



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

DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO E
PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DA POLPA DE PITANGA

FRANCISCA MARTA NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Campina Grande – Paraíba

ABRIL, 2006

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DA POLPA DE PITANGA

FRANCISCA MARTA NASCIMENTO DE OLIVEIRA

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

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

Campina Grande – Paraíba

ABRIL, 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O49s Oliveira, Francisca Marta Nascimento de
2006 Secagem e armazenamento da polpa de pitanga/ Francisca Marta Nascimento de Oliveira. — Campina Grande, 2006.
197f.;il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Recursos Naturais.
Orientadora: Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo.

1— Eugênia 2— Armazenamento 3— Secagem I— Título

CDU 634.42:631.563.2



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

FRANCISCA MARTA NASCIMENTO DE OLIVEIRA

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DA POLPA DE PITANGA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana Maria F. de Figueiredo
Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

Aprovado com distinção

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

APROVADA COM DISTINÇÃO

Vimário Simões Silva
Dr. Vimário Simões Silva-Examinador

"Aprovado com distinção"

Josivanda P. Gomes de Gouveia
Dra. Josivanda Palmeira G. de Gouveia-Examinadora

"Aprovado com Distinção"

ABRIL - 2006

Dedicatória

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida:

A meus Pais, José Nicácio de Oliveira e Francisca Rosa do Nascimento, por seu amor incondicional.

A meus irmãos, Carlos Kleber, Francisco José, Jucelândia, Fábria Lêda, Patrícia e Jâmerson, pelo amor e amizade.

Ao amor da minha vida, Francelino (vida), apesar de distante, sempre presente em todos os momentos me dando amor, carinho, atenção, incentivo e coragem.

De tudo ficaram três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando

A certeza de que é preciso continuar

E a certeza de que podemos ser interrompidos

Antes de terminar

Fazer da interrupção um caminho novo, fazer

Da queda um passo de dança,

Do medo uma escola,

Do sonho uma ponte,

Da procura um encontro,

E assim terá valido apenas existir!

(Fernando Pessoa)

Agradecimentos

A Deus, por me ter concedido forças, paciência e coragem nos momentos mais difíceis durante a conclusão dessa etapa e por todas as graças recebidas em toda a minha existência.

A minha família e a meu noivo, por todo apoio, carinho, paciência que me dedicaram durante a minha vida pessoal e profissional.

A meus tios, José Pedro e Nicinha (In memoriam) por me haverem acolhido como filha, possibilitando os meus estudos. A tia Dozinha por seus cuidados. A Dona Luizinha por sua preciosa amizade e por estar sempre pronta a ajudar.

Aos fiéis amigos: Cira, minha prima Danusa, Nonato e Adriana.

Aos meus orientadores, Rossana e Alexandre por toda a ajuda e orientação na realização deste trabalho; em especial à professora Rossana pelo incentivo desde o tempo de graduação e por me ter motivado ao início da minha vida científica.

Aos Professores doutores da banca examinadora, Vimário Simões Silva e Josivanda Palmeira Gomes, pela contribuição no melhoramento deste trabalho.

Aos amigos, pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho: Edimir, Sckaymenn, Cleandro, Ezenildo, Adriano e Gean Carlos.

Aos amigos adquiridos durante o mestrado: Luciana, Taciana, Ticiania, Robson, Daniely, Ivonete, Jedma, Karla, Luizinho, Rildo, Níedja, Gerlane, Manuela e Alex.

Aos funcionários do laboratório: Toinho, Flávio, Renato, Jaziel e, em especial, a Luciene, pela sua valiosa ajuda.

Às secretárias de Engenharia Agrícola: Aldaniza, Rivanilda e Aparecida.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Capes pelo apoio financeiro para a minha total dedicação.

A Felinto: pela doação das embalagens laminadas.

À Corn Products Brasil, pela doação da Maltodextrina.

Aos responsáveis pelo laboratório de irrigação: por terem permitido a utilização de alguns dos seus equipamentos e materiais.

A todos que contribuíram direto e indiretamente, na realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

“Confia teus caminhos a Deus e Ele tudo fará por ti”

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivo geral	3
1.1.1 – Objetivos específicos	3
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Pitanga	4
2.2 – Características químicas, físico-químicas, físicas e microbiológicas	6
2.2.1 – Umidade e sólidos totais	6
2.2.2 – Potencial hidrogeniônico (pH)	7
2.2.3 – Acidez total titulável	7
2.2.4 – Ácido ascórbico	8
2.2.5 – Cinzas	9
2.2.6 – Açúcares	9
2.2.7 – Proteínas	10
2.2.8 – Extrato alcoólico	11
2.2.9 – Densidade	11
2.2.10 – Microbiologia	12
2.2.11 – Cor	13
2.3 – Reologia	14
2.3.1 – Comportamento reológico	15
2.3.1.1 – Fluidos Newtonianos	15
2.3.1.2 – Fluidos Não-Newtonianos	16
2.3.1.2.1 – Fluidos independentes do tempo	17
2.3.1.2.2 – Fluidos dependentes do tempo	18
2.3.1.2.3 – Visco-elásticos	19
2.3.2 – Modelos reológicos	19
2.4 – Secagem por aspersão	23
2.4.1 – Microencapsulação	25
2.4.1.1 – Maltodextrina	27

2.5 – Atividade de água	28
2.5.1 – Isotermas de adsorção	30
2.5.2 – Modelos matemáticos	31
2.5.2.1 – GAB (Guggenheim-Anderson-de Bôer)	31
2.5.2.2 – Peleg	32
2.5.2.3 – Halsey modificado	32
2.5.2.4 – Smith	33
2.5.2.5 – Day & Nelson	33
2.5.2.6 – Sigma-Copace	34
3 – MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 – Matéria-prima	35
3.2 – Processamento	35
3.3 – Análises físico-químicas e física	36
3.3.1 – Umidade e sólidos totais	37
3.3.2 – pH	37
3.3.3 – Sólidos solúveis totais (°Brix)	37
3.3.4 – Acidez total titulável	37
3.3.5 – Cinzas	37
3.3.6 – Ácido ascórbico	37
3.3.7 – Açúcares redutores	38
3.3.8 – Proteínas	38
3.3.9 – Extrato alcoólico	38
3.3.10 – Cor	38
3.4 – Comportamento reológico	38
3.4.1 – Modelos matemáticos	39
3.5 – Secagem	41
3.6 – Densidade e tempo de escoamento da pitanga em pó	42
3.6.1 – Densidade	42
3.6.2 – Tempo de escoamento	42
3.7 – Isotermas de adsorção	43
3.7.1 – Modelos matemáticos	44
3.8 – Armazenamento	45
3.9 – Análise microbiológica	46

3.10 – Análise estatística	46
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 – Caracterização físico-química da polpa de pitanga integral e formulada	47
4.2 – Comportamento reológico das polpas de pitanga integral e formulada	50
4.3 – Caracterização da pitanga em pó	62
4.4 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó	65
4.5 – Armazenamento da pitanga em pó	85
4.5.1 – Umidade	85
4.5.2 – Acidez total titulável	90
4.5.3 – Ácido ascórbico	94
4.5.4 – Proteínas	98
4.5.5 – Extrato alcoólico	100
4.5.6 – Microbiologia	102
5 – CONCLUSÕES	105
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
APÊNDICE A	131
APÊNDICE B	136
APÊNDICE C	157
APÊNDICE D	160
APÊNDICE E	185
APÊNDICE F	191

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição química de 100g de frutos de pitanga	5
Tabela 3.1 - Atividade de água das soluções saturadas de sais	43
Tabela 3.2 - Modelos matemáticos ajustados as isotermas de adsorção de umidade das amostras da pitanga em pó	44
Tabela 4.1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da polpa de pitanga integral e formulada (15% de maltodextrina + 30% de água destilada)	47
Tabela 4.2 – Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais da tensão de cisalhamento, em função da taxa de deformação da polpa de pitanga integral	52
Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais da tensão de cisalhamento, em função da taxa de deformação da polpa de pitanga formulada	54
Tabela 4.4 – Caracterização física da pitanga em pó do Tipo A e B	63
Tabela 4.5 – Caracterização físico-química da pitanga em pó do Tipo A e B	65
Tabela 4.6 - Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) nas diferentes atividades de água (a_w) da polpa de pitanga em pó do Tipo A e B	66
Tabela 4.7 – Parâmetros dos modelos ajustados as isotermas de adsorção da pitanga em pó do Tipo A	70
Tabela 4.8 – Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção da polpa de pitanga em pó (Tipo B) para os modelos empregados	73
Tabela 4.9 – Valores médios da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	87
Tabela 4.10 – Valores médios da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	88
Tabela 4.11 - Equações de regressão propostas para o cálculo da umidade da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento	90
Tabela 4.12 - Valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	91
Tabela 4.13 – Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	92

Tabela 4.14 - Equações de regressão propostas para o cálculo da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento	94
Tabela 4.15 – Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	95
Tabela 4.16 – Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	96
Tabela 4.17 - Equações de regressão propostas para o cálculo do ácido ascórbico da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento	98
Tabela 4.18 – Valores médios das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	99
Tabela 4.19 – Valores médios das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	100
Tabela 4.20 – Valores médios do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	101
Tabela 4.21 – Valores médios do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem	102
Tabela 4.22 – Análise microbiológica da pitanga em pó do Tipo A	103
Tabela 4.23 – Análise microbiológica da pitanga em pó do Tipo B	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i> L.)	5
Figura 2.2 – Curvas de escoamento para fluidos independentes do tempo	18
Figura 2.3 – Curvas de escoamento para fluidos dependentes do tempo	19
Figura 3.1 - Fluxograma do processamento realizado com a polpa de pitanga	36
Figura 3.2 - Reômetro Haake modelo RS600	39
Figura 3.3 - Secador por aspersão (spray dryer)	42
Figura 3.4 - Embalagens de polietileno (a e b) e laminada (c)	45
Figura 4.1 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele	55
Figura 4.2 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, com ajuste pelo modelo Herschel-Bulkley ...	56
Figura 4.3 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, ajustadas pelo modelo de Mizrahi-Berk	56
Figura 4.4 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, ajustadas com o modelo de Casson	57
Figura 4.5 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Ostwald-De-Waele	58
Figura 4.6 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley	58
Figura 4.7 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk ..	59
Figura 4.8 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Casson	60
Figura 4.9 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral e formulada ajustadas pelo modelo de Herschel-Bulkley	61
Figura 4.10 - Curvas da viscosidade aparente em função da temperatura para as polpas de pitanga integral e formulada avaliadas pelo modelo de linear ..	62

Figura 4.11 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de GAB	75
Figura 4.12 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Peleg	76
Figura 4.13 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Halsey modificado	77
Figura 4.14 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com pelo modelo de Smith	78
Figura 4.15 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Day & Nelson	79
Figura 4.16 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Sigma-Copace	80
Figura 4.17 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó Tipo B, com ajuste pelo modelo de GAB	81
Figura 4.18 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Peleg	81
Figura 4.19 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Halsey modificado	83
Figura 4.20 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Smith	83
Figura 4.21 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Day & Nelson	84
Figura 4.22 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó Tipo B, com ajuste pelo modelo de Sigma-Copace	85



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

Dissertação de Mestrado: **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**

Autora: **Francisca Marta Nascimento de Oliveira**

Orientadores: **Prof^ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Alexandre José de Melo Queiroz

RESUMO

Realizou-se a desidratação de polpa de pitanga em secador por aspersão e se armazenou o pó resultante, durante 120 dias. As polpas utilizadas na desidratação foram produzidas a partir do despulpamento de pitangas, elaborando-se amostras de polpa integral e amostras de polpa formulada (polpa de pitanga adicionada de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada). Essas amostras foram submetidas a análises físico-químicas quanto ao teor de sólidos totais, umidade, sólidos solúveis totais (°Brix), pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores, proteínas, extrato alcoólico e análises de cor, determinando-se a luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$). Também se avaliou o comportamento reológico das polpas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50°C e se ajustaram os dados experimentais pelos modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley, Casson e Mizrahi-Berk. Na secagem, realizada a partir da polpa formulada, dois tipos de amostra foram coletados, segundo o acessório do secador de onde foram recolhidos: Tipo A (câmara de secagem); e Tipo B (ciclone). Nas amostras em pó foram determinados densidade, tempo de escoamento, umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, proteínas, extrato alcoólico e isoterma de adsorção de umidade. As isotermas foram determinadas pelo método gravimétrico estático nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, ajustando-se os dados experimentais pelos modelos de GAB, Peleg, Halsey modificado, Smith, Day & Nelson e Sigma-Copace. As polpas em pó foram acondicionadas em embalagens de polietileno e laminada, sendo assim armazenadas em temperatura ambiente monitorando-se, a cada 20 dias, o teor de umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, proteínas, extrato alcoólico e, no início e ao final do armazenamento, a avaliação microbiológica. A polpa integral apresentou maiores valores de umidade, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores, proteínas, extrato alcoólico, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, em relação à polpa formulada. A polpa formulada, por sua vez, apresentou maiores valores de sólidos totais e sólidos solúveis totais. As amostras em pó (Tipo A e B) apresentaram diferentes tempos de escoamento, densidade, umidade, açúcares redutores e extrato alcoólico, sem demonstrar diferença estatística quanto ao teor de ácido ascórbico, acidez e proteínas. As polpas integral e formulada apresentaram comportamento não-newtoniano e pseudoplástico, com os modelos de Herschel-Bulkley e de Mizrahi-Berk apresentando os melhores ajustes. Para os pós do Tipo A e B, o modelo de Peleg foi o que se ajustou melhor às isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas avaliadas. Durante o armazenamento se constatou que nos dois tipos de amostras (A e B) em pó acondicionadas nas duas embalagens (polietileno e laminada) houve ganho de umidade e redução de acidez, do extrato alcoólico e do ácido ascórbico; apenas na amostra do Tipo A, acondicionada em embalagem laminada, o teor de proteínas se manteve inalterado, verificando-se decréscimos nos demais casos. A avaliação microbiológica revelou que as amostras se encontravam em níveis aceitáveis para consumo.

Palavras-chave: *Eugenia uniflora* L., armazenamento, secagem



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

M. Sc. Thesis: **Drying and storage of red brazilian cherry pulp**

Author: **Francisca Marta Nascimento de Oliveira**

Supervisors: **Prof^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

The dehydration of Surinam cherry pulp (*Eugenia uniflora* L.) was done in spray dryer and the resulting powder was stored for 120 days. The pulps used in the dehydration were produced through the removal of the pulp from Surinam cherries. Samples of integral and formulated pulps (Surinam cherry pulp + 15% maltodextrin + 30% distilled water) were elaborated. These samples were submitted to physiochemical analyses to determine the content of total solids, moisture, total soluble solids (°Brix), pH, titratable total acidity, ascorbic acid, ashes, reducer sugar, proteins, alcoholic extract and color analyses, the brightness (L *), redness (+a *) and yellowness (+b *). The rheological behavior of the pulps was also evaluated at the temperatures of 10, 20, 30, 40 and 50°C. The rheograms were fitted with Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley, Casson and Mizrahi-Berk models. In the drying, accomplished from the formulated pulp, two sample types were collected, according to the accessory of the dryer from where they were collected: Type A (drying chamber); and Type B (cyclone). At the powdered samples, the density, time of drainage, moisture, ascorbic acid, titratable acidity, reducer sugar, proteins, alcoholic extract and moisture adsorption isotherms were determined. The isotherms were determined through the static gravimetric method at the temperatures of 10, 20, 30 and 40°C. They were fitted to the experimental data through GAB, Peleg, Halsey modified, Smith, Day & Nelson and Sigma-Copace's models. The powdered pulps were put in polyethylene and laminated packings, stored in room temperature. The moisture content, ascorbic acid, titratable acidity, proteins, alcoholic extract and, in the beginning and at the end of the storage, the evaluation microbiological were evaluated every 20 days. The integral pulp presented larger moisture, pH, titratable total acidity, ascorbic acid, ashes, reducer sugar, proteins, alcoholic extract, brightness, redness and yellowness values compared to the formulated pulp. The formulated pulp presented larger values of total solids and soluble solids. The powdered samples (Types A and B) presented different times of drainage, density, moisture, reducer sugar and alcoholic extract, without demonstrating statistical difference for the ascorbic acid content, acidity and proteins. The integral and formulated pulps presented no-Newtonian and pseudoplastic behavior, with Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk's models presenting the best adjustments. Peleg's model presented the best adjustment to the moisture adsorption isotherms at the evaluated temperatures to the powders types A and B. It was verified, during the storage, that it had gain of moisture and reduction of acidity, of the alcoholic extract and of the ascorbic acid in the two types of powdered samples (Type A and B) conditioned in the two packings (polyethylene and laminated). Just in the Type A sample, put in laminated packing, the proteins content stayed unaffected. There were verified decreases in the other cases. The microbiological evaluation revealed that the samples were in acceptable levels for consumption.

Key words: *Eugenia uniflora* L., storage, drying

1 - INTRODUÇÃO

A fruticultura moderna deve ser capaz de gerar produtos de qualidade e saudáveis, em conformidade com os requisitos da sustentabilidade ambiental, da segurança alimentar e da viabilidade econômica, mediante a utilização de tecnologias não-agressivas ao meio ambiente e à saúde humana, sendo uma atividade de suma importância para o Brasil, desempenhando ao mesmo tempo papel econômico, social e alimentar (NASCIMENTO, 2003).

A fruticultura brasileira tem uma área plantada de 2,2 milhões de hectares, representando 0,26% da área total do País; além disso e de acordo com informações do Ministério da Agricultura, a produção da fruticultura brasileira foi, até 2002, de 43 milhões de toneladas anuais, situando-se ainda como terceiro maior produtor de frutas frescas do mundo, enquanto a China é o maior produtor e a Índia ocupa o segundo lugar como maior produtor de frutas, com 55,6 e 48,1 milhões de toneladas, respectivamente (NASCIMENTO, 2003). Com base nesta atividade tem-se, além do consumo de frutas, um parque industrial de vinhos, doces, massas, pectinas, refrescos, aguardentes, vinagres etc., que dão idéia da dimensão do potencial econômico e social da fruticultura em nosso país (SIMÃO, 1998).

A flora brasileira é dotada de uma enorme diversidade de frutas que, pouco a pouco, vem sendo explorada economicamente. A maior parte dessas frutas apresenta qualidade sensorial excepcional despertando o interesse do mercado pelo apelo exótico e nutricional. Conhecer a composição dessas frutas tem sido alvo de pesquisas ao longo dos anos e é ponto fundamental para que o aproveitamento tecnológico das mesmas seja realizado de maneira otimizada (MATTIETTO et al., 2003).

As frutas são organismos vivos que, na sua maioria, continuam o processo de amadurecimento após a colheita, reduzindo seu tempo de vida. No Nordeste, no período de safra as perdas são enormes, segundo FIOREZE (2004) visto que em algumas regiões essas perdas podem chegar a 60%; contudo, poderiam ser minimizadas se estes materiais fossem utilizados como matéria-prima para a indústria, transformando-os em outros produtos, tais como: frutas em passa ou cristalizadas, geléia, doces, produtos em pó e outros.

A pitanga (*Eugenia uniflora* L.) pertence à família das Mirtáceas; trata-se de um fruto tropical nativo das regiões Sul e Sudeste do Brasil e que se tem adaptado favoravelmente às condições climáticas e edáficas da Região Nordeste (GOMES, 1975). As pitangas, quando maduras, são vulneráveis à depreciação, representando grande

problema na conservação e armazenamento *in natura* dificultando, assim, o seu transporte e comercialização a grandes distâncias (LEDERMAN et al., 1992). A polpa é vermelha, suculenta, macia, doce ou agridoce; os frutos da pitangueira são consumidos *in natura* ou processados; a polpa processada entra na composição de sucos, sorvetes, doces, licores, vinhos e geléias (FURTADO et al., 2003).

A pitanga é um fruto extremamente perecível; a delicadeza de sua forma, estrutura e pele muito frágil, tornam o fruto suscetível a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manuseio, representando um sério obstáculo para sua comercialização (EPSTEIN, 1998); sendo assim, presta-se especialmente para a produção industrial de polpas e sucos, cujo conhecimento das propriedades reológicas é de grande importância no desenvolvimento de projetos de engenharia de processos e equipamentos (SATO & CUNHA, 2004), considerando-se que essas propriedades descrevem o comportamento mecânico dos materiais quando em processo de deformação, devido a um campo de tensões. De acordo com QUEIROZ et al. (2004) esta caracterização é fundamental, visto que inúmeros fatores dependem e influenciam as propriedades de escoamento, tais como qualidade sensorial do produto, adaptação de processos e equipamentos, das quais são dependentes, da variedade, grau de maturação, concentração e temperatura. No estudo reológico se tem como um dos objetivos, a avaliação de modelos adequados à descrição do escoamento, necessária ao projeto de tubulações e de bombas e aos sistemas de agitação e de misturas (SILVA et al., 2005).

O tratamento de polpas de frutas com o fim de prolongar sua vida útil pode ser feito mediante sua desidratação ou secagem, visando minimizar reações deteriorativas. A secagem é um processo combinado de transferência de calor e massa, no qual se reduz a disponibilidade de água do alimento, dificultando o crescimento microbiano e reações químicas e bioquímicas (MELO, 1994). De acordo com COSTA et al. (2003) durante a desidratação a disponibilidade de água no alimento é reduzida, dificultando a atividade enzimática, deteriorações de origem físico-químicas e crescimento microbiano.

Existem diversos métodos de secagem, dentre eles a secagem por aspersão que é, por definição, a transformação do material líquido, que pode estar na forma de solução, suspensão ou pasta, para o estado sólido na forma de pó, o qual é modificado por meio da dispersão de gotículas do material em contato com ar aquecido dentro da câmara de secagem, resultando em partículas isoladas, grânulos ou aglomerados; essas formas dependem das propriedades físicas e químicas do material, do projeto e operação do secador (MASTERS, 1972). A secagem por aspersão de sucos é caracterizada pelo curto

tempo de residência da matéria-prima na câmara de secagem, minimizando os danos causados pelo aquecimento do produto.

Pós obtidos de sucos de frutas concentrados, com ou sem polpa, representam um mercado promissor, visto que esta forma física proporciona um produto estável, natural e facilmente reconstituível, o qual pode ser usado para dar cor e sabor a produtos alimentícios ou farmacêuticos, além do seu valor nutricional (BHANDARI et al., 1993).

Atualmente, os alimentos em pó vêm aumentando seu espaço no mercado, em razão de que esses produtos reduzem os custos de certas operações, tais como: embalagem, transporte, armazenamento e conservação, além de agregar valor à matéria-prima; no entanto, é imprescindível o conhecimento do comportamento higroscópico de pós de frutas obtidos por diferentes processos de secagem e da sua estabilidade físico-química, determinando seu comportamento higroscópico e sua armazenabilidade.

Por se tratar de uma fruta perecível, pouco adequada ao armazenamento e ao transporte em condições *in natura*, este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de se estudar a secagem por aspersão da polpa de pitanga, inclusive avaliando as características reológicas da polpa destinada à secagem e a armazenabilidade do pó obtido.

1.1 – Objetivo geral

Desidratar a polpa de pitanga em secador por aspersão e armazenar o pó obtido.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa de pitanga integral e formulada com maltodextrina quanto às suas propriedades físico-químicas e físicas
- Determinar o comportamento reológico da polpa de pitanga integral e da polpa formulada (polpa integral adicionada de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada)
 - Desidratar a polpa formulada em secador por aspersão (spray dryer)
 - Determinar as isotermas de adsorção de umidade das polpas em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C
- Armazenar o produto em pó em embalagens de polietileno e laminada, durante 120 dias.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Pitanga

A pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) pertence à família Myrtaceae, composta de mais de 100 gêneros e 3.600 espécies, de arbustos e árvores verdes durante todo o ano e cujas folhas opostas, com nervuras marginais, são freqüentes nesta família (TYLER, 1999). Porém não se conhecem variedades perfeitamente definidas de pitangueiras no Brasil (LEDERMAN et al., 1992).

Várias espécies dessa família, principalmente as nativas do Brasil, têm frutos comestíveis, tais como goiaba, araçá, jabuticaba, cabeludinha, guariroba, pitanga e cambuci, entre outras (JOLY, 1993).

Segundo DONADIO (1997) o gênero *Eugenia* figura entre os mais importantes da família Myrtaceae, com espécies de valor comercial, nutritivo e potencial de aproveitamento na obtenção de fármacos.

A pitangueira é um arbusto ou arvoreta originária do Brasil; no entanto, é cultivada também na América Central, nas Antilhas, na Flórida, na Califórnia, nas ilhas Havaí, na China Meridional, no Ceilão, na Argélia, na Tunísia e até no Sul da França, apresentando boa capacidade de adaptação e de fácil cultivo sendo, no Brasil onde a planta melhor se desenvolve, podendo atingir até oito metros de altura; suas folhas são opostas, verde-escuro, brilhantes, glabras, perfumadas, ovais onduladas, com pecíolo curto e fino, enquanto as folhas novas são cor de vinho. Suas flores são brancas, suavemente perfumadas, melíferas, abundantemente providas de pólen, hermafroditas, dispostas na axila das folhas, possuem quatro pétalas e muitos estames amarelos (GOMES, 1975). A maioria das espécies de *Eugenia* nativas do Brasil produz frutos com poucas sementes, geralmente uma ou duas; cada uma delas forma, então, um pequeno hemisfério (SILVA et al., 2005). No Brasil, o estado de Pernambuco é um dos principais produtores, com uma estimativa de produção de frutos entre 1.300 e 1.500 toneladas/ano, além de notório aumento da demanda pelo fruto processado (FURTADO et al., 2003).

