponível em:<<http://www.eolss.net/>>. Acesso em: 18 de jul. de 2013.

WANDREY, C.; BARTKOWIAK, A.; HARDING, S. E. Materials for Encapsulation. In: Zuidam e Nedovic (Ed.). **Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing**. New York: Springer. 2010. p. 30-100. Disponível em:<www.bookos.or>. Acesso em 21 de set. de 2013.

WELTI-CHANES, J.; PÉREZ, E.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; ALZAMORA, S. M.; VERGARA-BALDERAS, F. Applications of Water Activity Management in the Food Industry. *In*: BARBOSA-CÁNOVAS *et al* (Ed.) **Water activity in food: Fundamentals and Applications**. Iowa: Blackwell Publishing. 2007, p. 341 – 358.

YANNIOTIS, S.; BLAHOVEC, J. Model analysis of sorption isotherms. **Food Science and Technology**, v. 42, p.1688–1695, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 19 de jul. de 2013.