O fruto (Figura 2.1) é uma baga globosa, com sete a dez sulcos longitudinais de 1,5 a 5,0 cm de diâmetro, esférico e achatado nas extremidades, forma de gomo, mais ou menos saliente, coroado pelo cálice; possui aroma característico intenso e sabor doce e ácido. No processo de maturação o epicarpo passa de verde para amarelo alaranjado,

vermelho, vermelho-escuro, podendo chegar a até quase negro (BEZERRA et al., 2000; BRAGA, 1985).

De acordo com CAVALCANTE (1991) a pitanga é uma fruta bastante apreciada em decorrência do seu sabor e aroma agradáveis. No Nordeste brasileiro, sua importância econômica vem crescendo em virtude das suas excelentes propriedades sensoriais e altos teores de vitamina A e C. Dentre os frutos existentes na natureza, a pitanga figura entre os que possuem os maiores teores de carotenóides totais (225,9 µg/g).



Figura 2.1 - Pitanga (*Eugenia uniflora* L.) (Fonte: SILVA, 1996)

Apresenta-se na Tabela 2.1, os valores da composição química de pitanga segundo dois autores.

Tabela 2.1 – Composição química de 100g de frutos de pitanga

Substância	FRAIFE FILHO et al. (2006)	FRANCO (2004)
Calorias	38	46,70
Proteína (g)	0,3	1,02
Cálcio (mg)	10	9,0
Fósforo (mg)	20	11
Ferro (mg)	2,3	0,20
Vitamina A (mcg)	-	210
Vitamina B ₂ (mcg)	-	60
Vitamina C (mg)	14	14

Conforme FURTADO et al. (2003) a pitanga é vermelha, suculenta, macia, doce ou agridoce; os frutos são consumidos *in natura* ou sob a forma de refrescos e sucos; a polpa

processada entra na composição de sucos engarrafados, sorvetes, doces, licores, vinho e geléias.

De acordo com DONADIO et al. (2004) as folhas da pitangueira apresentam propriedades medicinais, tais como ação balsâmica, vermífuga e antidiarréica; é usada tanto no tratamento do reumatismo, dor de garganta e tosse, as quais estão relacionadas pelo fato da folha conter o alcalóide pitangina.

2.2 – Características químicas, físico-químicas, físicas e microbiológicas

2.2.1 – Umidade e sólidos totais

A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada à sua estabilidade, qualidade e composição e pode afetar a estocagem, embalagens e o processamento (CECCHI, 2003).

De acordo com CASTRO et al. (1998), a água contida nos alimentos é excelente meio de transmissão de calor, sendo eficiente tanto para resfriar quanto para aquecer. Existem pelo menos dois tipos de água contida nos alimentos: a água livre, fracamente ligada ao substrato e que funciona como solvente, permitindo o crescimento de microrganismos e as reações químicas; e a água combinada, fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada e não é utilizada como solvente nem para o crescimento de microrganismos nem para reações químicas.

Segundo OLIVEIRA (1997), o teor de água presente em qualquer alimento é de suma significância para a determinação de procedimentos necessários ao processamento e armazenamento; é uma das determinações mais difíceis de se executar, visto que os métodos usuais para sua quantificação envolvem a destilação da água presente no alimento e, com isto, outros compostos voláteis também são evaporados. Em função da temperatura a que é submetida a amostra para a evaporação da água presente, pode haver caramelização de compostos tipo açúcares e proteínas, além da degradação de outros componentes.

A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. Na realidade, não só a água é removida mas, também, outras substâncias se volatilizam nessas condições. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado resíduo seco; o aquecimento direto da amostra a 105 °C é o processo mais usual. Amostras de alimentos que se decompõem ou iniciam transformações

a essa temperatura, devem ser aquecidas em estufas a vácuo, onde se reduz a pressão e se mantém a temperatura de 70 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Sob temperatura adequada e dentro da atividade aquosa indicada, os microrganismos crescem mais rapidamente. A atividade de água abaixo de 0,70, impossibilita o crescimento de microrganismos, razão por que a sua diminuição é um recurso empregado na conservação de alimentos (EVANGELISTA, 1994).

2.2.2 – Potencial hidrogeniônico (pH)

Vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade; o crescimento, a sobrevivência ou a destruição dos microrganismos; escolha da embalagem que será utilizada para o alimento; escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção; escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria; escolha de aditivos e vários outros (CHAVES, 1992).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), para uma faixa de concentração de ácidos entre 2,5 e 0,5% o pH aumenta com a redução da acidez. Uma pequena variação no valor do pH é detectado nos testes sensoriais (sabor, cor, odor).

Em estudo realizado por GOUVEIA et al. (2004) foram encontrados valores de pH para a pitanga roxa e vermelha variando entre 2,4 e 2,7 e entre 2,5 e 3,0, respectivamente.

2.2.3 - Acidez total titulável

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

De acordo com BLEINROTH (1988), o teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que vai amadurecendo. Para CHITARRA (1998), as mudanças que ocorrem na concentração de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento diferem para cada tipo de fruto.

Para CARVALHO et al. (1990) os métodos que avaliam a acidez total se resumem em titular com solução padronizada de álcali a acidez do alimento, empregando-se a fenolftaleína como indicador do ponto final da titulação ou o peagômetro.

SALGADO et al. (1999) estudando polpas de frutas encontraram um teor de 1,69% de ácido cítrico para a polpa de pitanga.

2.2.4 - Ácido ascórbico

A vitamina C é encontrada em concentrações razoáveis em todas as plantas superiores. Os vegetais verdes frescos e as frutas cítricas são considerados fontes extremamente ricas de vitamina C. A principal causa da sua degradação reside nas oxidações aeróbicas ou anaeróbicas, em que ambas levam à formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, com formação de pigmentos escuros; é também rapidamente destruída pela ação da luz (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

De acordo com FRANCO (2004) o ácido ascórbico possui grande número de funções em numerosas reações químicas e é elemento de grande importância não só pela sua função tampão nos processos de oxiredução como, também, pelas particularidades de sua estrutura molecular capaz de transferir íons ou elétrons de hidrogênio em processos reversíveis. Entre as frutas ricas em ácido ascórbico destaca-se a acerola ou cereja do Pará com teor de 1.790 mg/100g de ácido ascórbico, seguida do caju, com suas variedades amarela e vermelha, a goiaba, a manga, as frutas cítricas e um grande número de outras frutas. Uma das características do ácido ascórbico é que ele é suscetível de sofrer a influência desfavorável do calor, oxidação, dessecação, armazenamento, aplicação do frio e alcalinidade do meio.

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

O conteúdo de ácido ascórbico das frutas oscila com as condições em que foram cultivadas e com aquelas em que foram armazenadas (KRAUSE & MAHAN, 1991). Por outro lado COUTO et al. (1998) afirmam que a vitamina C, por suas características físico-químicas, independentes de sua ação biológica, é um parâmetro essencial de qualidade das matérias-primas e serve de base para a otimização dos processos tecnológicos aplicados à

comercialização dos produtos alimentícios, destacando-se que uma porcentagem adequada de retenção de vitamina C implica em uma ótima retenção dos demais nutrientes.

2.2.5 – Cinzas

Frutas, vegetais e seus derivados, como qualquer outro alimento, contêm materiais orgânicos que devem ser destruídos antes da estimativa dos minerais. A escolha do procedimento usado para a destruição do material orgânico depende da sua natureza, dos constituintes inorgânicos presentes, do mineral a ser determinado e da sensibilidade do método (RANGANNA, 1977).

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

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

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

2.2.6 - Açúcares

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

Na análise de alimentos a identificação dos açúcares presentes em uma amostra quase sempre depende da natureza dos produtos; em muitos casos, porém, uma simples medida físico-química é suficiente para sua determinação; em outros, torna-se necessário uma separação dos açúcares componentes (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

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

Os frutos são, em primeiro lugar, uma fonte de energia. A concentração de açúcares na polpa na maioria deles se situa na proximidade de 10%, com vários tipos de frutas apresentando valores bem superiores (banana, manga, caqui, uva) (AWARD, 1993).

De acordo com SÃO JOSÉ et al. (1996), os valores referentes aos teores de açúcares redutores e totais crescem gradualmente, observando-se uma pequena queda durante a maturação fisiológica; no entanto, os açúcares não-redutores permanecem mais ou menos constantes durante o amadurecimento da manga.

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

2.2.7 – Proteínas

As proteínas são componentes essenciais a todas as células vivas e estão relacionadas, praticamente, a todas as funções fisiológicas. Elas são utilizadas na regeneração dos tecidos, funcionam como catalisadores nas reações químicas que ocorrem nos organismos vivos e que envolvem enzimas ou hormônios; são necessárias nas reações imunológicas e, juntamente com os ácidos nucléicos, são indispensáveis nos fenômenos do organismo animal. Embora os vegetais sejam capazes de sintetizá-las a partir de fontes inorgânicas de nitrogênio, os animais não possuem essa capacidade, razão pela qual necessitam de alimentos ricos em proteínas e aminoácidos. As proteínas obtidas de plantas

são sempre deficientes em um ou mais aminoácidos essenciais (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

De acordo com RIBEIRO & SERAVALLI (2004) as proteínas exercem várias funções biológicas que incluem as contráteis (miosina, actina), estruturais do corpo (colágeno, queratina), biocatalizadoras (enzimas), hormonais (insulina, glucagon, hormônios da tireóide), de transferência (hemoglobina, que transporta oxigênio e transferrina que transporta ferro) e de reserva (ovoalbumina, caseína); além disso, as proteínas podem exercer a função de proteção contra agressores.

Segundo CECCHI (2003), nos alimentos, além da função nutricional, as proteínas têm propriedades sensoriais e de textura e podem vir combinadas com lipídeos e carboidratos.

A análise das proteínas é feita, em geral, pelo método de Kjeldhal, o qual se baseia na determinação do teor de nitrogênio de origem orgânica, implicando em que o nitrogênio proveniente de outras fontes, tais como ácidos nucleicos, alcalóides, lipídeos nitrogenados, carboidratos nitrogenados, porfirinas ou pigmentos nitrogenados, estão inclusos no total (CECCHI, 2003). O teor de proteínas é determinado pela multiplicação do valor do nitrogênio total da amostra pelo fator 6,25, convertendo em proteínas os resultados. O fator 6,25 é calculado em função do percentual de nitrogênio da molécula protéica que, para maioria das proteínas, é da ordem de 16% mas este valor varia para as proteínas de alguns alimentos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

2.2.8 - Extrato alcoólico

É um tipo de extração em que é utilizado o álcool como solvente obtendo-se no final, um resíduo denominado extrato alcoólico. Nos produtos ricos em óleos voláteis, essências etc., representam uma informação preciosa na sua avaliação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

2.2.9 – Densidade

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

A densidade de partículas sólidas de alimentos é, em sentido físico, a razão da massa pelo volume das partículas, a qual pode ser determinada pelo deslocamento de ar ou deslocamento de líquidos (MOHSENIN, 1980).

De acordo com QUEIROZ (1993) a massa específica sofre influências diretas da pressão e temperatura, aumentando com o aumento da pressão a temperatura constante e diminuindo com o aumento da temperatura, a pressão também constante.

A densidade pode ser medida por vários aparelhos, sendo os mais utilizados: a balança de Westphal, picnômetros e densímetros (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Segundo RÉ & HIGA (1995), estudando a influência das propriedades físicas de soluções de maltodextrina nas propriedades do produto seco em secador por aspersão (spray dryer), as propriedades físicas do líquido a ser seco, o aumento da concentração de sólidos na alimentação do secador podem causar um aumento ou diminuição da densidade da partícula, dependendo fortemente da forma como este parâmetro afeta a tendência da partícula em se expandir. A obtenção de sólidos de menor densidade a partir de soluções mais concentradas e viscosas, tem sido atribuída, na literatura, à formação de partículas de maior porosidade ou à incorporação de ar nas gotículas formadas na atomização.

DOMINGUES et al. (2002) estudando as propriedades físicas do suco de abacaxi desidratado em spray dryer constataram que a densidade foi afetada significativamente pela velocidade de atomização e notaram que a elevação da velocidade de atomização tende a diminuir a densidade de massa do produto. A densidade da partícula foi influenciada pela concentração de maltodextrina e velocidade de atomização, quando a mesma aumentou com o acréscimo de maltodextrina e foi reduzida quando a velocidade de atomização foi elevada.

FRANCISONI et al. (2002) constataram que o acréscimo da concentração de maltodextrina aumenta a densidade normal e compactada do suco de maracujá desidratado em spray dryer.

2.2.10 – Microbiologia

Segundo CRUZ (1989) a desidratação tem como conseqüência o aumento da concentração de açúcares e ácidos no alimento, criando um ambiente químico desfavorável ao crescimento de muitos microrganismos.

A umidade disponível no alimento é um dos critérios para o crescimento de um microrganismo; sendo assim, uma grande variedade de microrganismos pode crescer sobre

frutos mal desidratados. Os fungos são os mais resistentes à diminuição da atividade de água e podem crescer em alimentos com menos de 2% de umidade. Bactérias e leveduras requerem níveis maiores de umidade, normalmente acima de 30% (EMBRAPA, 1992; BEUCHAT, 1983).

De acordo com CARVALHO et al. (2005) um alimento, para ser considerado seguro, precisa ser analisado quanto à presença de alguns microrganismos importantes, tais como o grupo de coliformes totais e fecais, cuja presença em alimentos processados é uma indicação útil de contaminação pós-sanitização ou pós-processo. Esses autores, estudando a qualidade higiênico-sanitária de frutas desidratadas a serem utilizadas em formulação de chocolate caseiro, constataram que o processo de desidratação não foi suficiente para eliminar os coliformes fecais nas amostras de jaca, nem o crescimento de bolores e leveduras. Nas amostras de abacaxi desidratado a presença de bolores e leveduras, estava acima do valor estabelecido pelo Ministério da Saúde.

2.2.11 – Cor

O consumo de um alimento, conhecido ou não do consumidor depende, em primeira instância, da sua cor e do seu aspecto, pois quando um consumidor entra em contato com o alimento, a cor e a aparência são as duas primeiras sensações que o atingem, e é o que o levará à aceitação, indiferença ou rejeição (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A cor é uma percepção visual resultante da detecção da luz após interação com um objeto. O impacto visual gerado pela cor, muitas vezes se sobrepõe ao causado por outros atributos de aparência e odor (CARDOSO et al., 1997).

De acordo com OLIVEIRA et al. (2003) a cor é um parâmetro que muitas vezes, não é estudado devido à necessidade de equipamentos específicos e de custo elevado.

Os produtos vegetais apresentam três principais pigmentos: a clorofila, os carotenóides e as antocianinas havendo, em alguns casos, formação de antoxantinas (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

O responsável pela cor verde em frutos e folhas é a clorofila, encontrada em abundância nos frutos e nas folhas; sua degradação é causada por vários motivos, dentre eles se pode citar: alteração de pH, atividade enzimática da clorofilase, oxidantes e outros. Os carotenóides, geralmente são de cor amarela e laranja, podendo apresentar cor vermelha. Antocianinas são os pigmentos responsáveis pelas cores em tons de vermelho e

podem ocultar a clorofila e os carotenóides, devido à sua coloração acentuada (FIGUEIRÊDO, 1998).

De acordo com CONSTANT (1999) a cor de qualquer objeto pode ser determinada pela qualificação da reflexão da luz a partir da superfície do objeto em cada comprimento de onda na faixa visível do espectro, compreendida entre 380 e 770 nm.

Os espectrofotômetros ou colorímetros usam faixas espectrais dirigidas à amostra, enquanto a luz refletida da amostra é medida por meio de células fotoelétricas, que transformam energia brilhante em energia elétrica. A curva espectrofotométrica caracteriza a cor do produto para a qual são exigidos cálculos para determinação dos parâmetros de cor. Existem muitos instrumentos disponíveis que dão a curva espectral e os parâmetros da cor, que são X, Y e Z (RANGANNA, 1977).

2.3 – Reologia

A reologia é importante nas mais diferentes áreas da ciência dos alimentos. Muitas das propriedades texturais que os humanos percebem quando consomem alguns alimentos são basicamente reológicas na natureza, isto é, cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza. A estabilidade e aparência dos alimentos frequentemente dependem das características reológicas e de seus componentes (McCLEMENTS, 2005). O termo reologia (rheo – deformação e logia – ciência) significa o estudo do escoamento dos fluidos, ou seja, é a ciência que se preocupa com a descrição das propriedades mecânicas dos vários materiais sob diferentes condições de deformação, quando eles exibem a capacidade de escoar e/ou acumular deformações reversíveis (NAVARRO, 1997).

De acordo com SHARMA et al. (2000) a reologia desempenha papel fundamental no desenvolvimento, fabricação e processamento de produtos alimentícios; as propriedades reológicas também servem como meio de controlar e monitorar um processo industrial.

A importância do conhecimento do comportamento reológico dos derivados de frutas está na sua utilização como medida de qualidade além de ser indispensável em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos, porém de essencial importância na economia de energia (HAMINIUK, 2005).

Segundo BOBBIO & BOBBIO (2003) o comportamento de maior ou menor fluidez de um material depende da interação física entre as moléculas que o compõem e essa interação depende principalmente das forças de atração e repulsão entre as moléculas.

Conforme STREETER (1996) define-se um fluido como uma substância que se deforma continuamente quando submetida a um esforço constante, sem importar quão pequeno seja este esforço.

A viscosidade é a propriedade do fluido que descreve a magnitude da resistência a forças cisalhantes do fluido (SHARMA et al., 2000).

De acordo com TEPPER et al. (1994) a viscosidade pode ser utilizada como o ponto de partida no processo de seleção e projetos de equipamentos pois afeta também os parâmetros operacionais, como a temperatura, uma vez que na maioria dos casos a viscosidade diminui com o acréscimo da temperatura sendo importante determinar o intervalo adequado para facilitar o manuseio do produto, sem causar prejuízo no sabor.

2.3.1 – Comportamento reológico

Os fluidos são classificados de acordo com seu comportamento reológico por meio da análise da relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação (gradiente de deformação) para condições de temperatura e pressão estabelecidas. O comportamento reológico dos fluidos é dividido em duas categorias: Newtonianos e Não-newtonianos (CONCEIÇÃO, 2000).

Segundo CASTRO et al. (2001) a diferença entre um sólido e um fluido está justamente no comportamento de ambos quando submetidos a uma força; enquanto um sólido elástico sofre uma deformação proporcional à tensão aplicada, um fluido sofre uma deformação contínua, isto é, escoamento com velocidades que variam com a distância entre as camadas, sendo suas magnitudes dependentes da força, em condições semelhantes.

2.3.1.1 – Fluidos newtonianos

De acordo com CASTRO et al. (2001) os fluidos newtonianos são aqueles que apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, em que a viscosidade é influenciada pela temperatura e concentração e independente da taxa de deformação e tensão de cisalhamento inicial.

A Equação 2.1 é a representação matemática do comportamento reológico dos fluidos newtonianos.

$$\tau = \eta(\dot{\gamma}) \quad (2.1)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

η - viscosidade absoluta (Pa.s)

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

Este comportamento é observado em vários produtos, tais como sucos de frutas clarificados e despectinizados (LIRA, 2001); leite, suco de maçã, suco de laranja, vinho e cerveja (SHARMA et al., 2000); água e gasolina (VIEIRA, 1971).

2.3.1.2 – Fluidos não-newtonianos

Os fluidos que não seguem comportamento igual aos fluidos newtonianos são chamados não-newtonianos (BIRD et al., 2004) e apresentam comportamento mais complexo, possuindo viscosidade que depende da tensão de cisalhamento aplicada ou do tempo de sua aplicação, em que a viscosidade deixa de ser um coeficiente para se tornar uma propriedade que varia de acordo com as condições com as quais o fluido se depara, sendo denominada viscosidade aparente (NAVARRO, 1997). Muitos fluidos não-newtonianos podem ser descritos pela Equação 2.2, cuja viscosidade aparente (η_a) é função da taxa de deformação.

$$\eta_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (2.2)$$

Em que:

η_a - viscosidade aparente (Pa.s)

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

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

Segundo RAO & RIZVI (1986) os fluidos não-newtonianos podem ser dependentes ou independentes do tempo. A temperatura e composição constantes, a viscosidade aparente depende apenas da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento.

De acordo com NAGY et al. (1993) polpa de frutas, em que grande quantidade de material particulado insolúvel está presente, são fluidos altamente não-newtonianos; como

exemplo, tem-se a polpa de açaí, que é um fluido não-newtoniano (FERREIRA et al., 2002a).

2.3.1.2.1 - Fluidos independentes do tempo

Os fluidos não-newtonianos independentes do tempo, a temperatura constante, possuem viscosidade aparente, dependente apenas da taxa de deformação e estão subdivididos em três categorias: fluidos pseudoplásticos, dilatantes e plásticos de Bingham (CASTRO et al., 2001).

Fluidos pseudoplásticos

São fluidos que apresentam comportamento reológico independente do tempo, sem tensão residual, e que começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais; para esse tipo de fluido, observa-se que a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação (LEITE, 2001).

Esses fluidos em repouso apresentam um estado desordenado e, quando submetidos a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior também será a ordenação; conseqüentemente, a viscosidade aparente será menor (HOLDSWORTH, 1971).

Este comportamento foi observado em polpa de jabuticaba (SATO & CUNHA, 2004), polpa de umbu (EVANGELISTA et al., 2003), suco de cupuaçu (QUEIROZ et al., 2004), misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura (BRANCO & GASPARETTO, 2003) e polpa de umbu-cajá (TORRES et al., 2004).

Fluidos dilatantes

Nesses fluidos a viscosidade aparente aumenta com o aumento da taxa de deformação, sendo o oposto dos fluidos pseudoplásticos.

Este tipo de fluido é raro, tendo sido encontrado em suco concentrado de maracujá (GONÇALVES, 1989).

Plástico de Bingham

São fluidos que precisam de uma tensão de cisalhamento inicial para que haja fluxo ou movimentação do material; uma vez atingida esta tensão, o fluido passa a apresentar comportamento newtoniano e é chamado plástico ideal (FERREIRA, 2002).

Segundo GONÇALVES (1989) este comportamento pode ser encontrado em purê de batata, mostarda, chocolate fundido e creme batido. LEITE et al. (2004) encontraram este comportamento em extrato de inulina de raízes de chicória.

Na Figura 2.2 são apresentadas às curvas de escoamento para vários tipos de fluidos independentes do tempo.

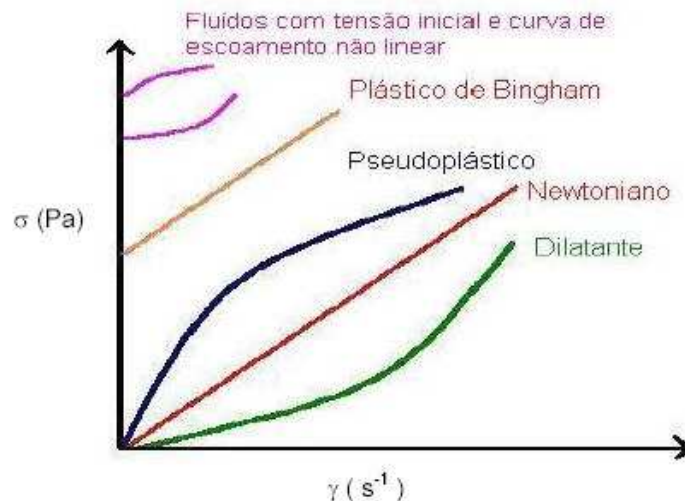


Figura 2.2 – Curvas de escoamento para fluidos independentes do tempo (Fonte: HAMINIUK, 2005)

2.3.1.2.2 - Fluidos dependentes do tempo

Fluidos tixotrópicos

Esses fluidos são aqueles em que a viscosidade aparente diminui com o tempo, para condições com temperatura e taxa de deformação constante, cujo comportamento foi observado em purê de damasco (DURAN & COSTELL, 1982).

Fluídos reopéticos

Esses fluidos são aqueles em que a viscosidade aparente aumenta com o tempo, para condições com temperatura e taxa de deformação constante. Este comportamento não é comum em alimentos sendo observado em soluções de amido altamente concentradas em tempos longos (SHARMA et al., 2000).

Apresenta-se na Figura 2.3 as curvas de escoamento para os fluidos dependentes do tempo.

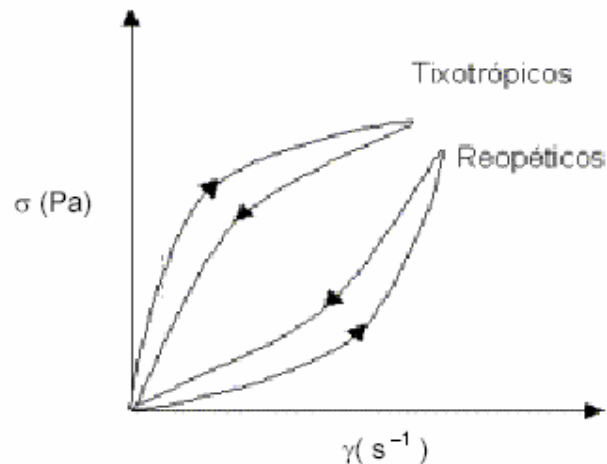


Figura 2.3 – Curvas de escoamento para fluidos dependentes do tempo (Fonte: HAMINIUK, 2005)

2.3.1.2.3 - Visco-elásticos

O comportamento reológico da maioria dos líquidos se encontra entre líquido e sólido, apresentando-se parcialmente viscosos e elásticos denominados, por isso mesmo, visco-elásticos. Segundo OMAR et al. (1995) o queijo petit suisse nacional é um queijo magro feito com leite desnatado, adicionado de creme e apresenta comportamento sólido (elástico) e líquido (viscoso).

2.3.2 – Modelos reológicos

Os modelos reológicos são úteis para relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas, como concentração, temperatura, pH, e índice de maturação, entre outros (VIDAL, 2000).

Ostwald-de-Waele

O modelo de Ostwald-de-Waele (Equação 2.3), que também pode ser encontrado com a denominação de Lei da potência, é um dos modelos mais utilizados para descrever o comportamento dos fluidos não-newtonianos, pseudoplásticos ($n < 1$) e dilatantes ($n > 1$) em amplas faixas de taxa de deformação (RAO & ANANTHESWARAN, 1982).

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n \quad (2.3)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

K - índice de consistência (Pa.sⁿ)

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Segundo MACHADO (1996) o parâmetro reológico do modelo da lei da potência índice de comportamento do fluido (n) é uma grandeza adimensional e indica fisicamente, o afastamento do fluido considerado do modelo newtoniano; e o índice de consistência (K) tem dimensão física igual a $\mathbf{F \cdot T^n \cdot L^{-2}}$, o qual indica o grau de resistência do fluido diante do escoamento, ou seja, quanto maior o valor de K mais consistente o fluido será.

De acordo com NAVARRO (1997), através da Equação 2.3 se observa que a equação se reduz ao modelo de Newton quando o índice de comportamento do fluido $n = 1$. Como o índice de consistência (K) não varia com a tensão de cisalhamento nem com a taxa de deformação, é o índice n que fará a distinção entre os comportamentos dos fluidos e, desta maneira, quanto mais distante o n do fluido estiver do valor unitário, mais distante também o fluido estará do comportamento newtoniano.

Para $n > 1$, o fluido é dilatante;

Para $n = 1$, o fluido é newtoniano;

Para $n < 1$, o fluido é pseudoplástico.

Herschel-Bulkley

De acordo com LEITE et al. (2004) para alimentos que apresentam comportamento reológico independente do tempo, o modelo teórico de Herschel-Bulkley (Equação 2.4) pode ser aplicado para descrever a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, considerando-se a existência de uma tensão inicial; outrassim, é o mais utilizado para representar o comportamento reológico de materiais semi-sólidos, tais como polpas e sucos de fruta, descrevendo muito bem o comportamento de fluidos não-newtonianos.

$$\tau = \tau_0 + K_H (\dot{\gamma})^n \quad (2.4)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

τ_0 - tensão de cisalhamento inicial (Pa)

K_H - índice de consistência (Pa.sⁿ)

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

O modelo de Herschel-Bulkley descreveu apropriadamente o comportamento pseudoplástico das polpas de araçá e amora-preta na faixa de temperatura de 10 a 60 °C (HAMINIUK, 2005).

Casson

O modelo de Casson (Equação 2.5) foi desenvolvido para uma suspensão de partículas interagindo em um meio newtoniano. É muito utilizado por ser simples e de fácil compreensão, além de ser necessário se observar que os valores encontrados de tensão inicial são extrapolações dos dados de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação, ou seja, são parâmetros de ajuste estatístico e não propriedades de um material (BRANCO & GASPARETTO, 2005), sendo considerado, portanto, o modelo oficial pelo para descrever o comportamento reológico de chocolate (RAO & RIZVI, 1986).

$$\tau^{0,5} = K_{oC} + K_C (\dot{\gamma})^{0,5} \quad (2.5)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

K_{oC} - tensão de cisalhamento inicial (Pa)^{0,5}

K_C - viscosidade plástica de Casson (Pa.s)^{0,5}

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Mizrahi-Berk

Este modelo foi proposto por MIZRAHI-BERK (1972) para demonstrar o comportamento reológico do suco de laranja concentrado; foi desenvolvido com base em um modelo de suspensão interagindo com partículas em um solvente pseudoplástico (PELEGRINE et al., 2000); enfim, é um modelo derivado de uma modificação da equação de Casson, expresso pela Equação 2.6.

$$\tau^{0,5} = K_{OH} + K_M (\dot{\gamma})^n \quad (2.6)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

K_{OM} - raiz quadrada da tensão inicial (Pa)^{0,5}

K_M - índice de consistência (Pa)^{0,5}.(s)ⁿ

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Este modelo foi utilizado por QUEIROZ et al. (2000) para descrever o comportamento reológico de sucos de abacaxi naturais e despectinizados e por BEZERRA et al. (2001) para a polpa de manga.

2.4 – Secagem por aspersão

Secagem é a remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material envolvendo exclusivamente a transferência de calor e massa (FIOREZE, 2004).

De acordo com EVANGELISTA (1994) a água é um dos fatores que geram condições para o crescimento e desenvolvimento de microrganismos nos alimentos. A secagem de frutas é uma operação onde ocorrem transferências simultâneas de calor e massa, com a finalidade de evitar o desenvolvimento de microrganismos e inibir processos enzimáticos.

A secagem tem, por objetivo, assegurar a conservação da fruta por meio da redução do seu teor de água; tal redução deve ser efetuada até o ponto em que a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes, seja suficientemente elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de microrganismo (ITAL, 1993).

Diversos tipos de secadores podem ser usados na desidratação de frutas porém a escolha do tipo particular deve ser orientada pela natureza do material a ser processado, pelo tipo final de produto a ser obtido, pelos aspectos econômicos e pelas condições de operação.

Os secadores mais comuns encontrados no mercado são: secadores de tambor, de esteira, de túnel, de aspersão ou atomização, de cabine e os liofilizados (CAMARGO et al., 1984).

Os primeiros trabalhos sobre secagem de polpa de frutas foram apresentados por HUFENUSSLER & KACHAN (1985); os autores estudaram a desidratação de purê de banana, analisando a qualidade do pó em relação ao obtido em secadores por aspersão e a vácuo; promoveram, também, uma avaliação sensorial, na qual o sabor do purê reconstituído foi comparado com o purê original e com o produzido em secadores de tambores rotativos.

Segundo LANGRISH & FLETCHER (2001) a secagem por meio de secadores por aspersão é o modo mais conveniente de secar soluções que contêm sólidos em suspensão, especialmente de origem orgânica. Este processo oferece curto contato a temperaturas relativamente baixas, diminuindo o risco de degradar produtos mais sensíveis.

JACKSON & LEE (1991), afirmam que a secagem por atomização é utilizada para produtos sensíveis ao calor, uma vez que a secagem é muito rápida e o núcleo não atinge temperaturas superiores a 100 °C.

De conformidade com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998) os secadores por atomização são empregados na desidratação de alimentos sensíveis ao calor, líquidos ou pastosos, como leite, ovos, frutas, extratos de café e de tomate. Os alimentos líquidos são atomizados em gotículas microscópicas (10 a 200nm) que entram em contato com fluxo de ar quente (180 a 230 °C), sendo a desidratação muito rápida, da ordem de 15 a 45 segundos e a qualidade do produto é excelente, visto que as partículas atingem no máximo cerca de 80 °C.

A secagem por atomização consiste, basicamente, na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente. A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto. Este tipo de equipamento é muito utilizado na indústria alimentícia para elaboração de leite em pó, café solúvel, sucos em pó etc., sendo também empregado nas indústrias farmacêuticas e de detergentes (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

Segundo EVANGELISTA (1994) o secador tipo "spray dryer" é composto por um sistema de aquecimento e circulação de ar, um mecanismo gerador da chuva, uma câmara de secagem e sistema recuperador do produto.

A qualidade dos produtos obtidos por atomização depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas da câmara de secagem. O líquido é disperso utilizando-se alta pressão ou força centrífuga, para aumentar a área superficial e expor as gotículas de pequeno diâmetro ao ar de secagem, a altas temperaturas; o tamanho das partículas do líquido atomizado se situa ao redor de 10 a 200 μm e o tempo de secagem é de 5 a 30 segundos (FURUTA et al., 1994).

De acordo com LEITE (2001) a atomização resulta da aplicação de uma energia de forma a agir sobre o líquido, até o ponto em que ocorrem o seu rompimento e desintegração, criando um spray de gotículas; esta nuvem ou spray entra em contato com o ar quente a elevadas temperaturas, onde ocorre a secagem, resultando na coleta do produto em pó. Existem diferentes técnicas de atomização concebidas a partir de diferentes formas de energia aplicadas sobre o líquido, sendo comum em todos os atomizadores, o uso de energia para romper o líquido. A classificação dos atomizadores está relacionada às energias centrífuga, devido à pressão e cinética; há, também, os atomizadores ultra-sônicos e vibratórios, porém são menos comuns.

As principais variáveis que controlam a umidade no pó, são as temperaturas de entrada e saída do ar do secador. Com o suco de frutas, a natureza e a concentração de

sólidos no suco e o tipo de aditivo têm que ser também considerados. A presença de substâncias ácidas em materiais a serem secos parece ser um parâmetro que deve ser considerado (BHANDARI et al., 1993).

Segundo SCHWARTZ (1989) durante este processo e de acordo com as condições de operação e características do produto, pode-se ter perda de aroma. A concentração de sólidos, a viscosidade e a composição química do material líquido utilizado, tem influência significativa no resultado obtido no processo de secagem.

Uma das principais desvantagens apresentadas pela técnica de secagem por atomização é a produção de um pó muito fino, o qual requer um processamento posterior, tal como, por exemplo, a aglomeração, com a finalidade de torná-lo mais solúvel em caso de aplicação líquida (ROSENBERG et al., 1990); outro inconveniente é a perda de material ativo cujo ponto de ebulição seja baixo e a oxidação de alguns compostos aromáticos (JACKSON & LEE, 1991).

2.4.1 – Microencapsulação

A microencapsulação é uma tecnologia de recobrimento através da qual pequenas gotas de um líquido ou partículas sólidas são revestidas por películas contínuas e individuais, que têm a função de proteger o material encapsulado de fatores que possam vir a causar a sua deterioração, tais como oxigênio, luz ou umidade (ROSENBERG et al., 1990).

O material que forma a cobertura é freqüentemente descrito como material de parede, agente encapsulante, casca, "carrier", membrana ou material de cobertura ou ainda matriz encapsulante (DZIEZAK, 1988; SHAHIDI & HAN, 1993; JACKSON & LEE, 1991; RISCH, 1995); já o material que é envolto pode ser chamado material de preenchimento, recheio, ativo ou, ainda, fase interna. É importante para a encapsulação de ingredientes alimentícios a seleção de um material de cobertura adequado.

Existem diversas utilidades para o processo de microencapsulação, tais como: manusear líquidos como sólidos, separar componentes em uma mistura de sólidos, reduzir a volatilidade do material, proporcionar a proteção do ambiente aos componentes do núcleo, alterar as propriedades da superfície, controlar a liberação dos componentes e mascarar o sabor amargo de alguns compostos (BAKAN, 1973).

A classificação em relação ao tamanho é estabelecida por KING (1995) da seguinte maneira:

- Nanocápsulas - tamanho menor que 0,2 μm ;
- Microcápsulas - 0,2 a 5.000 μm ;
- Macrocápsulas - tamanho maior que 5.000 μm .

Com base em aplicações específicas e parâmetros, como: tamanho de partícula desejado, propriedades físico-químicas do núcleo e material de revestimento das paredes, aplicação do material microencapsulado, mecanismos de liberação controlada, escala de fabricação e custo de processo viável, se faz a escolha do processo de microencapsulação; dentre as técnicas existentes, a secagem por atomização (spray drying) é a mais utilizada. (DZIEZAK, 1988; RISCH, 1995; SHAHIDI & HAN, 1993).

De acordo com RISCH (1995), a secagem por atomização ainda é a técnica de microencapsulação mais econômica e mais utilizada, uma vez que o equipamento necessário é de fácil acesso e os custos de produção são baixos quando comparados com os das outras técnicas de microencapsulação; além do mais, o método geralmente proporciona microcápsulas com boa proteção ao material de preenchimento e se adapta bem a uma série de materiais de parede.

Os parâmetros adotados durante o processo de atomização possuem efeito significativo sobre as características dos pós resultantes como, por exemplo, na distribuição do tamanho das partículas; mas, de maneira geral, a secagem por atomização tipicamente resulta em microcápsulas menores que 100 μm de tamanho (KING, 1995).

As propriedades físicas das microcápsulas estão relacionadas com a temperatura do ar de secagem, que pode variar entre 150 e 400°C; com o grau e a uniformidade da nebulização; com o teor de sólidos da suspensão e com a temperatura da emulsão (REINECCIUS, 1988).

De acordo com ROSENBERG et al. (1990), uma microencapsulação bem sucedida, capaz de atender aos objetivos a que foi proposta, está relacionada à escolha correta do material de parede e da técnica de microencapsulação para os diferentes materiais de preenchimento, assim como na compreensão de como o material de preenchimento está organizado e distribuído no interior das microcápsulas. Também é imprescindível conhecer como as condições ambientais interferem na estrutura e no comportamento de sistemas de microcápsulas. A microencapsulação por spray dryer será considerada de sucesso se atingir uma elevada retenção do material ativo durante o processamento e armazenamento.

A microencapsulação de alimentos emprega formulações contendo o ingrediente a ser preservado em mistura com agentes encapsulantes dos mais variados: amido ou seus

derivados, proteínas, gomas, lipídios, ou combinações entre esses agentes. A tecnologia de secagem é o segundo passo de escolha: secagem por atomização, extrusão, inclusão molecular, cocristalização e muitos outros, conforme SHAHIDI & HAN (1993).

A seleção do material de parede depende das propriedades físicas e químicas do produto, dos processos utilizados para formar as microcápsulas e das propriedades desejadas nas microcápsulas. Os materiais de parede, formadores, basicamente de filmes protetores, podem ser selecionados a partir de uma larga variedade de polímeros sintéticos ou naturais, dependendo do material a ser encapsulado e das características finais desejadas para as microcápsulas (SHAHIDI & HAN, 1993).

Os materiais de parede normalmente empregados em spray drying são: goma arábica, amidos modificados e amidos hidrolisados (maltodextrina); todos eles têm o requisito de baixa viscosidade a altas concentrações, embora as maltodextrinas não possuam propriedades emulsificantes e, portanto, são normalmente combinadas com outros materiais (REINECCIUS, 1989).

2.4.1.1 – Maltodextrina

Maltodextrinas são misturas de maltooligossacarídeos com dextrose equivalente (D.E.) inferior a 20. Quando DE é igual ou maior que 20, é chamado sólido de xarope de milho, produzidas a partir da hidrólise do amido; em geral, são encontradas como pó branco, não-doce, apresentando a fórmula geral $(C_6H_{12}O_5)_nH_2O$. São largamente utilizadas nas indústrias alimentícias e farmacêuticas (SILVA, 1998).

Segundo REINECCIUS (1991) e SHAHIDI & HAN (1993) a maltodextrina é usada porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas; tem efeito antioxidante e mostra retenção de voláteis na faixa de 65 a 80%.

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

REIS (1999) testou vários aditivos (maltodextrina, glicose líquida e CMC) com o intuito de selecionar o mais adequado para produzir sucos de abacaxi e maracujá em pó,

por meio da secagem por aspersão. Com base no rendimento do produto verificou que só com a maltodextrina foi possível a obtenção dos produtos desidratados. Para obtenção de acerola em pó GOMES et al. (2002) adicionaram 10% de maltodextrina a polpa antes da secagem em secador de leite de jorro.

2.5 – Atividade de água

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

Segundo LEUNG (1981) as principais características da água ligada (combinada) são: não congelável, baixa pressão de vapor, alta energia de ligação, não disponibilidade como solvente, reduzida mobilidade molecular e propriedades dielétricas diferentes das da água pura.

A atividade de água (Equação 2.7) expressa o grau de disponibilidade de água em um alimento e é definida como a relação entre a pressão de vapor da água do produto (P) e a pressão de vapor da água pura numa mesma temperatura (P_o) (CHEFTEL & CHEFTEL, 1992).

$$a_w = \frac{P}{P_o} \quad (2.7)$$

em que:

a_w – atividade de água

P – pressão de vapor da água do produto

P_o - pressão de vapor da água pura

Segundo PARK et al. (2001) a determinação da atividade de água é uma das medidas mais importantes no processamento e análise dos produtos agropecuários *in natura* ou processados, devido à sua influência no que diz respeito à qualidade e à estabilidade do produto.

A velocidade das reações químicas desejáveis ou não, dependem da mobilidade e concentração dos compostos e enzimas envolvidos, conferidas pela quantidade de atividade de água. Quando não existe água disponível, a medida de atividade de água será igual a zero, porém se a amostra é constituída, em sua totalidade, por água pura, então a atividade de água é igual a 1,0; portanto, as medições da atividade de água dos diversos produtos estão sempre compreendidas entre zero e um. A atividade de água influencia no comportamento microbiológico. De modo geral, as bactérias são mais exigentes quanto à disponibilidade de água que os bolores e leveduras (BRASEQ, 2006).

De acordo com FERREIRA & PENA (2003) a atividade de água é uma medida de fundamental importância, visto que, por meio dela, podem ser previstas reações químicas e enzimáticas, além de desenvolvimento de microrganismos. A partir do seu conhecimento pode-se propor, também, sistemas adequados de embalagem para um produto.

Quando um material biológico é exposto a certa umidade ele perde ou ganha água para ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente; isto ocorre quando a pressão de vapor d'água na superfície do material se iguala à pressão de vapor d'água do ar que o envolve (TREYBALL, 1968).

Os métodos utilizados para determinar a atividade de água, segundo FIOREZE (2004) são:

- Método estático: consiste em se colocar o produto em repouso num recipiente fechado acima de uma solução salina saturada ou ácida mas sem contato com a mesma; o recipiente deve estar em ambiente cuja temperatura seja constante e o produto é pesado depois de alguns dias, até manter peso constante e, a partir daí, é determinada a sua umidade de equilíbrio.

- Método semi-estático: difere em relação ao estático, posto que o produto sofre uma pequena agitação periódica para facilitar a difusão de umidade nas proximidades da sua superfície para a atmosfera, dentro do recipiente, o que torna este processo um pouco mais rápido.

- Método dinâmico: consiste em se colocar o produto em uma cápsula com um sensor de umidade relativa, com o menor espaço livre possível e em temperatura constante; devido ao pequeno espaço livre, o equilíbrio é rapidamente atingido e a umidade relativa

do ambiente, quando não sofre mais variações, corresponde à atividade de água do produto, que é então pesado para determinar sua umidade de equilíbrio.

O comportamento higroscópico dos materiais alimentícios tem sido estudado ao longo dos anos, por diversos autores, com a finalidade de se ampliar e conhecer melhor como este fenômeno ocorre dentro dessa diversidade. Pesquisadores como LEITE et al. (2003) avaliaram a polpa de banana maçã; OLIVEIRA et al. (2004) as isotermas de adsorção de polpa de tamarindo; e SILVA et al. (2005) a atividade de água de cajá em pó, entre outros autores.

2.5.1 – Isotermas de adsorção

Isoterma é uma curva que descreve, em uma dada umidade, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água adsorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura, sendo esta relação dependente da composição química dos alimentos, tais como gordura, amido, açúcar, proteínas etc. (PARK et al., 2001).

Essas curvas, por sua vez, fornecem informações úteis para processos de concentração, secagem e hidratação de alimentos, visto que a facilidade de se retirar ou adicionar água está relacionado com a atividade de água do alimento e, ainda, para verificar e acompanhar a estabilidade de produtos alimentícios durante o armazenamento (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Uma isoterma de sorção de umidade pode ser dividida em três regiões, dependendo do estado da água presente no alimento; essas regiões apresentam características peculiares, tais como: a primeira região corresponde à faixa de atividade de água entre 0 a 0,35 e representa a adsorção de uma película monomolecular de água; a segunda região diz respeito à faixa de atividade de água entre 0,35 a 0,60 e indica a adsorção nas camadas adicionais acima da monocamada, enquanto a terceira região compreende atividades de água acima de 0,60, representando a água condensada nos poros do material, seguida pela dissolução de materiais solúveis presentes (LOMAURO et al., 1985).

As isotermas de adsorção mostram a relação entre a atividade de água e a umidade de equilíbrio contida em um produto alimentício, a uma temperatura e pressão constante (CHAVES et al., 2004).

Segundo SALWIN, citado por PENA et al. (1994) os alimentos ricos em proteína e/ou amido apresentam isotermas na forma de sigmóides, com concavidade em relação ao

eixo da ordenada na região de baixas atividades de água; os alimentos ricos em açúcares, dos quais as frutas são os exemplos mais comuns, apresentam isothermas com concavidade para o eixo das abscissas até níveis intermediários de atividade de água, passando a uma forma quase exponencial em regiões de alta atividade de água.

Muitos estudos foram realizados para descrever o comportamento higroscópico de frutas em pó: utilizando o método gravimétrico estático, GOMES (2002) determinou as isothermas de adsorção da acerola em pó, desidratada em leito de jorro; GALDINO (2003) as isothermas de adsorção do umbu em pó, desidratado pelo método de secagem em camada de espuma; MEDEIROS (2004) as isothermas de adsorção de umbu em pó, desidratado em secador por aspersão; PEREIRA (2005) as isothermas de adsorção do tomate em pó, desidratado em secador de bandeja; ALEXANDRE (2005) as isothermas de adsorção da pitanga em pó, desidratada pelo método de secagem em camada de espuma e SILVA (2005) utilizou o método dinâmico para a obtenção das isothermas de adsorção do cajá em pó desidratado em secador por aspersão.

2.5.2 – Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos são amplamente utilizados na predição de isothermas de adsorção de umidade, tendo como vantagem a possibilidade de que com poucos pontos experimentais é possível construir uma isoterma, a qual pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas atividades de água, pontos esses de difícil determinação experimental (PENA et al., 1996).

Embora um grande número de equações teóricas, semi-empíricas e empíricas, tenha sido proposto para o cálculo da umidade de equilíbrio, nenhuma equação teórica é ainda capaz de prever exatamente a umidade de equilíbrio de produtos agrícolas em uma ampla faixa de temperatura e umidade relativa (BROOKER et al., 1974).

2.5.2.1 – GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer)

O modelo de GAB (Equação 2.8) foi utilizado com sucesso por LOMAURO et al. (1985) em estudo com diferentes produtos, ajustando-se bem em 91% desses produtos. ALEXANDRE (2005) ajustou o modelo de GAB às isothermas de adsorção da pitanga em pó, desidratada pelo método de secagem em camada de espuma, obtendo valores de R^2 acima de 0,97.

$$U_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (2.8)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

X_m - umidade na monocamada molecular (% base seca)

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

2.5.2.2 - Peleg

Este modelo (Equação 2.9) contém quatro parâmetros e foi proposto por PELEG (1993) para ajustar os dados experimentais de adsorção de umidade. De acordo com WOLF & SPIESS (1995) este modelo é aplicado para calcular dados de umidade de equilíbrio e atividade de água de produtos individuais em sistemas multicomponentes.

$$U_e = K_1 (a_w)^{n_1} + K_2 (a_w)^{n_2} \quad (2.9)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

K_1 , K_2 , n_1 e n_2 – constantes do modelo

2.5.2.3 - Halsey modificado

Com o objetivo de desenvolver uma equação para descrever a dependência da temperatura na isoterma, Iglesias e Chirife modificaram, empiricamente, o modelo de Halsey propondo uma equação com três parâmetros (Eq. 2.10) que pode ser usada para estimar com precisão isotermas de alguns alimentos (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978). Este modelo foi utilizado por LAHSASNI et al. (2004) para descrever as isotermas de adsorção do figo-da-índia seco.

$$U_e = \left[\frac{-\exp(a+bT)}{\ln(a_w)} \right]^C \quad (2.10)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

a, b e C – constantes do modelo

T – temperatura (°C)

2.5.2.4 - Smith

O modelo de Smith (Equação 2.11) foi usado para descrever as isotermas de adsorção de materiais biológicos, tais como amido e celulose (AL-MUHTASEB et al., 2004). Este modelo foi utilizado por GOMES et al. (2002) para descrever o comportamento das isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó.

$$U_e = a - b[\ln(1 - a_w)] \quad (2.11)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

a e b – constantes do modelo

2.5.2.5 - Day & Nelson

O modelo de Day & Nelson (Equação 2.12) é uma modificação do modelo de Henderson que foi utilizado para descrever as isotermas do trigo em atividades de água acima de 0,7 (HOSSAIN et al., 2001). Este modelo foi utilizado por BOENTE et al. (1995) para descrever o comportamento das isotermas de adsorção de milho.

$$U_e = \exp[a + b(\ln(-\ln(1 - a_w)))] \quad (2.12)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água

a e b – constantes do modelo

2.5.2.6 - Sigma-Copace

Este modelo foi utilizado por CORRÊA et al. (2000) para ajustar os dados experimentais das isotermas de adsorção do café solúvel.

$$U_e = \exp[a - (bT) + (c \exp(a_w))] \quad (2.13)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água

a, b e c – constantes do modelo

T - temperatura (°C)

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas – LAPPA, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

3.1 – Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi polpa de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) congelada da marca Bonsuco, adquirida no comércio de Campina Grande. Após a aquisição as polpas foram transportadas para o laboratório, homogeneizadas e reembaladas em sacos de polietileno de baixa densidade, congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer a $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento de serem utilizadas nos experimentos.

3.2 – Processamento

Na Figura 3.1 tem-se o fluxograma do processamento realizado com a polpa de pitanga neste trabalho.

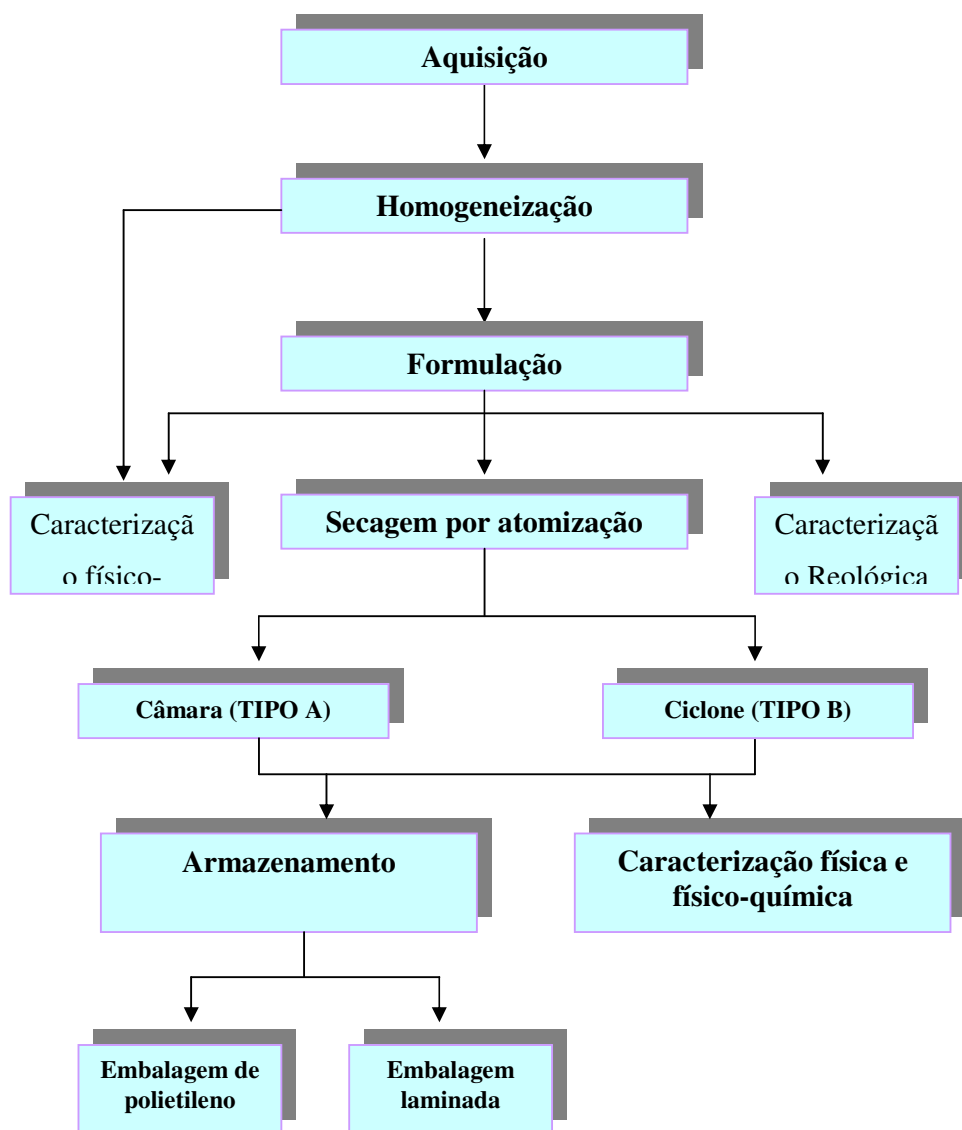


Figura 3.1 - Fluxograma do processamento realizado com a polpa de pitanga

3.3 – Análises físico-químicas e física

Fez-se, de início, a caracterização físico-química da polpa de pitanga integral; a seguir, elaborou-se uma polpa formulada, composta de polpa integral de pitanga com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada (p/p) também caracterizada físico-quimicamente; por fim, após a secagem (item 3.5) da polpa formulada, também foi analisada a pitanga em pó.

3.3.1 - Umidade e sólidos totais

Determinaram-se os sólidos totais e a umidade através do método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), expressos em percentagem (%).

3.3.2 - pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com peagômetro da marca Analyser modelo 300M, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0; os resultados são expressos em unidades de pH.

3.3.3 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram determinados pelo método refratométrico, colocando-se duas gotas da amostra entre os prismas do refratômetro; os resultados foram expressos em °Brix.

3.3.4 - Acidez total titulável

Determinou-se a acidez total titulável através do método acidimétrico da AOAC (1997), em que os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, cujas as amostras eram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1N.

3.3.5 - Cinzas

As cinzas foram determinadas utilizando-se a metodologia descrita pela AOAC (1997), e expressas em percentagem (%).

3.3.6 - Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado segundo o método da AOAC (1997), modificado por BENASSI & ANTUNES (1998); nesta metodologia é usado o ácido oxálico como solução extratora e se baseia na titulação da amostra com o 2,6 diclorofenolindofenol sódio

que apresenta a cor rosa em solução ácida e a cor azul em solução alcalina. Os resultados foram expressos em mg/ 100g de ácido ascórbico.

3.3.7 - Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram determinados utilizando-se a metodologia descrita pela AOAC (1997), na qual a reação se baseia na redução de solução alcalina de sulfato de cobre em presença de tartarato de sódio e potássio (solução de Fehling) em óxido cuproso, expressos em percentagem de glicose.

3.3.8 - Proteínas

As proteínas foram determinadas pelo método de Kjeldahl, através da determinação do nitrogênio total da amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.3.9 - Extrato alcoólico

O extrato alcoólico foi determinado segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), e os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.10 - Cor

A medida da cor das amostras foi determinada em colorímetro construído por MOTTA (2005), com as leituras convertidas para o sistema de cor CieLab (L^* , a^* e b^*). L^* é a luminosidade, a^* a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

3.4 - Comportamento reológico

Realizou-se o estudo do comportamento reológico da polpa de pitanga integral e formulada em reômetro Haake modelo RS600 (Figura 3.2), com a geometria de cone e placa (2° e 6 cm de diâmetro, Gap 0,105 mm). A temperatura de análise foi mantida através de um sistema “peltier” instalado na placa inferior. As amostras foram descongeladas e deixadas em repouso por, no mínimo, 1 hora, antes da realização dos experimentos.

Os ensaios de comportamento reológico em estado estacionário foram efetuados nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C. Uma fina camada de óleo foi posta em torno da amostra, nas temperaturas de 40 e 50 °C, para minimizar a evaporação da água durante a realização dos ensaios.

Nos ensaios estacionários a tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação (0,3 a 300 s⁻¹) foi obtida utilizando-se um programa de tensão controlada, na qual se impuseram três rampas (crescente, decrescente e crescente), com o intuito de verificar a existência da dependência com o tempo. Os ensaios foram feitos em triplicata, utilizando-se uma nova amostra a cada repetição.



Figura 3.2 - Reômetro Haake modelo RS600

3.4.1 - Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência (Equação 3.1), Herschel-Bulkley (Equação 3.2), Casson (Equação 3.3) e Mizrahi & Berk (Equação 3.4) foram ajustados às curvas experimentais da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação por regressão não linear pelo método quase-newton utilizando-se o programa computacional STATISTIC 7.0.

Ostwald–de-Waele

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (3.1)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

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

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Herschel-Bulkley

$$\tau = \tau_0 + K_H (\dot{\gamma})^n \quad (3.2)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

τ_0 - tensão de cisalhamento inicial (Pa)

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

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Casson

$$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C (\dot{\gamma})^{0,5} \quad (3.3)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

K_{OC} - tensão de cisalhamento inicial (Pa)^{0,5}

K_C - viscosidade plástica de Casson ($Pa \cdot s$)^{0,5}

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

Mizrahi & Berk

$$\tau^{0,5} = K_{OH} + K_M (\dot{\gamma})^n \quad (3.4)$$

em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

K_{OH} - raiz quadrada da tensão inicial (Pa)^{0,5}

K_M - Índice de consistência (Pa)^{0,5} (s)ⁿ

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

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, utilizaram-se, como critérios, o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.5.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\tau_{observado} - \tau_{predito}}{\tau_{observado}} \right| \quad (3.5)$$

em que:

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

$\tau_{predito}$ – tensão de cisalhamento teórico (Pa)

3.5 - Secagem

As polpas de pitanga foram descongeladas, homogeneizadas e preparada a formulação composta por polpa de pitanga com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada. A formulação foi desidratada em secador por aspersão (spray dryer), modelo LM MSD 1.0 da marca Labmaq do Brasil (Figura 3.3), utilizando-se um bico pneumático de 1,00mm, vazão do bombeamento da polpa de 0,5 l/h e temperaturas de entrada e saída igual a 140 °C e 80 °C, respectivamente.

Após a secagem da formulação dois tipos de amostra foram coletados no secador: o pó coletado na câmara de secagem, denominado pitanga em pó, do Tipo A, e o pó coletado no ciclone, denominado pitanga em pó do Tipo B.



Figura 3.3 – Secador por aspersão (spray dryer)

3.6 - Densidade e tempo de escoamento da pitanga em pó

Nas amostras de pitanga em pó, do Tipo A (pó coletado na câmara de secagem) e pitanga em pó do Tipo B (pó coletado no ciclone) determinaram-se a densidade e o tempo de escoamento.

3.6.1 - Densidade

A densidade foi determinada utilizando-se picnômetro de 25 ml a temperatura de 25 °C.

3.6.2 - Tempo de escoamento

Para determinação do tempo de escoamento foi utilizado um funil, inicialmente com sua abertura inferior fechada, acoplado a um sistema de vibração. Após a colocação da amostra de pitanga em pó retirava-se a vedação do funil e com um cronômetro media-se o tempo de escoamento. O funil utilizado tinha diâmetro maior e menor de 9,1 e 1,0 cm, respectivamente.

3.7 - Isotermas de adsorção

As isotermas de adsorção de umidade das amostras de pitanga em pó (Tipo A e B) foram determinadas pelo método gravimétrico estático utilizando soluções saturadas de sais (Tabela 3.1) nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

Em recipientes de vidro hermético, foram colocadas as soluções de sais, contendo três cadinhos com aproximadamente 1g da amostra em cada um, permanecendo nesses ambientes até atingirem o equilíbrio em câmara do tipo B.O.D. A seguir as amostras foram colocadas em estufa a 105 °C até peso constante para determinação da umidade de equilíbrio. A umidade de equilíbrio, em base seca, foi determinada pela relação entre a massa de água e a massa seca das amostras (Equação 3.6).

Tabela 3.1 - Atividade de água das soluções saturadas de sais

Sal	Temperatura			
	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
Acetato de potássio (CH ₃ COOK)	0,2338	0,2311	0,2161	0,2040
Cloreto de magnésio (MgCl ₂)	0,3347	0,3307	0,3244	0,3600
Carbonato de Potássio (K ₂ CO ₃)	0,4314	0,4316	0,4317	0,4320
Nitrato de magnésio (Mg(NO ₃) ₂)	0,5736	0,5380	0,5140	0,4842
Brometo de sódio (NaBr)	0,6215	0,6021	0,5603	0,5317
Cloreto de sódio (NaCl)	0,7567	0,7547	0,7509	0,7468
Sulfato de amônia ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0,8206	0,8134	0,8063	0,7991
Cloreto de potássio (KCl)	0,8677	0,8511	0,8362	0,8232

Fonte: GREENSPAN (1977).

$$U_e = \frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{seca}}} 100 \quad (3.6)$$

em que:

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

$m_{\text{água}}$ - massa de água adsorvida pela amostra (g)

m_{seca} - massa seca da amostra (g)

3.7.1 - Modelos matemáticos

Os modelos de GAB, Peleg, Halsey modificado, Smith, Day & Nelson e Sigma-Copace, Tabela 3.2, foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras de pitanga em pó.

Para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, utilizaram-se, como critérios, o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.7.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{U_{e \text{ observado}} - U_{e \text{ predito}}}{U_{e \text{ observado}}} \right| \quad (3.7)$$

em que:

$U_{e \text{ observado}}$ – umidade de equilíbrio experimental (% b.s.)

$U_{e \text{ predito}}$ - umidade de equilíbrio teórico (% b.s.)

Tabela 3.2 – Modelos matemáticos ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras da pitanga em pó

Modelo	Equação	Referência
GAB	$U_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$	LOMAURO et al. (1985)
Peleg	$U_e = K_1 (a_w)^{n_1} + K_2 (a_w)^{n_2}$	PELEG (1993)
Halsey modificado	$U_e = \left[\frac{-\exp(a + bT)}{\ln(a_w)} \right]^c$	LAHSASNI et al. (2004)
Smith	$U_e = a - b[\ln(1 - a_w)]$	CHIRIFE & IGLESIAS (1978)
Day & Nelson	$U_e = \exp[a + b(\ln(-\ln(1 - a_w)))]$	BOENTE et al. (1995)
Sigma-Copace	$U_e = \exp[a - (bT) + (c \exp(a_w))]$	CORRÊA et al. (2000)

em que:

U_e – umidade de equilíbrio

X_m – umidade na monocamada molecular

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

K_1, K_2, n_1, n_2, a, b e c - constantes do modelo

3.8 – Armazenamento

Os dois tipos de amostra coletados no secador, a pitanga em pó, do Tipo A (pó coletado na câmara de secagem) e a pitanga em pó, do Tipo B (pó coletado no ciclone), foram armazenados a temperatura ambiente durante 120 dias.

As amostras foram acondicionadas em embalagens laminadas e de polietileno, cada embalagem com 20g da amostra, termoseladas e armazenadas durante 120 dias a temperatura ambiente (Figura 3.4).

A embalagem laminada (Filme laminado PET + BOPP + PEBD) se compunha de: Pet cristal (12 μ) - 16,80 g/m²; Bopp metal (17 μ) - 15,40 g/m²; Pebd cristal (45 μ) - 41,40 g/m²; e adesivo (2 μ) - 4,00 g/m², um total de 77,6 g/m². A embalagem de polietileno de baixa densidade com espessura de 10 μ .



(a)

(b)

(c)

Figura 3.4 - Embalagens de polietileno (a e b) e laminada (c)

As amostras foram avaliadas durante o armazenamento a cada 20 dias, quanto as suas propriedades físico-químicas: umidade, acidez total titulável, ácido ascórbico, proteínas e extrato alcoólico, segundo as metodologias descritas no item 3.3 e a análise microbiológica conforme o item 3.9.

As propriedades proteínas e extrato alcoólico foram determinadas apenas no início, meio e fim do armazenamento, e a análise microbiológica foi realizada no início e no fim do armazenamento.

3.9 - Análise microbiológica

As análises microbiológicas das amostras de pitanga em pó (Tipo A e B) foram realizadas no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos pertencente à Universidade Federal de Paraíba – UFPB.

Foram determinadas as análises microbiológicas do pó, no início e no fim do armazenamento, quanto a: bactérias coliformes fecais; bactérias Mesófilas; bolores e leveduras; *Staphylococcus aureus*, com base nas metodologias descritas pela ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Food, 1997).

3.10 – Análise dos dados

Os dados experimentais obtidos na caracterização físico-química da polpa de pitanga integral e formulada, na determinação da densidade da pitanga em pó e na avaliação durante o armazenamento da pitanga em pó, foram analisados estatisticamente através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.2 (SILVA & AZEVEDO, 2002). A comparação entre médias desses dados se deu pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dados do armazenamento das amostras de pitanga em pó (Tipo A e B) o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 7 tratamentos (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias de armazenamento) e 6 repetições.

Na construção das figuras e para o ajuste dos modelos aos dados experimentais das propriedades reológicas e das isotermas de adsorção de umidade das diferentes amostras, utilizou-se o programa STATISTICA 7.0.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização físico-química da polpa de pitanga integral e formulada

Na Tabela 4.1, estão apresentados os valores da caracterização físico-química das polpas de pitanga integral e com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada, denominada de formulada.

Observa-se que os coeficientes de variação de todos os parâmetros avaliados foram inferiores a 4%; portanto, considerados baixos (< 5%), segundo classificação de SANTOS et al. (2003), significando que as análises realizadas apresentaram ótima precisão experimental.

Tabela 4.1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da polpa de pitanga integral e formulada (15% de maltodextrina + 30% de água destilada)

Parâmetro	Polpa integral	Polpa formulada	Média geral	DMS	C.V . (%)
Sólidos totais (%)	6,93 ± 0,17 b	14,60 ± 0,04 a	10,76	0,16	1,16
Umidade (%)	93,07 ± 0,17 a	85,40 ± 0,04 b	89,24	0,16	0,14
Sólidos solúveis totais (°Brix)	7,00 ± 0,01 b	15,33 ± 0,10 a	11,17	0,09	0,65
pH	3,052 ± 0,008 a	3,042 ± 0,008 b	3,047	0,0096	0,25
Acidez total titulavel (%ac. cítrico)	2,23 ± 0,06 a	1,52 ± 0,01 b	1,88	0,05	2,12
Ácido ascórbico (mg/ 100g)	13,42 ± 0,29 a	10,75 ± 0,40 b	12,09	0,45	2,90
Cinzas (%)	0,22 ± 0,01 a	0,16 ± 0,004 b	0,19	0,01	3,10
Açúcares redutores (% glicose)	3,82 ± 0,03 a	3,39 ± 0,01 b	3,61	0,04	0,81
Proteínas (%)	0,56 ± 0,01 a	0,12 ± 0,01 b	0,34	0,01	2,44
Extrato alcoólico (%)	6,32 ± 0,21 a	5,73 ± 0,26 b	6,01	0,03	3,90
Luminosidade (L*)	28,69 ± 0,12 a	26,38 ± 0,28 b	27,54	0,28	0,79
Intensidade de vermelho (+a*)	25,81 ± 0,19 a	21,46 ± 0,32 b	23,63	0,34	1,12
Intensidade de amarelo (+b*)	23,00 ± 0,41 a	19,52 ± 0,55 b	21,26	0,62	2,27

DMS: Desvio mínimo significativo; C.V.: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

O valor médio dos sólidos totais para a polpa de pitanga integral e formulada diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, enquanto os valores obtidos para polpa integral e polpa formulada foram 43,6% inferiores e 18,8% superiores, respectivamente, em relação ao valor encontrado por LOPES et al. (2005) no estudo da polpa de pitanga ($12,29 \pm 0,14\%$) oriunda da cidade de Valinhos, SP. A polpa formulada apresentou teor de sólidos totais 110,7% maior que o da polpa integral.

Observando-se o valor da umidade, verifica-se que as amostras estudadas apresentaram diferença significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A umidade da polpa de pitanga integral foi próxima ao valor determinado por SALGADO et al. (1999), ou seja, 90,47%.

Os sólidos solúveis totais para a polpa de pitanga integral e formulada são estatisticamente diferentes a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. O valor médio dos sólidos solúveis totais para a polpa de pitanga integral encontra-se dentro da faixa determinada por LEDERMAN et al. (1992) para os frutos, que foi entre 6,1 e 9,5°Brix, e inferior aos valores determinados por GOUVEIA et al. (2004) para a pitanga roxa (9,85 a 11,88 °Brix) e vermelha (9,93 a 11,91 °Brix). Os valores médios dos sólidos solúveis totais para a polpa de pitanga formulada apresentaram um aumento percentual em relação à polpa integral, de 119%.

Os valores médios do pH da polpa de pitanga integral e formulada são estatisticamente diferentes a nível de 5% de probabilidade. Os valores do pH das polpas estão abaixo de 3,7 unidades de pH, sendo classificadas como alimentos muito ácidos de acordo com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998); esses valores foram semelhantes aos obtidos por LIMA et al. (1995) avaliando frutos de pitanga (3,3).

A acidez total titulável das polpas de pitanga integral e formulada é estatisticamente diferente; constata-se haver um decréscimo de aproximadamente 32% da acidez total titulável da polpa formulada com a adição da maltodextrina e da água destilada em relação à polpa integral; comportamento semelhante também foi observado por SILVA (2005) ao adicionar 15% de maltodextrina à polpa de cajá. Este comportamento era esperado em razão da maltodextrina e da água destilada reduzirem, na polpa formulada, a concentração dos ácidos orgânicos presentes da polpa integral. Analisando o valor encontrado para polpa integral, vê-se que esta amostra apresentou valor superior ao determinado por SALGADO et al. (1999) para polpa de pitanga, que foi de 1,69 % ácido cítrico.

Os valores médios do ácido ascórbico da polpa de pitanga integral e formulada são estatisticamente diferentes e, como ocorrido com a acidez, o teor de ácido ascórbico na

polpa formulada foi inferior ao da polpa integral. Os valores do ácido ascórbico das amostras foram inferiores aos determinados por MÉLO et al. (2000) para pitangas maduras (42,9 mg/100g); esta diferença pode ser ocasionada por diversos fatores, tais como grau de maturação, clima e solo, entre outros (HARRIS, 1977) e próximos aos valores encontrados por CAVALCANTE (1991) em estudo com pitanga (16 mg/100g). ALDRIGUE (2003) relatou ainda que as variações do conteúdo de vitamina C entre os mesmos tipos de alimento ocorrem entre as diferentes espécies, a origem do alimento, condições edafoclimáticas, manuseio na colheita, transporte e armazenamento.

As cinzas da polpa de pitanga integral e formulada diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. O acréscimo de maltodextrina e água destilada provocaram redução no teor de minerais na polpa formulada de 27,3%. As cinzas na polpa integral são inferiores ao valor citado por GOMES (1975) para pitanga, de 0,34%.

No parâmetro açúcar redutor verifica-se que existe diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre as amostras. Na polpa integral o valor dos açúcares redutores foi inferior ao determinado por SALGADO et al. (1999), ou seja, de 4,88% de glicose para a polpa de pitanga. Na polpa formulada ocorreu redução no percentual dos açúcares redutores, justificada em razão da incorporação da maltodextrina e da água destilada contribuírem para a diluição dos açúcares redutores.

Pode-se observar que existe diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre os valores das proteínas das amostras, além da ocorrência de um decréscimo de 78,6% nas proteínas da polpa de pitanga formulada, em relação à polpa integral. O valor médio das proteínas da polpa integral está abaixo do valor citado por GOMES (1975) para pitanga, que foi de 1,01%.

Os teores do extrato alcoólico da polpa de pitanga integral e formulada diferiram estatisticamente a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey; da mesma forma que os outros parâmetros avaliados na polpa formulada este teor também foi inferior ao da polpa integral. Os parâmetros da cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) das amostras em estudo diferiram estatisticamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Observando-se os valores da luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$) das amostras verifica-se que os maiores valores foram da amostra integral e que houve predominância da intensidade de vermelho sobre a intensidade de amarelo.

4.2 – Comportamento reológico das polpas de pitanga integral e formulada

Neste item, estudou-se o comportamento reológico das polpas de pitanga integral e formulada (15% de maltodextrina e 30% de água destilada), avaliadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, com os resultados experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de deformação ajustados utilizando-se os modelos reológicos de Ostwald-de-Waele (Lei da potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson.

Na Tabela 4.2 são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson, ajustados aos dados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação da polpa de pitanga integral nas diferentes temperaturas. Dos valores apresentados nota-se que todos os modelos aplicados indicaram coeficientes de determinação próximos de 1,0 e que os erros percentuais médios foram inferiores a 10%, à exceção do modelo de Casson, que não resultou em um bom ajuste em comparação com os outros modelos, visto que os coeficientes de determinação foram inferiores a 0,88 e o erro percentual médio foi superior a 10%. Dentre os modelos testados para descrever o comportamento reológico da polpa de pitanga integral, o modelo de Herschel-Bulkley foi o que resultou nos melhores parâmetros de controle de ajuste, com os maiores valores de coeficiente de determinação, superiores a 0,99, e menores valores de desvio percentual médio inferiores a 4,74%. SUGAI et al. (2002) estudando o comportamento reológico do purê de manga Haden obtiveram bom ajuste dos dados experimentais com o modelo de Herschel-Bulkley e QUEIROZ et al. (2004) estudando o comportamento reológico do suco de cupuaçu também obtiveram os melhores ajustes aos dados experimentais com este modelo.

Nota-se que, no modelo de Ostwald-de-Waele, o índice de consistência (**K**), apresentou acréscimo com o aumento da temperatura, cujo percentual de aumento igual a 125%; BRANCO & GASPARETTO (2003) estudando o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura nas temperaturas de 10 e 60°C, verificaram que o parâmetro de K do modelo de Ostwald-de-Waele aumentou com a elevação da temperatura porém VIDAL et al. (2004) encontraram comportamento oposto para a polpa de manga centrifugada nas temperaturas de 10 a 60 °C, onde ocorreu diminuição do índice de consistência com o aumento da temperatura.

Os índices de consistência, **K** e **K_M**, determinados a partir dos modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, respectivamente, também mostraram tendência de acréscimo com a elevação da temperatura, com aumentos percentuais máximos em torno

de 160% para ambos. Comportamento semelhante para o parâmetro K foi encontrado por MUNIZ (2004) ao ajustar o modelo de Herschel-Bulkley aos dados experimentais da polpa de bacuri (17,5 °Brix) para a faixa de temperatura entre 30 e 50 °C cujo percentual de acréscimo foi de 56,44%. FERREIRA et al. (2002b) estudando o comportamento reológico da polpa de goiaba integral notaram que o índice de consistência obtido pelo ajuste do modelo de Mizrahi-Berk aos dados experimentais na faixa de temperatura entre 30 e 50 °C, apresentou percentual de acréscimo de 41,10% com o aumento da temperatura estando, portanto, em conformidade com o obtido nesse estudo. No trabalho de SATO & CUNHA (2004) o índice de consistência dos ajustes realizados com o modelo de Herschel-Bulkley aos dados experimentais da polpa de jabuticaba apresentou um comportamento contrário, diminuindo com o aumento da temperatura; este comportamento foi também encontrado por VIDAL et al. (2000) no estudo da reologia de manga, ao ajustarem o modelo de Mizrahi-Berk aos dados experimentais, na faixa de temperatura de 10 a 60 °C.

Os valores dos índices de comportamento do fluido (n) ajustados pelos modelos de Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk ficaram abaixo do valor da unidade, caracterizando-se como fluido não-newtoniano e, quanto mais distante o n estiver do valor unitário, mais distante o fluido também, estará do comportamento newtoniano. Fluidos classificados como não-newtonianos, apresentando valores de n abaixo de um, foram observados por AZOUBEL et al. (2005) para o suco de caju, por CABRAL et al. (2002) ao avaliarem o comportamento reológico da polpa de cupuaçu, por EVANGELISTA et al. (2003) para polpas de umbu, e por TORRES et al. (2004) para polpa de umbu-cajá.

Nos modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, para a polpa de pitanga integral a tensão de cisalhamento inicial e o parâmetro K_{0M} (raiz quadrada da tensão inicial), respectivamente, apresentam tendência de diminuição com o aumento da temperatura; comportamento semelhante foi constatado por SATO & CUNHA (2004) estudando polpa de jabuticaba.

No modelo de Casson, o parâmetro $K_{0C}^2 = \tau_0$, então elevando-se ao quadrado o parâmetro K_{0C} , observa-se que os valores da tensão inicial (τ_0) diminuíram com o aumento da temperatura, da mesma forma como os valores da viscosidade plástica de Casson (K_C) também demonstraram tendência de diminuição com o aumento da temperatura; GRANGEIRO (2004) encontrou tendência semelhante do parâmetro K_C , estudando o comportamento reológico da polpa de figo-da-índia com 19 °Brix na faixa de temperatura de 30 a 60 °C; este comportamento, no entanto, não foi observado por

CABRAL (2001) no estudo reológico da polpa de cupuaçu integral, visto que a viscosidade plástica de Casson apresentou neste material, tendência de aumento com o acréscimo da temperatura.

Tabela 4.2 – Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais da tensão de cisalhamento, em função da taxa de deformação da polpa de pitanga integral

Modelo	Parâmetro	Temperatura				
		10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
Ostwald-de-Waele	K	0,1457	0,2673	0,2733	0,2865	0,3273
	n	0,7023	0,5690	0,5426	0,5199	0,4788
	R²	0,9966	0,9962	0,9945	0,9947	0,9940
	P (%)	7,02	5,33	5,75	5,30	4,91
Herschel-Bulkley	K	0,0805	0,1771	0,1694	0,1783	0,2095
	n	0,7974	0,6329	0,6165	0,5927	0,5464
	τ_0	0,4848	0,3685	0,3882	0,3703	0,3416
	R²	0,9994	0,9980	0,9970	0,9973	0,9965
Mizrahi-Berk	P (%)	2,76	4,58	4,74	4,05	3,99
	K_{0M}	0,2424	0,1842	0,1941	0,1852	0,1708
	K_M	0,0402	0,0886	0,0847	0,0891	0,1047
	n	0,7974	0,6329	0,6165	0,5928	0,5464
Casson	R²	0,9994	0,9980	0,9970	0,9973	0,9965
	P (%)	2,76	4,58	4,74	9,26	3,99
	K_{0C}	-1,2735	-1,0699	-0,8426	-0,7252	-0,6094
	K_C	2,3666	1,9863	1,5790	1,3711	1,1686
Casson	R²	0,7456	0,8271	0,8415	0,8556	0,8818
	P (%)	31,72	21,39	19,42	17,88	15,12

Nota-se, na Tabela 4.3 os parâmetros dos modelos de Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson, ajustados aos dados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação da polpa de pitanga formulada nas diferentes temperaturas. Os modelos de Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk representam satisfatoriamente o comportamento reológico das amostras, sendo o modelo de Mizrahi-Berk o que melhor se ajustou, com valores de coeficiente de determinação acima de 0,99 e desvios percentuais médios inferiores a 3%. O modelo de Herschel-Bulkley também resultou em altos valores de coeficiente de determinação, acima de 0,99, e baixos valores de desvios percentuais médios, menores que 5%.

Nos modelos da Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, os índices de consistência (**K**) apresentaram tendência de decréscimo com o aumento da temperatura, comportamento semelhante ao verificado na polpa integral, com percentuais de diminuição superiores a 71%, para os dois modelos. Comportamento idêntico foi observado por BEZERRA et al. (2001) para polpa de manga e por HAMINIUK (2005) para a polpa de amora-preta, ao avaliar o modelo de Herschel-Bulkley.

O índice de comportamento do fluido (**n**) dos modelos Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, para a polpa de pitanga formulada, resultou em valores inferiores à unidade apresentando um comportamento de fluido não-newtoniano e pseudoplástico; este mesmo comportamento foi verificado para a polpa integral. SILVA et al. (2005) também reportaram este tipo de comportamento ao estudar a reologia do suco de acerola enquanto PEREIRA et al. (2003) ao avaliarem a polpa de açaí com diferentes concentrações de sólidos totais. O índice de comportamento do fluido no ajuste pelos modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk apresentaram uma tendência de acréscimo com o aumento da temperatura, estando de acordo com o VIDAL et al. (2000) ao avaliar o ajuste do modelo de Mizrahi-Berk aos dados experimentais da polpa de manga integral para a faixa de temperatura entre 10 e 60 °C. HAMINIUK (2005) estudando o comportamento reológico de polpa de araçá integral encontrou que para o modelo de Ostwald-de-Waele o índice de comportamento do fluido não indicou tendência de acréscimo nem decréscimo com o aumento da temperatura para a faixa avaliada entre 10 e 60 °C.

O parâmetro viscosidade plástica de Casson (**K_C**) mostrou uma tendência de decréscimo com o aumento da temperatura, com percentual de diminuição de 84%. Neste modelo, o ajuste não foi bom em relação aos demais modelos estudados visto que o coeficiente de determinação foi inferior a 0,87 e o desvio percentual médio foi superior a 10%.

Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa de pitanga formulada

Modelo	Parâmetro	Temperatura				
		10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
Ostwald-de-Waele	K	0,8755	0,6626	0,6009	0,4270	0,3914
	n	0,5118	0,5226	0,5051	0,5085	0,4901
	R²	0,9991	0,9981	0,9971	0,9954	0,9928
	P (%)	2,88	4,12	4,41	5,17	5,64
Herschel-Bulkley	K	0,7138	0,4729	0,3965	0,2553	0,2034
	n	0,5427	0,5741	0,5684	0,5872	0,5901
	τ₀	0,5087	0,6414	0,6576	0,5704	0,5988
	R²	0,9997	0,9995	0,9993	0,9987	0,9980
Mizrahi-Berk	P (%)	2,76	4,58	4,74	4,05	3,99
	K_{0M}	0,2543	0,3207	0,3288	0,2852	0,2994
	K_M	0,3569	0,2364	0,1982	0,1276	0,1017
	n	0,5427	0,5741	0,5684	0,5872	0,5901
Casson	R²	0,9997	0,9995	0,9993	0,9987	0,9980
	P (%)	1,43	1,74	1,77	2,48	2,64
	K_{0C}	-6,3053	-3,9955	-2,6943	-1,3988	-0,9375
	K_C	11,7693	7,5366	5,1681	2,7028	1,8736
Casson	R²	0,8661	0,8561	0,8653	0,8610	0,8687
	P (%)	18,06	18,73	17,40	17,43	16,09

Nas Figuras 4.1 a 4.8, tem-se as curvas de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação das polpas de pitanga integral e formulada avaliadas às temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, quando os pontos representam os dados experimentais com as respectivas curvas de ajuste obtidas com a utilização dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson.

Para as polpas de pitanga integral e formulada nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, observar-se que, em geral, para uma mesma taxa de deformação houve diminuições da viscosidade com o aumento da temperatura, comportamento também relatado por IBARZ et al. (1989), uma vez que a viscosidade é a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação.

Na Figura 4.1, na qual os dados experimentais da polpa integral foram ajustados pelo modelo de Ostwald-De-Waele, observa-se que nas taxas de deformações entre 0 e 100 s⁻¹ ocorre um cruzamento das curvas nas diferentes temperaturas, estando a curva referente a 20 °C acima da curva de 10 °C. Este comportamento é observado nas curvas obtidas para

as amostras de polpa de pitanga integral ajustadas com todos os demais modelos (Figuras 4.2, 4.3 e 4.4), exceto nos ajustes realizados com o modelo de Casson (Figura 4.4).

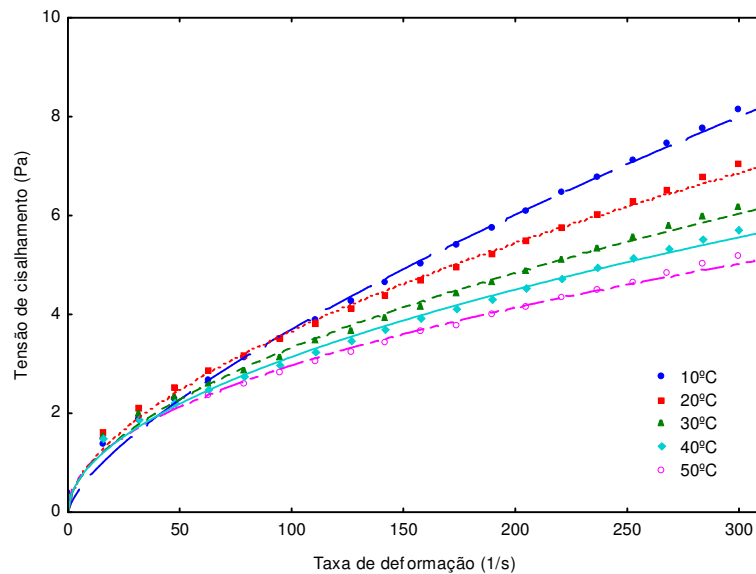


Figura 4.1 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele

Na Figura 4.2 estão representadas as curvas ajustadas pelo modelo de Herschel-Bulkley aos dados experimentais da polpa de pitanga integral; observa-se que, para uma dada taxa de deformação a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura, comportamento igualmente observado por TORRES (2004) estudando polpas de umbu- cajá, quando verificou que o modelo de Herschel-Bulkley se ajustou, com melhor precisão, aos dados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação. SILVA et al. (2005) também encontraram comportamento semelhante no estudo reológico do suco de acerola com 13°Brix.

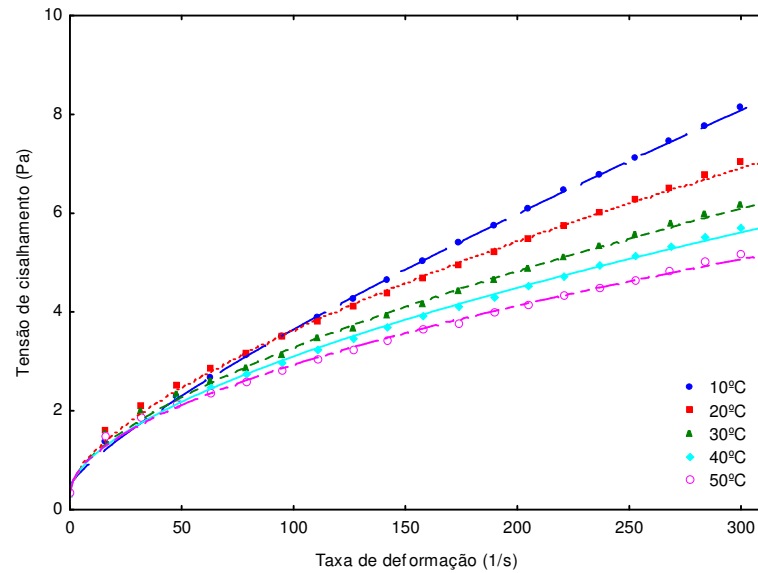


Figura 4.2 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, com ajuste pelo modelo Herschel-Bulkley

Representa-se, na Figura 4.3, as curvas referentes aos dados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação, ajustadas com o modelo de Mizrahi-Berk para a polpa de pitanga integral, modelo este também utilizado de forma satisfatória por BEZERRA et al. (2001) obtendo coeficientes de determinação superiores a 0,99 para descrever o comportamento reológico da polpa de manga nas temperaturas de 10 a 60 °C.

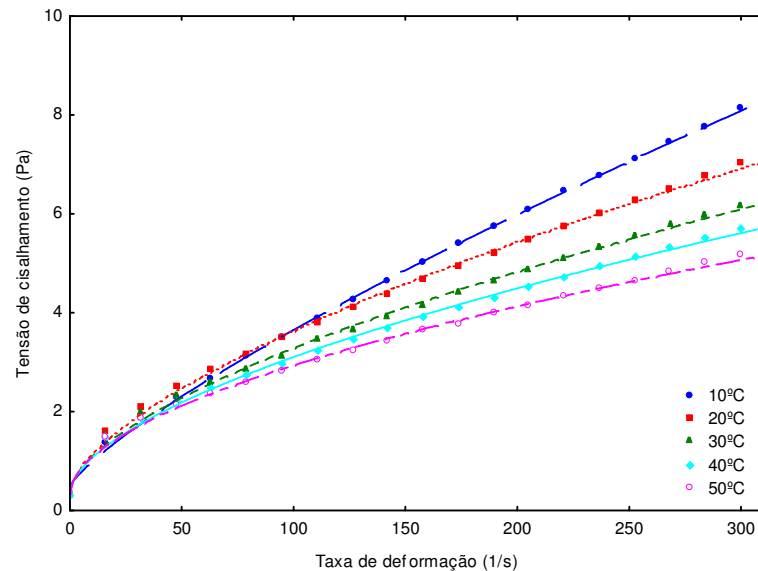


Figura 4.3 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, ajustadas pelo modelo de Mizrahi-Berk

Observando-se, na Figura 4.4, as curvas de ajuste que o modelo de Casson não resultou em um bom ajuste aos dados experimentais, estando os pontos dispersos em relação às curvas determinadas a partir do modelo.

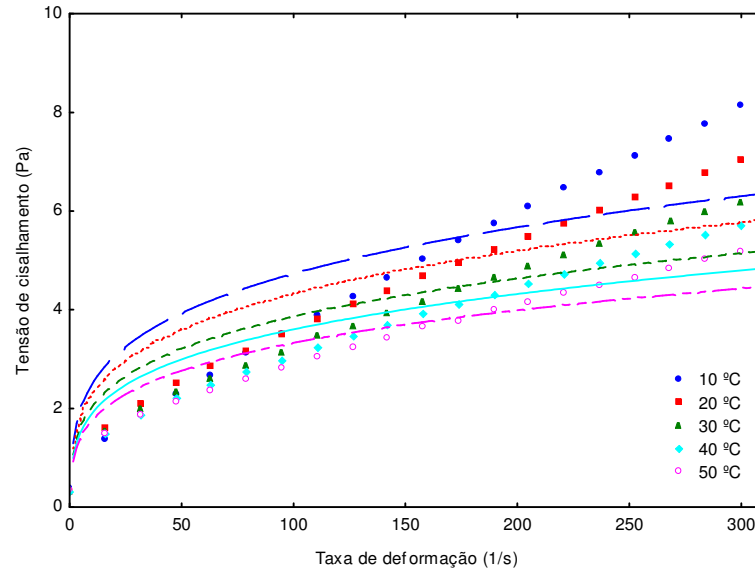


Figura 4.4 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral, ajustadas ao modelo de Casson

Observando-se as Figuras 4.5 a 4.8, verifica-se que as curvas das polpas de pitanga formuladas não apresentam cruzamentos em taxas de deformação abaixo de 100 s^{-1} , como verificado nas curvas para a polpa integral, demonstrando a influência da maltodextrina na viscosidade das amostras, em taxas de deformação inferiores.

Na Figura 4.5 tem-se os dados experimentais da polpa de pitanga formulada ajustados pelo modelo de Ostwald-de-Waele. Verifica-se que para uma mesma taxa de deformação, a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura. OLIVEIRA & MENEGALLI (1998) concluíram que o comportamento reológico do suco de acerola pode ser descrito pelo modelo de Ostwald-de-Waele.

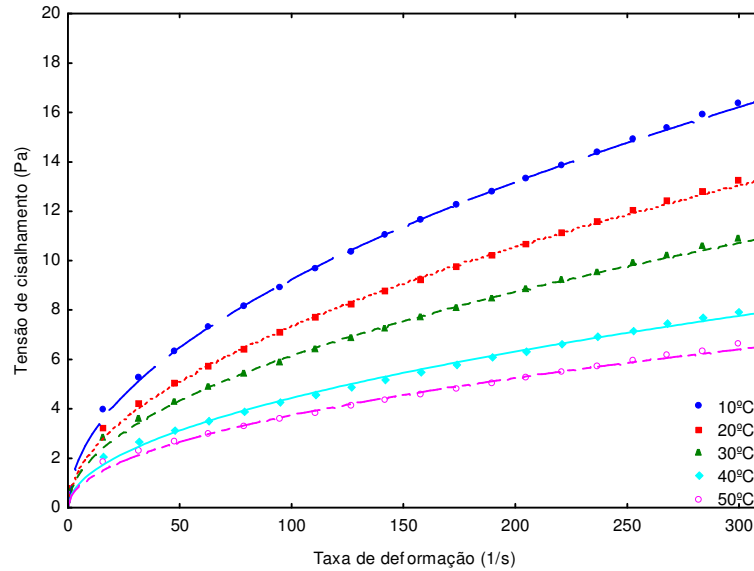


Figura 4.5 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele

Tem-se, na Figura 4.6, as curvas da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação dos dados experimentais da polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley, observando-se também que, para determinada taxa de deformação, a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura, comportamento semelhante encontrado por FERREIRA et al. (2002a) ao ajustarem o modelo de Herschel-Bulkley aos dados experimentais da polpa de açai.

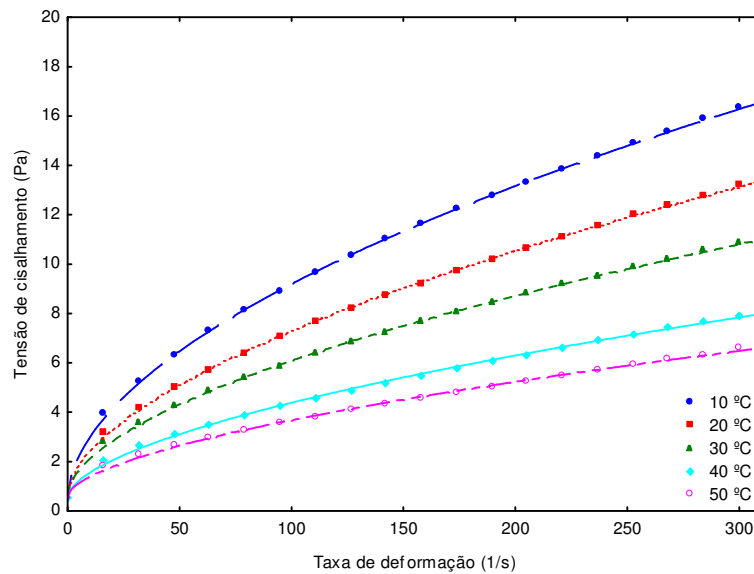


Figura 4.6 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley

Na Figura 4.7 tem-se os dados experimentais da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa de pitanga formulada com as curvas ajustadas pelo modelo de Mizrahi-Berk. Verifica-se que a tensão de cisalhamento decresce com o aumento da temperatura para dada taxa de deformação. Este modelo também foi utilizado para descrever o comportamento reológico de outros alimentos, tais como polpas de caju e goiaba (FERREIRA et al., 2002b) e polpa de manga, nas temperaturas de 10 a 40 °C (BEZERRA et al., 2001).

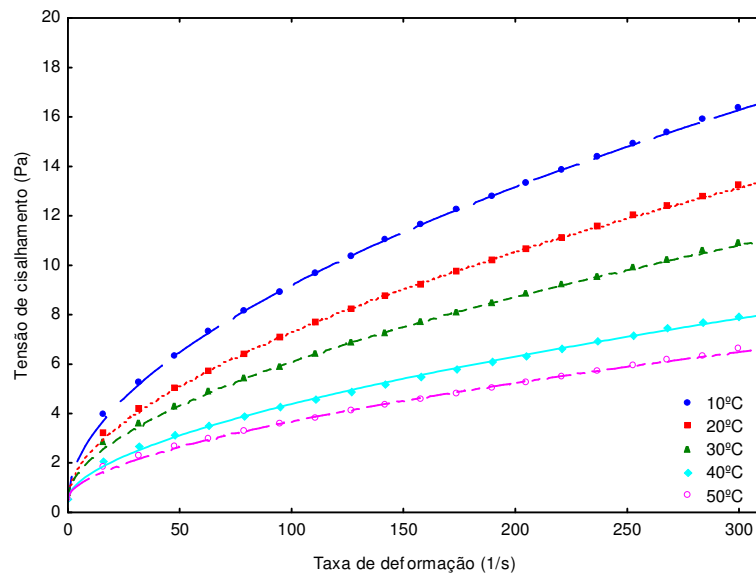


Figura 4.7 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

Na Figura 4.8, para a polpa de pitanga formulada, o modelo de Casson também não apresentou bom ajuste. Comportamento contrário foi verificado por CABRAL (2001) estudando o comportamento reológico da polpa de cupuaçu.

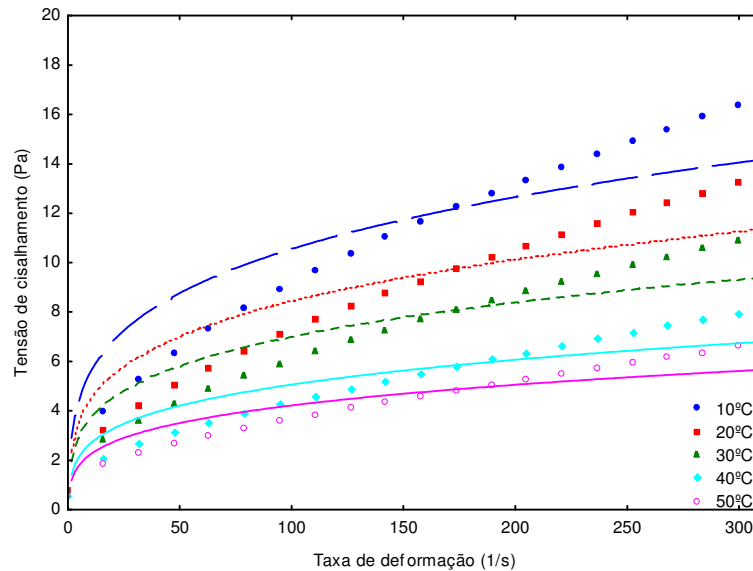


Figura 4.8 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga formulada com ajuste pelo modelo de Casson

Na Figura 4.9, são apresentadas as curvas de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação para as polpas de pitanga integral e formulada, ajustadas pelo modelo Herschel-Bulkley. Verifica-se que para uma mesma taxa de deformação a tensão de cisalhamento sofre decréscimo com o aumento da temperatura para as amostras estudadas.

Constata-se com maior clareza nas taxas de deformação mais altas, que para uma taxa de deformação fixa a polpa formulada nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C apresenta viscosidades aparentes maior que na polpa integral, em todas as temperaturas avaliadas. Às viscosidades da polpa formulada a 50 °C, nesta mesma faixa de taxa de deformação, só é inferior a da polpa integral, nas temperaturas de 10 e 20 °C. As viscosidades da polpa formulada a 40 °C, em taxas de deformação acima de aproximadamente 225 s⁻¹, se tornam muito próximas da viscosidade da polpa integral a 10 °C. Segundo RÉ & HIGA (1995) existe um aumento exponencial da viscosidade das soluções aquosas de maltodextrina (DE=10), com o acréscimo da concentração de maltodextrina de 5 para 52%, demonstrando a influência do aumento da concentração de maltodextrina na viscosidade aparente.

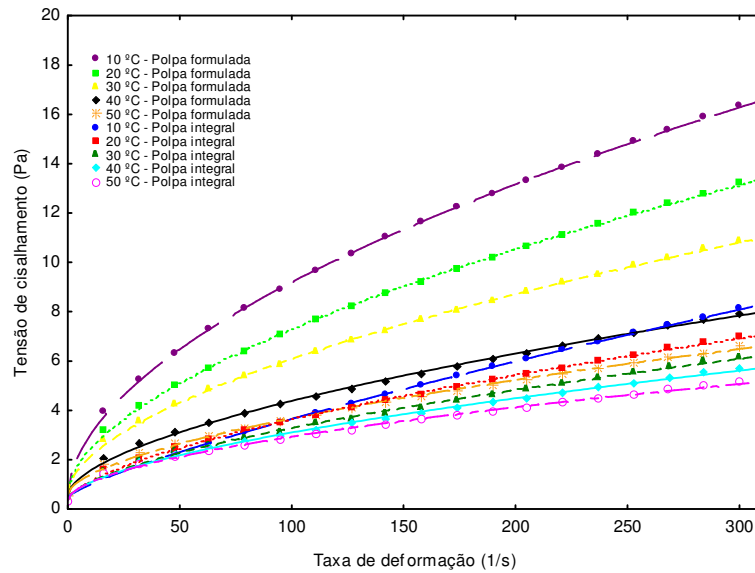


Figura 4.9 - Curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de pitanga integral e formulada, ajustadas pelo modelo de Herschel-Bulkley

A Figura 4.10 mostra as curvas de viscosidade aparente em função da temperatura para uma taxa de deformação média de $142,03 \text{ s}^{-1}$, das polpas de pitanga integral e formulada com ajuste por equação de regressão linear. Pode-se observar que os valores da viscosidade aparente decrescem com o aumento da temperatura nas amostras estudadas. VITALI & RAO (1982), estudando o comportamento reológico de purês de goiaba na faixa de temperatura entre 25 a 60 °C, encontraram comportamento semelhante. O modelo linear resultou em um bom ajuste aos dados experimentais, apresentando coeficientes de determinação superiores a 0,98, tanto para a polpa integral como para a polpa formulada. Verifica-se, ainda, que as amostras com adição de maltodextrina apresentam valores de viscosidade aparente maiores que os da polpa integral, mas na temperatura de 50 °C esta superioridade é reduzida, ficando os valores muito próximos.

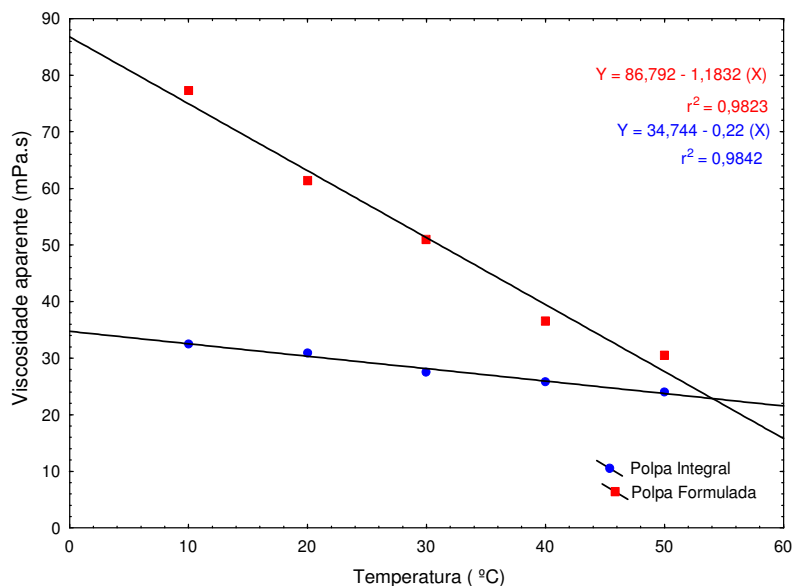


Figura 4.10 - Curvas da viscosidade aparente em função da temperatura para as polpas de pitanga integral e formulada, avaliadas pelo modelo linear

4.3 - Caracterização da pitanga em pó

Na Tabela 4.4 estão expostos os valores médios da caracterização física da pitanga em pó. Consta-se que os valores médios da densidade das duas amostras de pitanga em pó, diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Para densidade do pó Tipo A, nota-se que esses valores são superiores aos obtidos por FRANCISONI et al. (2002) ao estudarem as propriedades físicas do suco de maracujá com adição de maltodextrina desidratado em secador por aspersão, que variou de 0,38 a 0,57 g/cm³, e por DOMINGUES et al. (2002) para o suco de abacaxi com adição de maltodextrina também desidratado em secador por aspersão que variou de 0,55 a 0,62 g/cm³. Para o pó Tipo B seus valores estão semelhantes aos encontrados por GOMES (2002) ao determinar a densidade da acerola em pó desidratada em leite jorro (1,313 g/cm³).

Com relação ao tempo de escoamento, vê-se que a pitanga em pó do Tipo B apresentou um tempo muito superior ao da amostra do Tipo A. Esta dificuldade de escoamento se deve ao fato de que a amostra do Tipo B apresentou higroscopicidade maior que a amostra do Tipo A, ocasionando também maior aderência das partículas desse material nas paredes do funil, diminuindo a fluidez. GOMES et al. (2002) observaram comportamento semelhante na determinação do tempo de escoamento do pó de acerola,

cujo material absorveu rapidamente a umidade no momento dos ensaios, apresentando aderência entre as partículas e entre as partículas e a parede do funil, aumentando o tempo de escoamento, com conseqüente diminuição da fluidez.

Tabela 4.4 – Caracterização física da pitanga em pó do Tipo A e B

Parâmetro	Pó Tipo A	Pó Tipo B	DMS	MG	CV (%)
Densidade (g/cm ³)	1,1923 b	1,3806 a	0,0277	1,2864	1,47
Tempo de escoamento (s)	61,26	239,82	-	-	-

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.5, estão apresentados os valores médios da caracterização físico-química da pitanga em pó do Tipo A (pó coletado na câmara de secagem) e B (pó coletado no ciclone); verifica-se que não existe diferença estatisticamente significativa entre as amostras do Tipo A e B com relação aos valores médios dos parâmetros ácido ascórbico, acidez e proteínas; já para os parâmetros umidade, açúcares redutores e extrato alcoólico, constata-se diferença significativa entre as amostras do Tipo A e B, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O valor médio da umidade da pitanga em pó do Tipo A foi de 8,12%, sendo semelhante ao encontrado por NOGUEIRA (1991) para o pó de acerola liofilizada (8%). A umidade inicial da pitanga em pó do Tipo B foi de 7,64%, sendo superior ao obtido por SILVA (2005) no estudo do cajá em pó (2,34%), obtido também em secador por aspersão com adição de 15% de maltodextrina. Observa-se que a média geral da umidade das amostras foi igual a 7,88% valor este muito inferior ao valor de 15,79% encontrado por LIMA et al. (1995) para acerola em pó desidratada em leite de jorro, com adição de 10% de maltodextrina e temperatura do ar de secagem de 70 °C. Tem-se, ainda, que, em média, a umidade da pitanga em pó foi reduzida em cerca de 90,8% em relação ao valor da umidade da polpa formulada (Tabela 4.1).

A média geral do ácido ascórbico da pitanga em pó foi de 36,14 mg/100g; este valor, 82% foi, superior ao determinado por MEDEIROS (2004) para o umbu em pó (6,5 mg/100g), desidratado em secador por aspersão com adição de 15% de maltodextrina. Comparando-se o teor de ácido ascórbico da polpa formulada (Tabela 4.1) com a média geral da pitanga em pó, constata-se que o processo de secagem concentrou o ácido ascórbico no pó apresentando um valor 236,2% superior.

O processo de secagem no secador por aspersão reduziu a acidez total titulável da pitanga em pó (0,737% ácido cítrico) em relação ao valor da acidez da polpa formulada (1,52% ácido cítrico - Tabela 4.1); este comportamento era esperado em razão da temperatura ser responsável pelo aumento do pH da amostra e, conseqüentemente, diminuição da acidez. DI PAULA et al. (2004) estudando tomates secos obtiveram teor de acidez total titulável de 2,63% de ácido cítrico, valor este muito superior a média geral para a pitanga em pó.

Observa-se que os açúcares redutores da pitanga em pó do Tipo A foram inferiores aos do Tipo B, diferença esta relacionada com a umidade, uma vez que na amostra do Tipo A a umidade foi maior, resultando em um valor menor para os açúcares redutores. A média geral dos açúcares redutores foi 12,94% de glicose, inferior ao da pitanga em pó desidratada pelo método de secagem em camada de espuma, determinado por ALEXANDRE (2005) o qual obteve um valor de 24,79% de glicose; esta diferença é devido ao fato da concentração e do tipo de aditivos utilizados nas formulações serem diferentes, bem como o tipo de secagem e as temperaturas empregadas.

Vê-se que a média geral das proteínas da pitanga em pó foi de 2,18%; este valor é muito superior ao da polpa formulada, o que se previa, visto que, de acordo com FIOREZE & MADRUGA (2003) com a retirada de água provocada pelo processo de secagem ocorre concentração de nutrientes na massa restante, ou seja, proteínas, lipídios, carboidratos, etc.; encontram-se em maior quantidade por unidade de peso nos produtos secos que nos produtos similares frescos. O teor de proteínas da pitanga em pó apresentou valor inferior ao encontrado por SOARES et al. (2001) para a acerola em pó (9,05%) desidratada pelo processo de secagem, em camada de espuma.

Quanto ao extrato alcoólico, observa-se que os valores para as amostras Tipo A e B são inferiores ao valor determinado por PEREIRA (2005) para o tomate em pó, que foi de 37,17%; constata-se, ainda, diferença significativa entre os valores médios do pó do Tipo A e B, com superioridade para o Tipo B; este comportamento ocorre em razão do pó no ciclone ficar exposto a temperaturas inferiores às do pó na câmara de secagem. Comparando-se o teor do extrato alcoólico da polpa formulada com o pó do Tipo B, verifica-se uma concentração deste parâmetro; entretanto, com relação ao pó do Tipo A, tem-se um valor menor, provocado pela exposição a temperaturas mais altas.

Tabela 4.5 – Caracterização físico-química da pitanga em pó, do Tipo A e B

Parâmetro	Pó de pitanga		Media geral	DMS	CV (%)
	Tipo A	Tipo B			
Umidade (% b.u.)	8,12 a	7,64 b	7,88	0,37	3,68
Acido ascórbico (mg/100g)	36,09 a	36,19 a	36,14	0,74	1,59
Acidez total titulável (% ác. cítrico)	0,73 a	0,74 a	0,737	0,014	0,82
Açúcares redutores (% glicose)	11,48 b	14,40 a	12,94	0,06	0,34
Proteínas (%)	2,17 a	2,18 a	2,18	0,02	0,80
Extrato alcoólico (%)	4,48 b	8,71 a	6,60	0,20	2,38

DMS - Desvio mínimo significativo; CV - Coeficiente de variação

Obs: Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.4 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó

Os dados experimentais da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A (Pó coletado na câmara do secador) e do Tipo B (Pó coletado no ciclone) em função da atividade de água nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C estão apresentados na Tabela 4.6. Observa-se que a umidade de equilíbrio (U_e) sofreu acréscimo com o aumento da atividade de água (U_a); este comportamento foi encontrado por GOMES et al. (2002) estudando as isotermas de adsorção da acerola em pó. Com relação ao aumento da temperatura, foi notório o decréscimo da umidade de equilíbrio, estando de acordo com PENA et al. (2000) ao estudarem o comportamento das isotermas de adsorção do guaraná em pó, desidratado em secador por aspersão, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

Verifica-se que, na maioria dos casos, a umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B resultou nos maiores valores, significando que este pó é mais higroscópico que o do Tipo A. Como em alguns casos e verificado visualmente, o pó coletado no ciclone (Tipo B) possui granulometria menor que o pó coletado na câmara de secagem (Tipo A) do secador por aspersão; desta forma, o produto mais fino apresenta uma superfície maior de contato e, portanto, um número maior de sítios ativos (COSTA et al., 2003) absorvendo mais umidade que o material com granulometria maior.

Ainda de acordo com os dados da Tabela 4.6, observa-se que, quando as amostras da pitanga em pó forem armazenadas nas temperaturas de 20 e 30 °C, e atividades de água entre 0,75 e 0,86, a pitanga em pó do Tipo A terá uma umidade de equilíbrio variando em

torno de 20,8 a 35,3% B.S. e a do Tipo B entre 20,4 a 37,3% B.S, sendo assim, estes produtos deverão ser embalados em embalagens impermeáveis apropriadas para proporcionar uma maior vida-de-prateleira, visto que poderão sofrer um processo de aglomeração das partículas e desenvolvimento de microrganismos e comprometer a vida útil do produto. SILVA et al. (2005) ao avaliarem as isotermas de adsorção de umidade do cajá em pó nas temperaturas entre 10 e 50 °C, mencionaram que este tipo de problema também pode ocorrer para o referido produto.

Tabela 4.6 - Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) nas diferentes atividades de água (a_w) da polpa de pitanga em pó do Tipo A e B

Temperatura											
10 °C			20 °C			30 °C			40 °C		
a_w	U_e (%B.S.) Tipo A	U_e (%B.S.) Tipo B	a_w	U_e (%B.S.) Tipo A	U_e (%B.S.) Tipo B	a_w	U_e (%B.S.) Tipo A	U_e (%B.S.) Tipo B	a_w	U_e (%B.S.) Tipo A	U_e (%B.S.) Tipo B
0,2338	7,8588	8,1263	0,2311	6,7476	7,0179	0,2161	6,1228	6,5382	0,2040	3,8901	5,5853
0,3347	8,1024	9,3015	0,3307	7,9207	8,8224	0,3244	7,1385	7,7869	0,3160	4,4211	7,0326
0,4183	8,9366	11,3616	0,3965	8,1446	10,4185	0,3615	7,9690	9,8334	0,4220	6,4622	9,3210
0,5736	13,2142	15,2973	0,5438	12,4519	14,0850	0,5140	11,4799	13,0969	0,4842	10,8636	11,6643
0,6215	14,3641	19,4841	0,5914	13,9671	15,5236	0,5603	12,7283	15,2644	0,5317	11,5887	14,4313
0,7567	23,5176	28,5395	0,7547	21,4871	23,6679	0,7509	20,7956	20,3776	0,7468	17,7163	19,7441
0,8206	35,3241	34,1910	0,8134	29,0517	31,2696	0,8063	28,1374	30,4144	0,7991	27,0340	28,5823
0,8677	40,3375	39,7182	0,8511	35,3194	37,3231	0,8362	32,4924	35,4560	0,8232	30,5588	33,5430

Tipo A - Pó coletado na câmara do secador; Tipo B - Pó coletado no ciclone

Na Tabela 4.7 tem-se os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg, Hasley modificado, Smith, Day & Nelson e Sigma-Copace, ajustados às isotermas de

adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médio (P).

De acordo com os valores obtidos dos coeficientes de determinação (R^2) e dos desvios percentuais médio, pode-se observar que para o pó do Tipo A não houve um modelo único que apresentasse os menores valores de P conjuntamente com os maiores valores de R^2 , em todas as temperaturas avaliadas.

Na temperatura de 10 °C o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou à curva experimental com o menor valor de P (3,11%) e maior R^2 (0,9931). PARK et al. (2001) também elegeram o modelo de Peleg como o que melhor se ajustou as isotermas de sorção na temperatura de 60 °C da pêra desidratada. Além desse modelo, os de GAB, Halsey modificado e Sigma-Copace, nesta ordem de precisão, podem ser utilizados para estimar as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A a 10 °C, com boa precisão, tendo em vista que apresentaram valores dos desvios percentuais médio entre 5 e 10 e $R^2 > 0,98$; já nas temperaturas de 20 e 30 °C, o melhor modelo ajustado foi o de GAB ($P < 5$, $R^2 > 0,99$), mas os modelos de Halsey modificado e de Peleg também podem ser utilizados para estimar, com excelente precisão ($P < 5$, $R^2 > 0,99$) as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A.

Na temperatura de 40 °C não ocorreu bom ajuste dos modelos testados aos dados experimentais, sendo indicado como o mais razoável o modelo de Peleg, o qual apresentou um valor de $P = 12,69\%$ e $R^2 = 0,9853$, porém os modelos de GAB, Halsey modificado, Sigma-Copace e Day & Nelson, também indicaram valores de P em torno de 12,5% e R^2 entre 0,96 e 0,97.

Os valores obtidos no modelo de GAB para a umidade da monocamada (X_m), mostraram um decréscimo com o aumento da temperatura. De acordo com IGLESIAS & CHIRIFE (1976) este comportamento de X_m com o aumento da temperatura pode ser atribuído à redução do número de zonas ativas como resultado de mudanças físicas e/ou químicas induzidas pela temperatura. Os valores de X_m para a pitanga em pó do Tipo A variaram entre 6,5 e 5,1% B.S. (10 a 40 °C) sendo inferiores, então, aos valores obtidos por SILVA et al. (2005) para o cajá em pó, que variaram entre 17,9 e 6,8% B.S. também para temperaturas entre 10 e 40°C. PENA et al. (1994) encontraram, para o guaraná em pó, um valor de umidade na monocamada estimada pelo modelo de GAB para a temperatura de 25 °C relativamente baixo (5,31% b.s.), estando dentro da faixa encontrada no presente estudo; ainda segundo esses autores, o valor de X_m corresponde à umidade segura para que

o produto tenha uma estabilidade máxima nas etapas de acondicionamento, armazenamento, distribuição e consumo.

Observa-se que o parâmetro C do modelo de GAB, que representa o calor total de sorção da primeira camada e tem significado físico relacionado ao efeito da temperatura, entre as temperaturas de 20 e 40 °C, mostrou tendência de diminuição com o aumento da temperatura; comportamento semelhante foi obtido por MAROULIS et al. (1988) ao determinarem as isotermas da uva passa entre 15 e 60 °C. MORAGA et al. (2006) acharam o valor de $C=11,5$ ao ajustarem o modelo de GAB à isoterma de adsorção, na temperatura de 30°C, da polpa de kiwi liofilizada, sendo inferior ao do pó do Tipo A ($C=19,0232$) a 30 °C.

Com relação ao parâmetro K do modelo de GAB, que é a constante relacionada ao calor de sorção na multicamada, constata-se um acréscimo nos seus valores com o aumento da temperatura; comportamento idêntico foi observado por ORREGO-ALZATE et al. (2005) estudando as isotermas de adsorção do suco de tomate liofilizado nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C. Os valores de K foram inferiores a um (1) nas temperaturas de 10 a 30 °C e de aproximadamente um (1) na temperatura de 40 °C. Quando $K=1$ em $a_w=1$ a umidade de equilíbrio tende a apresentar valores infinitos representando uma inconsistência física; daí o modelo de GAB não poder ser usado para atividades de água igual à unidade (RAHMAN et al., 1998); então, de acordo com CHAVES et al. (2004) a faixa de aplicabilidade do modelo de GAB é de 0,1 a 0,9, onde se enquadram os dados experimentais da pitanga em pó do Tipo A. Segundo OLIVEIRA et al. (2005) quando K for igual à unidade, o modelo de GAB se reduzirá ao modelo de BET com dois parâmetros. SILVA et al. (2005) encontraram valores de K variando de 0,85 a 0,99 para as isotermas de adsorção, em temperaturas de 10 a 40 °C, do cajá em pó obtido pela desidratação em secador por aspersão, a partir da solução composta por polpa de cajá adicionada de 7,5% de maltodextrina e 7,5% de amido modificado (snow flake); COSTA et al. (2003) ao determinarem as isotermas de adsorção a 25 °C, de pós de beterraba, abóbora e cenoura, obtiveram valores de K de 0,13 0,85 e 077, respectivamente, sendo inferiores ao da pitanga em pó. O parâmetro K no modelo de GAB foi introduzido para medir a diferença no potencial químico padrão das moléculas de água na região multicamada e o da água pura (YANNIOTIS, 1994).

Nos ajustes feitos com o modelo de Peleg as constantes k_1 , n_1 , k_2 e n_2 apresentaram tendência de acréscimo com o aumento da temperatura. GALDINO (2003) verificou que para a acerola em pó os parâmetros n_1 e n_2 do modelo de Peleg apresentaram um aumento

de seus valores apenas entre as temperaturas de 25 e 30 °C. PARK et al. (2001) notaram que o modelo de Peleg se ajustou bem aos dados experimentais da isoterma de sorção da pêssego desidratada na temperatura de 40 °C, apresentando o valor de $R^2=0,99$ e de $P=9,14\%$ mas, ao avaliarem nas temperaturas de 60 e 80 °C, o ajuste não foi tão bom com valores de P de 15,34 e 19,51%, respectivamente.

Avaliando-se os ajustes pelo modelo de Halsey modificado nota-se que, com o aumento da temperatura, o parâmetro c apresentou tendência de decréscimo entre 10 e 30°C. LAHSASNI et al. (2004) ao determinarem as isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C do figo-da-índia seco, encontraram valores de $R^2=0,99$ ao ajustarem o modelo de Halsey modificado.

Nos ajustes realizados pelo modelo empírico de Smith, verifica-se que a constante b entre as temperaturas de 10 e 30 °C, apresentam tendência de decréscimo com o aumento da temperatura, GOMES et al. (2003) constataram comportamento semelhante para a constante b , nos ajustes realizados pelo modelo de Smith para a acerola em pó nas temperaturas entre 25 e 30 °C.

A constante a do modelo de Day & Nelson indicou tendência de decréscimo com o aumento da temperatura para toda a faixa estudada; já a constante b apresentou tendência semelhante para a faixa de temperatura entre 10 e 30 °C, sendo que na temperatura de 40 °C a constante mostrou valor semelhante ao encontrado na temperatura de 10°C. HOSSAIN et al. (2001) observaram comportamento de acréscimo com o aumento da temperatura para as constantes a e b do modelo de Day & Nelson para as isotermas de adsorção de abacaxi desidratado nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C.

Pode-se observar, pelas constantes obtidas pelo ajuste do modelo de Sigma-Copace, que com o aumento da temperatura entre 10 e 30 °C a constante c apresentou tendência de diminuição. CORRÊA et al. (2000) ao avaliarem o ajuste do modelo de Sigma-Copace, às isotermas de adsorção de umidade do café solúvel nas temperaturas de 10 a 40 °C obtiveram bom ajuste com valor de $R^2=0,99$ e $P=8,1\%$.

Tabela 4.7 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção da pitanga em pó do Tipo A

Modelo	Parâmetros	Temperatura (°C)			
		10	20	30	40
GAB	X_m	6,4805	5,7797	5,6823	5,0609
	C	12,3323	24,5322	19,0232	6,7605
	K	0,9765	0,9844	0,9891	1,0178
	R²	0,9839	0,9978	0,9976	0,9762
	P (%)	7,06	3,00	2,75	12,68
Peleg	K₁	65,7475	73,5076	82,2536	310,9320
	n₁	4,9530	8,4639	9,0918	16,5910
	K₂	8,7086	18,7660	19,0965	24,2083
	n₂	0,0807	0,7679	0,8108	1,2937
	R²	0,9931	0,9971	0,9980	0,9853
	P (%)	3,11	4,23	3,88	12,69
Halsey modificado	a	102,2600	28,1774	128,8607	495,7793
	b	-9,9610	-1,2759	-4,2093	-12,3461
	c	0,8114	0,7931	0,8070	0,9535
	R²	0,9834	0,9971	0,9970	0,9744
	P (%)	7,30	3,93	2,85	12,28
Smith	a	-1,0438	0,1280	0,3901	-1,6280
	b	19,5276	17,1052	16,5699	17,2280
	R²	0,9521	0,9709	0,9761	0,9572
	P (%)	17,12	11,34	8,97	15,00
Day & Nelson	a	2,8558	2,8220	2,8168	2,7064
	b	1,1801	1,0616	1,0267	1,1894
	R²	0,9627	0,9726	0,9760	0,9630
	P (%)	16,22	11,10	10,64	13,56
Sigma-Copace	a	-13,5923	-22,1571	-17,2728	-21,5012
	b	-1,3039	-1,0914	-0,5657	-0,5158
	c	1,7854	1,6442	1,6227	1,8639
	R²	0,9828	0,9883	0,9900	0,9658
	P (%)	9,72	5,71	4,28	12,62

Na Tabela 4.8, são mostrados os parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B nas quatro temperaturas, os desvios percentuais médios e os coeficientes de determinação.

Diferentemente do pó do Tipo A, para o pó do Tipo B existe um modelo que pode representar satisfatoriamente as isotermas de adsorção em todas as temperaturas avaliadas; trata-se do modelo de Peleg, que apresentou os maiores coeficientes de determinação ($>0,99$) e os menores desvios percentuais médios ($<6,5\%$). ARLINDO (2005) obteve, utilizando o modelo de Peleg, os melhores ajustes para as isotermas de adsorção do pimentão em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Verifica-se também que os modelos de GAB, Halsey modificado, Smith e Sigma-Copace, podem descrever satisfatoriamente o comportamento higroscópico da pitanga em pó do Tipo B apresentando coeficientes de determinação superiores a 0,95 e desvios percentuais médios inferiores a 9,0%; o modelo de Day & Nelson, quando comparado com os demais modelos, resultou nos maiores desvios percentuais médios, exceto na temperatura de 10 °C em que o valor de P é inferior ao do modelo de Halsey modificado mas, ainda assim, este modelo pode ser utilizado para se estimar as isotermas do pó do Tipo B uma vez que os valores de P foram inferiores a 10%, exceto na temperatura de 30 °C.

Avaliando-se os parâmetros dos modelos, constata-se que os valores da umidade na monocamada (X_m) do modelo de GAB diminuem com o aumento da temperatura, variando entre 10,1744% b.s. e 5,7581% b.s., superiores, então, aos valores de X_m do pó do Tipo A; referidos valores estão dentro do valor máximo de X_m (10% b.s.) reportado para alimentos por TSAMI et al. (1990). MEDEIROS et al. (2006) verificaram, para o cupuaçu em pó, que X_m do modelo de GAB diminuiu entre as temperaturas de 25 e 35 °C, apresentando valores de 3,99% B.S. e 3,39% b.s., respectivamente inferiores, portanto, ao do pó do Tipo B. SILVA et al. (2005) indicaram para o camu-camu em pó, liofilizado com adição de 30% de maltodextrina, um valor de $X_m=6,4\%$ b.s. ao ajustarem o modelo de GAB à isoterma de adsorção de umidade determinada a 25 °C, valor próximo ao do pó do Tipo B.

Os valores de C do modelo de GAB aumentaram com o aumento da temperatura entre 10 e 30 °C, com os valores variando entre 4,7084 e 47,9896, respectivamente, estando de acordo, porém, com o comportamento observado por VENCATO et al. (2005) ao determinarem as isotermas da proteína de soja entre 10 e 40 °C. Constata-se que as amostras de pitanga em pó tiveram comportamento distinto, apresentando, no pó do Tipo B, valores de C menores que o do Tipo A, nas temperaturas de 10 e 20 °C e maiores nas temperaturas de 30 e 40 °C. MORAGA et al. (2004) ao determinarem a isoterma a 30 °C

do morango liofilizado encontraram, para o modelo de GAB, um valor de $C=7,0$, este muito inferior ao dos pós de pitanga.

Da mesma forma como ocorreu para o pó do Tipo A, no pó do Tipo B os valores de K foram inferiores à unidade nas temperaturas de 10 a 30 °C, e de aproximadamente um (1) na temperatura de 40 °C; esses valores estão na faixa dos obtidos por VIOLLAZ & ROVEDO (1999) ao avaliarem as isotermas de amido de batata para temperaturas entre 2 e 67 °C; esses pesquisadores ainda relataram que os valores de K geralmente estão na faixa entre 0,7 e 1; outros pesquisadores acharam valores de $K>1$ principalmente em isotermas em temperaturas elevadas; JOHNSON & BRENNAN (2000) encontraram, para a banana liofilizada, um valor de $K=1,4$ ao ajustarem o modelo de GAB à isoterma de adsorção determinada a 40 °C.

No ajuste pelo modelo de Peleg, observa-se que as constantes do modelo não apresentaram tendência de acréscimo nem decréscimo com o aumento da temperatura; contudo, SILVA (2005) ao ajustar o modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade de amostras de carqueja, desidratadas nas temperaturas de 30, 45 e 60 °C, verificou decréscimos das constantes K_1 , K_2 , n_1 e n_2 com o aumento da temperatura, obtendo coeficientes de determinação iguais a 0,993, 0,997 e 0,999%, respectivamente. NOGUEIRA (2002) estudando o comportamento das isotermas de adsorção de umidade do extrato puro de inulina de chicória em pó, desidratado em secador por atomização, nas temperaturas de 25 °C, 35 °C e 45 °C obteve, com o modelo de Peleg e com o aumento da temperatura, acréscimo da constante K_1 (0,1584, 0,1780 e 0,2816), decréscimo da constante K_2 (4,2228, 2,8503 e 1,1188), aumento da constante n_1 (0,5187, 0,7813 e 1,5189) e decréscimo da constante n_2 (10,5513, 10,4497 e 9,8678) e coeficientes de determinação acima de 0,99.

Avaliando os parâmetros do modelo de Halsey modificado, vê-se que a constante **a** apresentou, de forma geral, tendência de acréscimo com o aumento da temperatura, assim como a constante **c**. Os valores do parâmetro **c** foram inferiores ao determinado por LAHSASNI et al. (2004) estudando as isotermas de adsorção do figo-da-índia seco.

Nos ajustes pelo modelo de Smith, a constante **b** entre 10 e 30 °C apresentou tendência de decréscimo com o aumento da temperatura. KUYE & SANNI (2002) avaliando o ajuste realizado pelo modelo de Smith para amostras de farinha de soja nas temperaturas de 25, 32 e 45 °C, encontraram valores de R^2 de 0,8792, 0,8919 e 0,8514, respectivamente; entretanto, ARLINDO (2005) estudando as isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, observou tendência de

decréscimo da constante a com o aumento da temperatura e tendência de acréscimo da constante b entre as temperaturas 20 e 30 °C e de estabilidade entre as temperaturas de 30 e 40 °C.

Tabela 4.8 – Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção da polpa de pitanga em pó (Tipo B) para os modelos empregados

Modelos	Parâmetros	Temperatura (°C)			
		10	20	30	40
GAB	X_m	10,1744	6,9239	6,0508	5,7581
	C	4,7084	15,7563	47,9896	22,0289
	K	0,8794	0,9596	0,9897	1,0022
	R^2	0,9939	0,9986	0,9799	0,9766
	P (%)	4,92	2,09	8,15	7,94
Peleg	K₁	49,3281	22,4676	202,4059	24,4025
	n₁	3,3009	0,8189	14,2445	1,0049
	K₂	8,9052	73,3408	23,6184	429,7868
	n₂	0,0947	8,7930	0,8790	17,6571
	R^2	0,9982	0,9994	0,9917	0,9921
	P (%)	2,05	1,59	5,13	6,36
Halsey Modificado	a	52,5997	8,9981	67,1440	87,8380
	b	-4,9038	-0,2987	-2,1426	-2,1342
	c	0,6754	0,7459	0,7710	0,8329
	R^2	0,9859	0,9986	0,9782	0,9638
	P (%)	6,79	1,66	6,48	8,60
Smith	a	1,5388	0,9845	1,1983	0,4456
	b	18,7592	17,8946	17,2982	17,3350
	R^2	0,9918	0,9807	0,9552	0,9558
	P (%)	5,43	7,95	8,62	8,63
Day & Nelson	a	3,0137	2,9306	2,9156	2,8708
	b	0,9408	0,9858	0,9643	1,0046
	R^2	0,9893	0,9785	0,9521	0,9553
	P (%)	6,67	9,93	10,28	9,64
Sigma-Copace	a	-14,1751	-20,3475	-6,5872	-9,6484
	b	-1,4390	-1,0160	-0,2184	-0,2359
	c	1,4595	1,5415	1,5349	1,6053
	R^2	0,9972	0,9912	0,9644	0,9630
	P (%)	2,69	4,17	7,06	6,99

Ainda com relação à Tabela 4.8, do modelo de Sigma-Copace apenas a constante b apresentou redução, que pode estar associada ao aumento de temperatura. As constantes b e c , apesar de variarem entre temperaturas, não apresentaram tendência clara de aumento

nem decréscimo, com o aquecimento. No estudo das isotermas de adsorção do café solúvel CORRÊA et al. (2000) de 10 a 40 °C encontraram valores de $R^2=0,9928$.

Nas Figuras 4.11 a 4.16, tem-se as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A com curvas ajustadas por vários modelos, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

Na Figura 4.11 são mostradas as curvas das isotermas de adsorção de umidade, ajustadas pelo modelo de GAB; observar-se que as isotermas apresentam comportamento distinto nas atividades de água entre 0 e 0,6 com pequeno aumento da umidade de equilíbrio. Nas atividades de água entre 0,6 e 1,0, nota-se um forte aumento da umidade de equilíbrio; comportamento semelhante foi observado nas curvas de adsorção por COSTA et al. (2003) em estudo das isotermas de adsorção de pós de beterraba, abóbora e cenoura, secos pelo processo de secagem em leito de jorro. Pode-se verificar que as curvas nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C, nas atividades de água entre 0 e 0,4, estão praticamente sobrepostas; no entanto, a curva referente à temperatura de 40°C nas atividades de água de 0 a 0,8, apresentou-se abaixo das demais temperaturas, ficando acima das outras curvas nas atividades de água entre 0,8 e 1,0, estando as curvas de 10, 20 e 30 °C sobrepostas nesta faixa de atividade de água. Entre as atividades de água de 0,4 e 0,8, a curva referente à temperatura de 10 °C ficou posicionada acima das demais, as curvas a 20 e 30 °C estão sobrepostas nesta faixa, ocupando lugar intermediário entre as curvas a 10 e 40 °C. PENA et al. (1996) ao avaliarem o comportamento das isotermas de adsorção de umidade do guaraná em pó, constataram que as curvas nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C são praticamente coincidentes. MEDEIROS (2004) verificou, para as isotermas de adsorção do umbu em pó para atividades de água acima de 0,2, decréscimo da umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura para dada atividade de água.

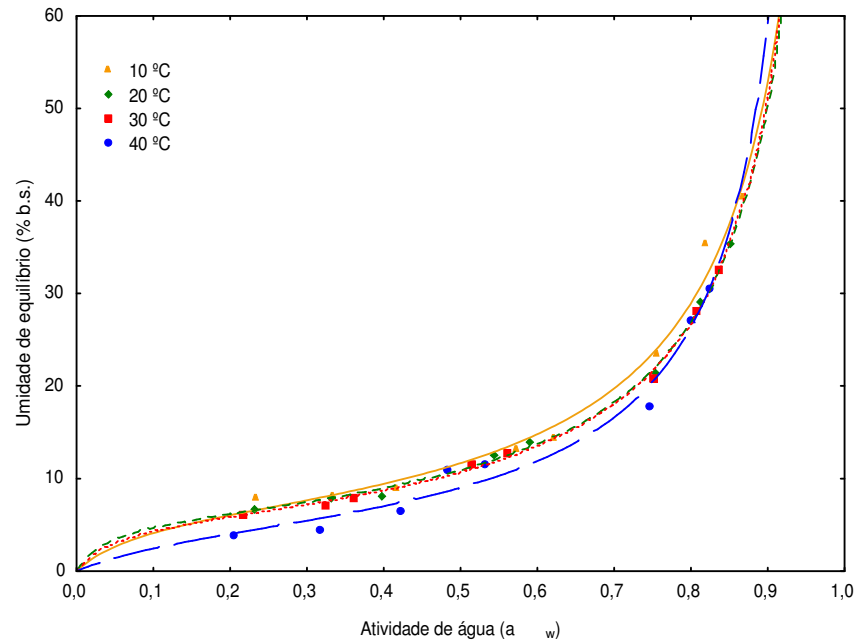


Figura 4.11 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de GAB

Na Figura 4.12, estão representadas as curvas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, e as curvas ajustadas pelo modelo de Peleg. Constata-se que nas atividades de água abaixo de 0,8 a curva referente à temperatura de 40 °C se situa abaixo das demais, apresentando as menores umidades de equilíbrio. Para a_w acima de 0,8, esta tendência se inverte e a curva referente a 40 °C cruza as demais e se coloca acima de todas. Em toda a faixa de a_w estudada, as curvas referentes a 20 e 30 °C se sobrepõem, com tendência de dispersão apenas a partir de $a_w=0,9$. Um comportamento variável é observado na curva de 10 °C com cruzamentos, de outras curvas em várias atividades de água distintas. ALEXANDRE (2005) para a pitanga em pó obtida pelo método de secagem em camada de espuma, observou que nas temperaturas de 20 e 30 °C, as isotermas ficaram sobrepostas em toda a faixa de atividade de água estudada.

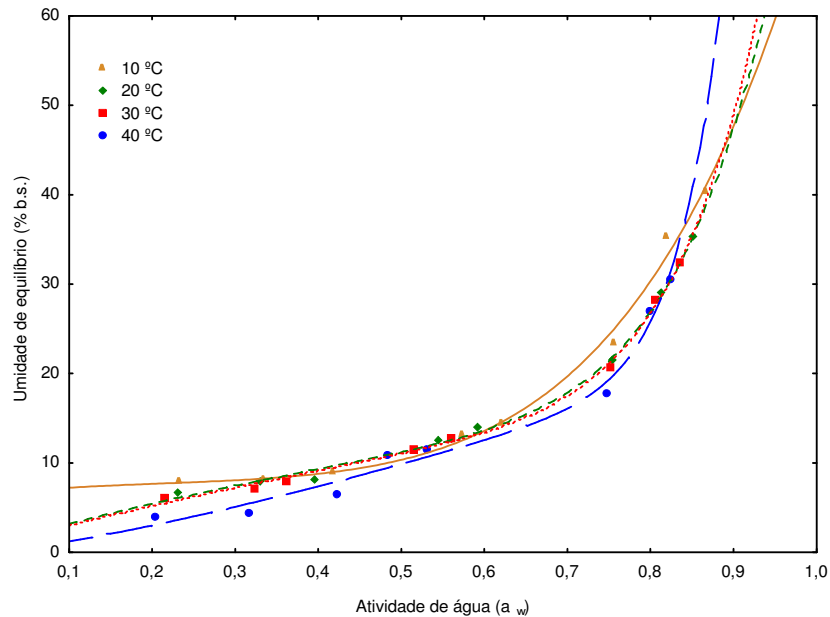


Figura 4.12 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Peleg

As isotermas de adsorção de umidade para polpa de pitanga em pó do Tipo A, ajustadas pelo modelo de Halsey modificado, são representadas na Figura 4.13; pode-se constatar que as curvas nas temperaturas de 20 e 30 °C estão sobrepostas em toda a faixa de a_w , a curva a 40 °C se acha abaixo das demais nas atividades de água entre 0 e 0,8, a curva a 10 °C em a_w acima de 0,5 fica mais distanciada das curvas a 20 e 30 °C. CORRÊA et al. (2001) ao avaliarem as isotermas de polpa cítrica peletizada nas temperaturas de 20 a 35 °C, verificaram que o modelo de Halsey apresentou $R^2 = 0,9596$ não sendo o modelo mais indicado, dentre os avaliados para descrição da relação de higroscopicidade da polpa cítrica peletizada e o ambiente que a envolve.

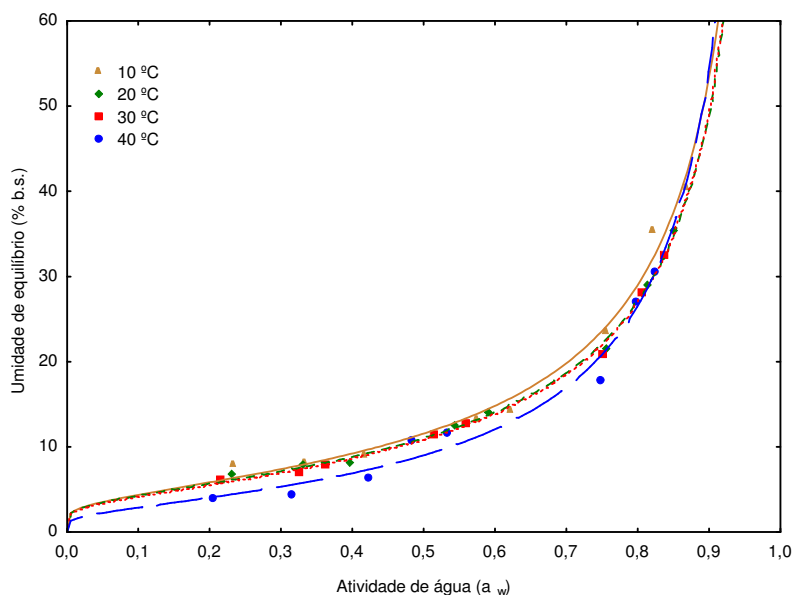


Figura 4.13 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Halsey modificado

Na Figura 4.14 os dados experimentais foram ajustados pelo modelo bi-paramétrico de Smith. Observa-se que em toda a faixa de atividade de água as curvas de 20 e 30 °C estão sobrepostas e a curva de 40 °C está abaixo das demais, tendendo à aproximação em a_w acima de 0,9. Nas atividades de água acima de 0,4, a curva referente a 10 °C se coloca acima das demais enquanto a curva de 40 °C se aproxima das curvas de 20 e 30 °C; comportamento um pouco diferente foi encontrado por CORRÊA et al. (2000) no estudo das isotermas de adsorção do café solúvel, ajustando o modelo de Smith aos dados experimentais, com o que se observou uma proximidade das curvas nas quatro temperaturas estudadas (10, 20, 30 e 40 °C) mas sem apresentar sobreposições.

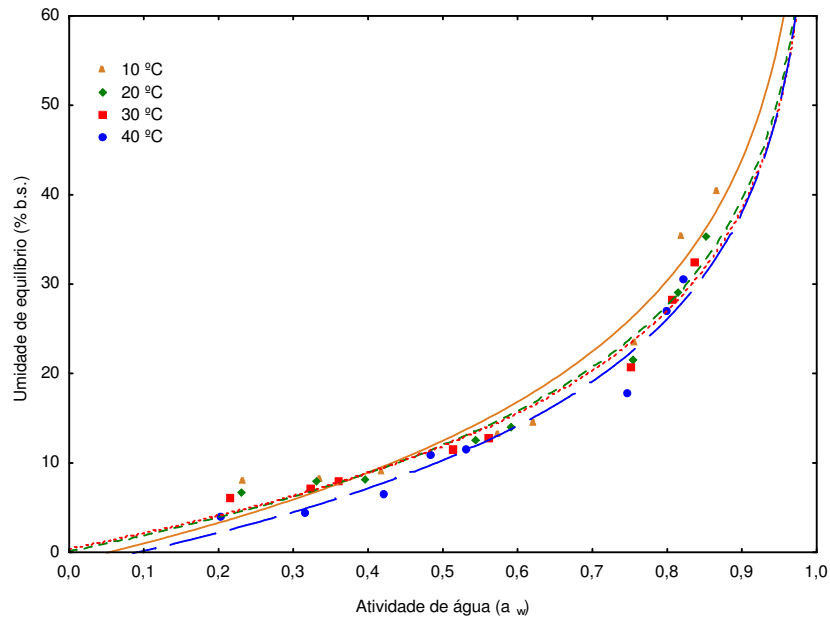


Figura 4.14 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com pelo modelo de Smith

Tem-se na Figura 4.15, as curvas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A ajustadas pelo modelo de Day & Nelson. Verifica-se uma sobreposição das curvas de 10, 20 e 30 °C nas atividades de água entre 0 e 0,55, aproximadamente. Em atividades de água a partir de 0,55, a curva de 10 °C supera as demais; as curvas de 20 e 30 °C se sobrepõem em todas as a_w , situando-se acima da curva de 40°C até aproximadamente $a_w = 0,9$; a partir de $a_w = 0,9$, a curva referente a 40 °C mostra tendência de superar as de 20 e 30 °C.

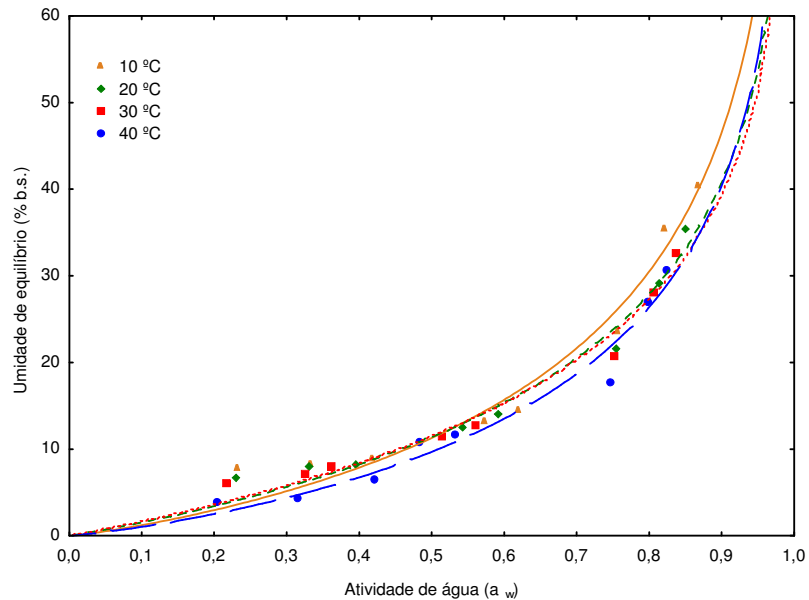


Figura 4.15 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Day & Nelson

Na Figura 4.16 são mostradas as curvas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A nas quatro temperaturas, ajustadas pelo modelo de Sigma-Copace. Pode-se observar que nas atividades de água entre 0 e 0,85, aproximadamente, a curva referente a temperatura de 40 °C situa-se abaixo das demais, cruzando as curvas referentes a 20 e 30 °C nas atividades de água entre 0,85 a 1,0. A curva de 10 °C se sobrepõe às de 20 e 30 °C até a atividade de água de cerca de 0,55, comportamento também observado nos ajustes realizados com o modelo de Smith para este mesmo tipo de pó; no entanto, comportamento diferente foi constatado por CORRÊA et al. (2000) ajustando o modelo de Sigma-Copace às isotermas de adsorção de umidade do café solúvel, nas temperaturas entre 10 e 40 °C; em $a_w < 0,4$ verificaram que as curvas estavam praticamente sobrepostas e, para $a_w > 0,4$, as curvas se apresentaram ordenadas, de acordo com as temperaturas, posicionando-se a curva a 10 °C acima das demais e a de 40 °C abaixo de todas.

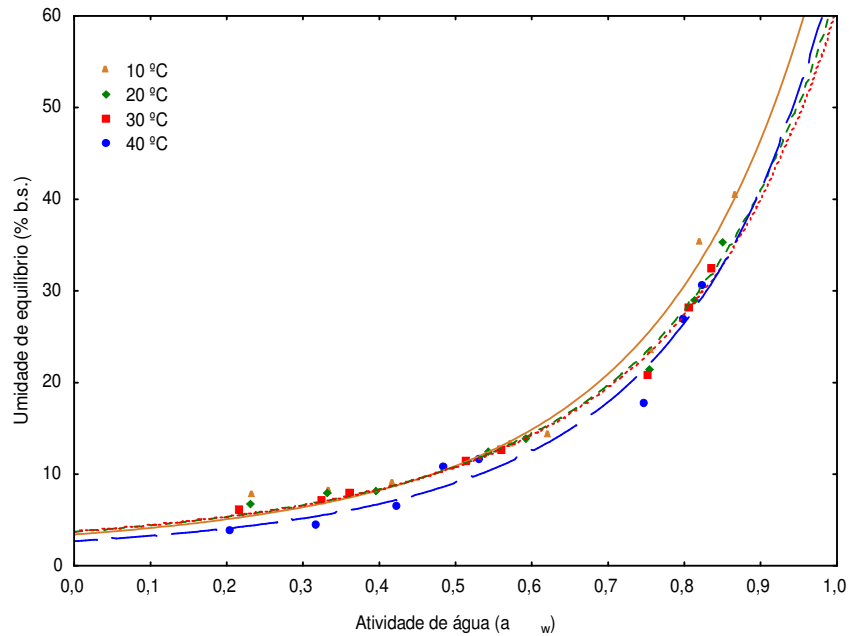


Figura 4.16 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo A, com ajuste pelo modelo de Sigma-Copace

Nas Figuras 4.17 a 4.22 tem-se as curvas de adsorção de umidade para polpa de pitanga em pó Tipo B, ajustadas pelos modelos utilizados nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C.

A Figura 4.17 mostra as curvas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, ajustadas pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas. Nas atividades de água entre 0 e 0,2, a curva de 30 °C está acima das demais, as curvas das temperaturas de 20 e 40 °C estão sobrepostas e a curva de 10 °C está abaixo de todas. Entre as atividades de água 0,2 a 0,75, existe uma dispersão entre as curvas com as temperaturas mais baixas em posições superiores. Observa-se, nas atividades de água acima de 0,7, grande aumento das umidades de equilíbrio da pitanga em pó indicando que as amostras necessitam de uma embalagem impermeável ao vapor d'água quando armazenadas em umidades relativas acima de 70%. ASSUNÇÃO et al. (2005) também notaram este mesmo comportamento ao avaliarem as isotermas de adsorção de umidade do açaí em pó nas temperaturas de 10 e 30 °C. A partir das atividades de água de 0,85 constata-se que as umidades de equilíbrio aumentam com a elevação da temperatura. GOMES (2002) encontrou comportamento semelhante estudando às isotermas de adsorção da acerola em pó desidratada em leite de jorro, ajustadas pelo modelo de GAB.

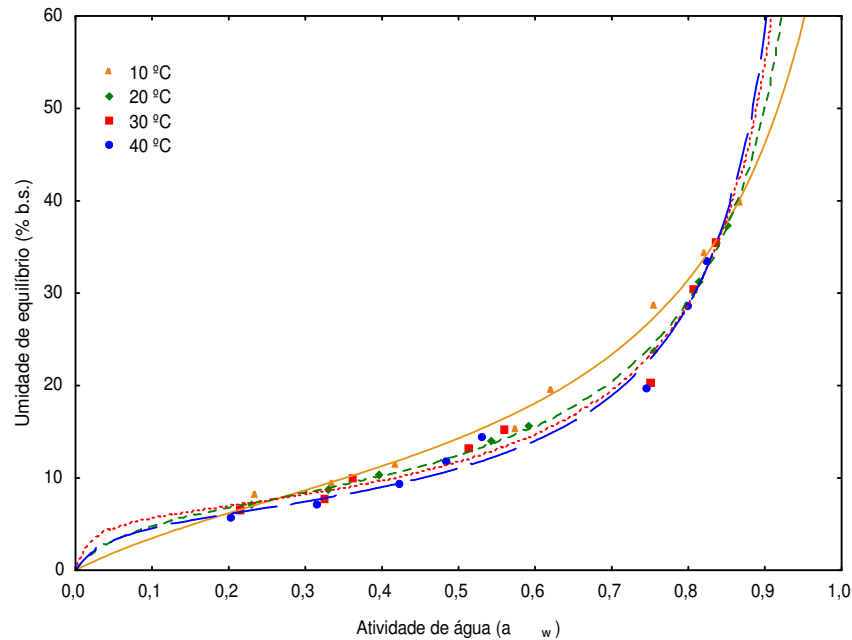


Figura 4.17 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó Tipo B, com ajuste pelo modelo de GAB

Apresenta-se, na Figura 4.18, as curvas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Peleg. Observa-se, nas atividades de água na faixa entre 0 e 0,65, que as curvas referentes às temperaturas de 20 e 30 °C estão sobrepostas. Nas atividades de água entre 0,6 e 0,80, constata-se decréscimo da umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura, enquanto para atividades de água acima de 0,8 há inversão das curvas, indicando maiores valores de umidade de equilíbrio para as curvas de maior temperatura. Esta inversão foi observada por GALDINO (2003) no estudo das isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó, ajustada pelo modelo de Peleg, para a curva referente à temperatura de 35 °C, em que superou a de 25 e 30 °C em $a_w > 0,8$.

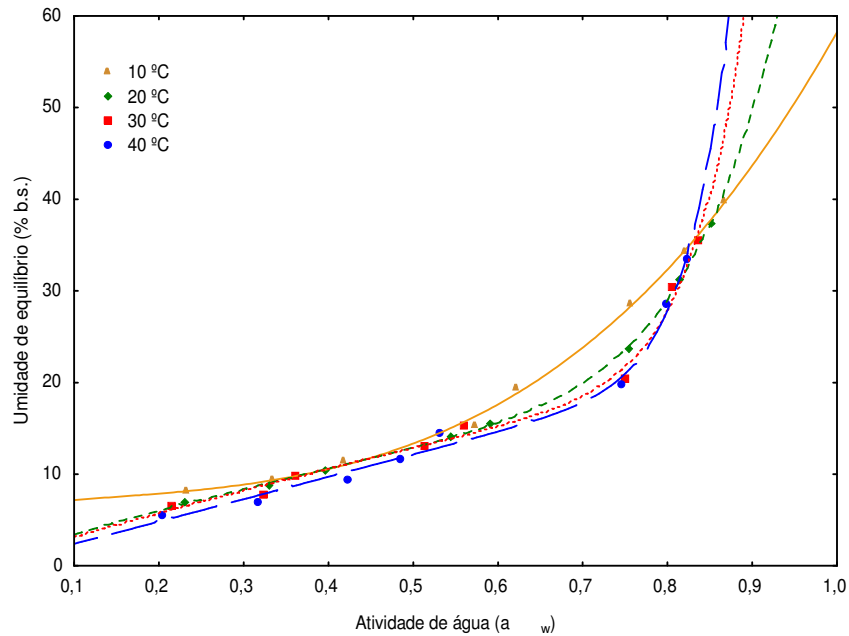


Figura 4.18 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Peleg

Na Figura 4.19, se acham as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, nas temperaturas variando entre 10 e 40 °C com ajuste pelo modelo de Halsey modificado. Observa-se, nas atividades de água entre 0 e 0,8, que as curvas apresentam tendência de redução com o acréscimo da temperatura, estando a curva a 20 °C muito próxima da curva a 30 °C. A partir da atividade de água acima de 0,80, as curvas vão se sobrepondo até estarem totalmente sobrepostas nas atividades de água acima de 0,90. No entanto, BRANDELERO et al. (2005), ao determinarem as isotermas de adsorção de abacaxi com aplicação de revestimento comestível, verificaram que as curvas ajustadas com o modelo de Halsey modificado apresentaram comportamento do tipo exponencial, classificando-as como isotermas do Tipo III.

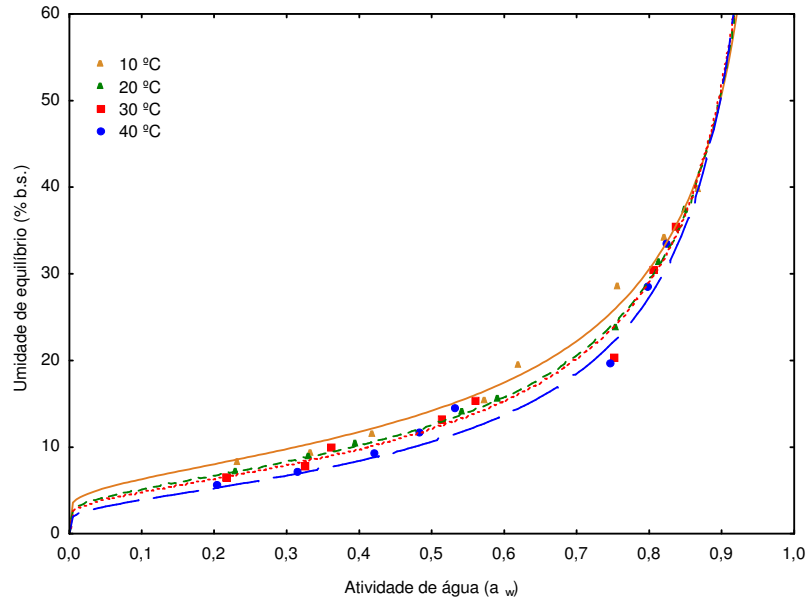


Figura 4.19 – Isothermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Halsey modificado

Os dados experimentais da pitanga em pó do Tipo B com ajuste pelo modelo de Smith estão nas diferentes temperaturas, representados na Figura 4.20, na qual se constata que as curvas apresentam comportamento exponencial, e a curva de 20 °C está sobreposta à de 30 °C; a curva referente a 10 °C acima das demais e a de 40 °C abaixo de todas.

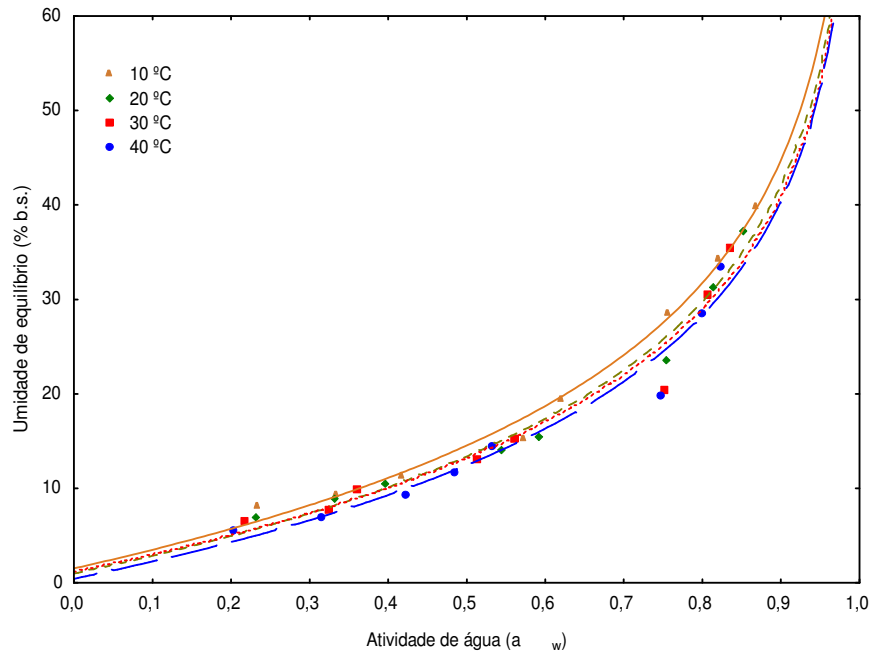


Figura 4.20 – Isothermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Smith

Na Figura 4.21, estão apresentadas as curvas experimentais da pitanga em pó do Tipo B e as curvas ajustadas pelo modelo de Day & Nelson, onde se constata que as curvas apresentaram comportamento exponencial, estando as curvas em posição relativa, semelhante às verificadas com o modelo de Smith, com a curva de 10 °C acima e a de 40 °C abaixo das demais.

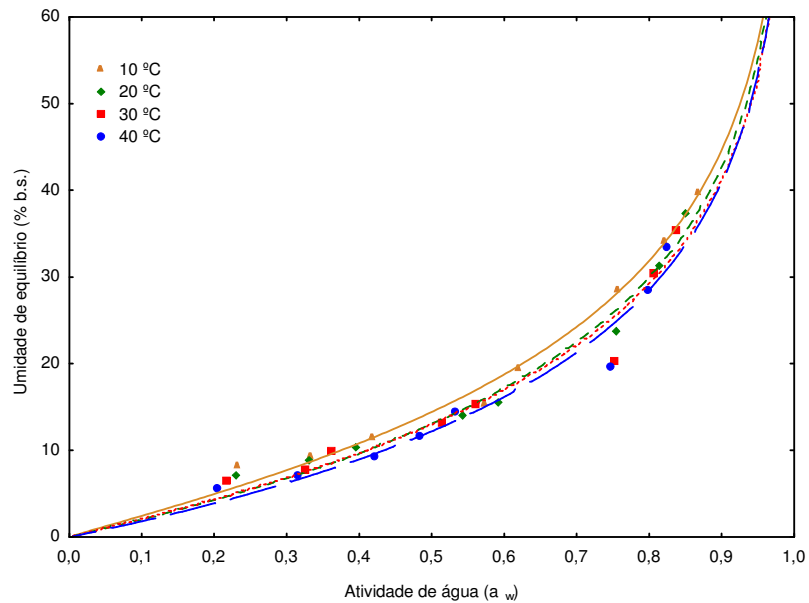


Figura 4.21 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó do Tipo B, com ajuste pelo modelo de Day & Nelson

Na Figura 4.22 tem-se as curvas experimentais da pitanga em pó do Tipo B e as curvas ajustadas pelo modelo de Sigma-Copace nas diferentes temperaturas, em que a umidade de equilíbrio apresenta tendência de aumento com o decréscimo da temperatura, fato percebido em toda a faixa de atividade de água, embora de forma mais clara nas temperaturas de 10 e 40 °C. CORRÊA et al. (2000) encontraram comportamento semelhante quando os dados experimentais do café solúvel foram ajustados por este mesmo modelo, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

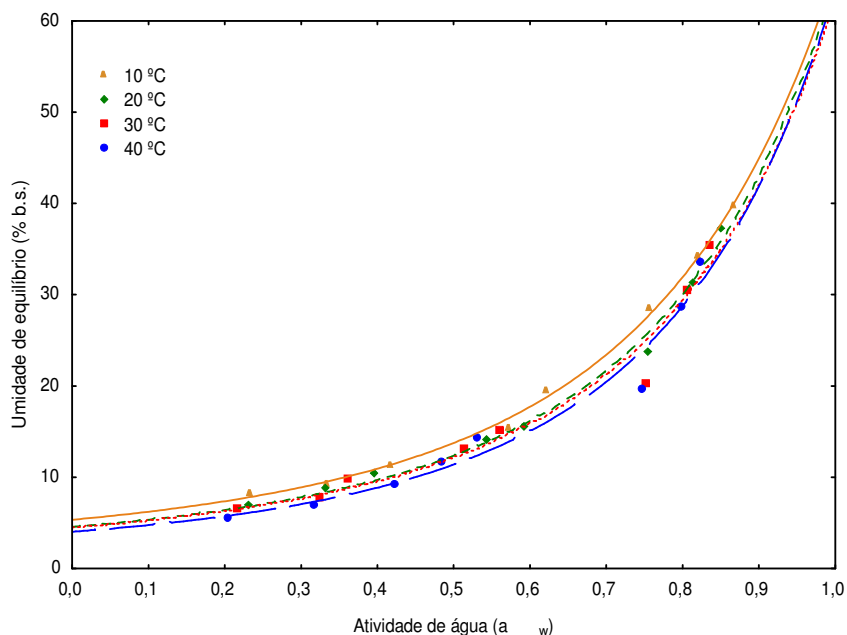


Figura 4.22 – Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó Tipo B, com ajuste pelo modelo de Sigma-Copace

4.5 – Armazenamento da pitanga em pó

Nos itens 4.5.1 a 4.5.5 acham-se os dados dos parâmetros avaliados durante o armazenamento da pitanga em pó, produzida a partir da polpa de pitanga formulada. Dois tipos de amostra foram coletados no secador: o pó coletado na câmara de secagem denominado, neste item, amostra Tipo A, e o pó coletado no ciclone, denominado Tipo B.

Nas Tabelas E.1 a E.20 (Apêndice E) tem-se as análises de variância dos parâmetros avaliados nos itens 4.5.1 a 4.5.5, da pitanga em pó do Tipo A e B, durante o armazenamento.

4.5.1 – Umidade

Na Tabela 4.9 tem-se os valores médios da umidade da pitanga em pó do Tipo A, acondicionada em embalagem de polietileno e laminada durante 120 dias de armazenamento.

Nota-se, na embalagem de polietileno, aumento da umidade da pitanga em pó do Tipo A com o tempo de armazenamento e observa-se que existe diferença significativa entre os períodos 0, 20, 40 e 60 dias mas, entre os tempos de armazenamento 60, 80 e 100

dias e entre 80, 100 e 120 dias, se constata que não existe diferença significativa entre os valores médios da umidade. O aumento da umidade da pitanga em pó no final do armazenamento (120 dias) com relação ao tempo inicial (0 dia) foi de 43,5%; aos 60 dias o aumento da umidade correspondeu a 36,6%, sendo inferior ao percentual encontrado por GOMES et al. (2004) ao estudarem a estabilidade da acerola em pó, desidratada em leite jorro, acondicionada também em embalagem de polietileno, após 60 dias de armazenamento, que foi de 51,3%.

Na embalagem laminada também ocorreu aumento da umidade da pitanga em pó do Tipo A com o tempo de armazenamento. Diferente da embalagem de polietileno nos primeiros 60 dias de armazenamento a umidade da amostra do Tipo A se manteve estatisticamente estável, significando que o ganho de umidade nesta embalagem foi mais lento que na embalagem de polietileno. Os valores médios da umidade entre os tempos 40, 60 e 80 dias e entre os tempos 80 e 100 dias, são estatisticamente iguais. Dos 80 aos 120 dias os valores médios são estatisticamente diferentes dos dois primeiros tempos (0 e 20 dias). O ganho de umidade no final do armazenamento nesta embalagem foi 12,6%, pouco inferior, portanto, ao determinado por GALDINO et al. (2003) que foi de 14,4%, estudando a estabilidade da polpa de umbu desidratado pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat), após 60 dias de armazenamento em embalagem laminada.

Os coeficientes de variação dos valores da umidade da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento nas embalagens de polietileno e laminada, apresentaram valores inferiores a 3%.

Tabela 4.9 – Valores médios da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dias)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	8,12 e	8,12 d
20	8,67 d	8,16 d
40	9,59 c	8,29 cd
60	11,09 b	8,34 cd
80	11,23 ab	8,62 bc
100	11,54 ab	8,76 b
120	11,65 a	9,41 a
Média geral	10,27	8,53
Desvio mínimo significativo	0,51	0,41
Coefficiente de variação (%)	2,78	2,65

Obs.: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Os valores médios da umidade da pitanga em pó do Tipo B armazenadas em embalagens de polietileno e laminada durante 120 dias são mostrados na Tabela 4.10.

Nota-se na embalagem de polietileno acréscimo da umidade da pitanga em pó do Tipo B, ao longo do armazenamento, mas, estatisticamente, este aumento não ocorreu de forma subsequente; constatou-se aumento da umidade do tempo inicial para o tempo de 20 dias; dos 20 aos 40 dias, a amostra se manteve estatisticamente inalterada e entre 60 e 80 dias e entre 100 e 120 dias, as amostras também ficaram estatisticamente estabilizadas. Verifica-se aumento da umidade de 55,1% entre os valores no tempo 0 e o final do armazenamento (120 dias), valor superior ao obtido para a pitanga em pó do Tipo A (43,5%). SILVA et al. (2005) ao armazenarem umbu-cajá em pó desidratado pelo processo de secagem em camada de espuma, acondicionado em embalagem de polietileno a temperatura ambiente após 60 dias, verificaram um ganho de umidade de 24%, inferior ao acréscimo da pitanga em pó do Tipo B aos 60 dias que foi de 45,9%.

De acordo com os valores médios da umidade da pitanga em pó do Tipo B acondicionada em embalagem laminada nota-se que estatisticamente, ocorreu um aumento mas não de forma subsequente apresentando, de forma estatística um acréscimo entre os tempos 0 e 20 dias, mantendo-se estável entre 20 e 100 dias e entre 80 e 120 dias de

armazenamento. O acréscimo da umidade no final do armazenamento corresponde a um percentual de 14,3%, e se verifica que o aumento da umidade neste tipo de pó foi superior ao da pitanga em pó do Tipo A, ou seja, de 12,6%. Esses aumentos são inferiores ao avaliado por SOARES et al. (2001) de 69,9% para a acerola em pó desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma, e acondicionada em embalagens metalizadas de polipropileno biorientado com uma camada interna de polietileno, após 90 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Tabela 4.10 – Valores médios da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminado
0	7,64 d	7,64 c
20	9,93 c	8,17 b
40	10,12 c	8,32 b
60	11,15 b	8,35 b
80	11,30 b	8,43 ab
100	11,78 a	8,45 ab
120	11,85 a	8,73 a
Média geral	10,54	8,30
Desvio mínimo significativo	0,46	0,32
Coefficiente de variação (%)	2,43	2,12

Obs.: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Constata-se que tanto na embalagem de polietileno quanto na embalagem laminada a pitanga em pó do Tipo B absorveu mais umidade que a do Tipo A, demonstrando que se trata de uma amostra mais higroscópica, cujo comportamento era previsto em razão do pó coletado no ciclone (Tipo B) possuir tamanho de partículas menores, as quais têm área superficial maior e mais propícia, portanto, à troca de umidade com o ambiente.

Verifica-se, ainda, nos dois tipos de amostra (A e B) que o maior ganho de umidade se deu na embalagem de polietileno, o que era provável de ocorrer uma vez que a referida embalagem possui permeabilidade aos gases e vapor de água superior à da embalagem laminada. Visualmente se notou, ao abrir as embalagens no momento da realização da

avaliação da umidade, que a partir dos 60 dias de armazenamento as amostras acondicionadas na embalagem de polietileno apresentavam aglomeração das partículas, com endurecimento e perda da fluidez.

Na Tabela 4.11 tem-se as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais da umidade em função do tempo de armazenamento para as diferentes amostras de pitanga em pó (Tipo A e B) e tipos de embalagem (polietileno e laminada). As análises de variância dessas regressões se encontram nas Tabelas F.1 a F.4 (Apêndice F).

Para a amostra de pitanga em pó do Tipo A acondicionada na embalagem de polietileno, tem-se que a equação linear resultou em ajuste razoável com coeficiente de determinação de 0,9049; já com a equação quadrática se obteve ajuste melhor com coeficiente de determinação igual a 0,9634. Na amostra acondicionada na embalagem laminada, a equação linear não apresentou ajuste tão bom quando comparada com a equação quadrática, que obteve coeficiente de determinação de 0,9673, ante o que a equação quadrática pode ser utilizada de forma satisfatória na predição do comportamento do teor de umidade da polpa de pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento acondicionada em embalagens de polietileno e laminada. SILVA et al. (2005) utilizaram equações quadráticas para descrever o comportamento da umidade do umbu-cajá em pó em função do tempo do armazenamento, acondicionado também em embalagens de polietileno e laminada, e obtiveram valores de coeficiente de determinação de 0,8597 e 0,9304, respectivamente.

Na amostra do Tipo B, a equação que melhor se ajustou aos dados experimentais da umidade na embalagem de polietileno foi a equação quadrática com coeficiente de determinação de 0,9497; já na embalagem laminada os ajustes lineares e quadráticos não foram tão bons para representar o comportamento da umidade em função do tempo de armazenamento, obtendo-se coeficientes de determinação inferiores a 0,9.

Tabela 4.11 - Equações de regressão propostas para o cálculo da umidade da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento

Amostra		Equações	R ²
Tipo A	Polietileno	$U = 7,70 + 0,64t$ (**)	0,9049
		$U = 6,57 + 1,39t - 0,09t^2$ (**)	0,9634
	Laminada	$U = 7,76 + 0,19t$ (**)	0,8462
		$U = 8,27 - 0,14t + 0,04t^2$ (**)	0,9673
Tipo B	Polietileno	$U = 8,04 + 0,63t$ (**)	0,8316
		$U = 6,40 + 1,72t - 0,14t^2$ (**)	0,9497
	Laminada	$U = 7,74 + 0,14t$ (**)	0,8176
		$U = 7,48 + 0,31t - 0,02t^2$ (**)	0,8750

U – umidade (%); t - tempo (dia); (**) significativo a nível de 1% de probabilidade (p-valor < 0,01); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade (p-valor < 0,05)

4.5.2 – Acidez total titulável

Na Tabela 4.12, estão dispostos os valores médios da acidez total titulável para a pitanga em pó do Tipo A, ao longo de 120 dias de armazenamento, acondicionada em diferentes embalagens; para a pitanga em pó do Tipo A acondicionada em embalagem de polietileno, a acidez total titulável apresentou decréscimo percentual de 13,7% no final do armazenamento; verifica-se, estatisticamente, diminuição da acidez entre o tempo 0 e os demais tempos; entre os tempos 20, 40, 60 e 80 dias, entre os tempos 40, 60, 80 e 100 dias e entre 100 e 120 dias, não existe diferença significativa entre as médias mantendo-se a acidez entre esses períodos de armazenamento estatisticamente estabilizada. LOPES et al. (2005) verificaram, para polpa de pitanga congelada, embalada em sacos de polietileno, que a acidez total titulável permaneceu estável durante 90 dias armazenamento.

Constata-se, na embalagem laminada, que a acidez total titulável da pitanga em pó do Tipo A, diminuiu significativamente entre o tempo 0 e 20 dias, mantendo-se estável no tempo de 20 dias até o final do armazenamento. A redução da acidez nesta embalagem foi de 7,4%, decréscimo inferior ao da embalagem de polietileno e ao encontrado por ALEXANDRE (2005) para a pitanga em pó desidratada pelo processo de secagem em

camada de espuma, e armazenada em embalagem laminada durante 60 dias a temperatura ambiente, de 18,4%.

Verifica-se que os coeficientes de variação na análise dos dados da acidez total titulável da pitanga em pó do Tipo A nas duas embalagens, foram inferiores a 1,5%.

Tabela 4.12 – Valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	0,73 a	0,73 a
20	0,69 b	0,68 b
40	0,67 bc	0,68 b
60	0,67 bc	0,69 b
80	0,67 bc	0,68 b
100	0,66 cd	0,67 b
120	0,63 d	0,68 b
Média geral	0,677	0,688
Desvio mínimo significativo	0,027	0,025
Coefficiente de variação (%)	1,41	1,29

Obs.: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Apresentam-se, na Tabela 4.13, os valores médios da acidez total titulável da pitanga em pó do Tipo B acondicionada em diferentes embalagens, durante 120 dias de armazenamento.

Na embalagem de polietileno as amostras do Tipo B, indicaram tendência de decréscimo da acidez total titulável ao longo do armazenamento, mesmo não sendo este decréscimo subsequente, observando-se que entre os tempos 0 e 20 dias a acidez se manteve estável, entre os tempos 20 e 40 dias, entre 40 e 60 dias, entre 60, 80 e 100 dias, e entre 100 e 120 dias, não existe diferença significativa entre os valores médios. No final do armazenamento (120 dias) decréscimo percentual da acidez nesta embalagem foi de 13,5%, redução esta semelhante à encontrada para o pó de pitanga do Tipo A. MÉLO et al. (2000) também notaram decréscimo na acidez ao avaliarem o comportamento de pitangas

semi-maduras acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas sob refrigeração (8 °C) durante 10 dias, com percentual de redução de 9%.

A acidez total titulável da pitanga em pó do Tipo B, armazenada na embalagem laminada, também diminuiu com o tempo atingindo, no final do armazenamento, um percentual de redução de 9,5%, inferior ao percentual atingido na embalagem de polietileno e superior ao da pitanga em pó do Tipo B acondicionada na embalagem laminada. Da mesma forma como ocorreu na embalagem de polietileno, nos primeiros 20 dias de armazenamento a acidez permaneceu estatisticamente inalterada; dos 40 aos 120 dias, os valores da acidez são estatisticamente iguais, exceto aos 80 dias, quando apresentou valor isolado em relação a esses tempos. No estudo do armazenamento da acerola em pó, obtida pelo processo de secagem em camada de espuma, durante 90 dias em embalagem metalizada de polipropileno biorientado, SOARES et al. (2001) verificaram um percentual de decréscimo da acidez total titulável de 14,06%, sendo este valor superior ao ocorrido na embalagem laminada, determinado no presente estudo.

Tabela 4.13 – Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento, em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	0,74 a	0,74 a
20	0,72 ab	0,72 ab
40	0,71 bc	0,67 c
60	0,69 cd	0,67 c
80	0,68 d	0,70 b
100	0,66 de	0,67 c
120	0,64 e	0,67 c
Média geral	0,692	0,692
Desvio mínimo significativo	0,024	0,025
Coefficiente de variação (%)	1,23	1,27

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

A acidez total titulável dos dois tipos de amostra de pitanga em pó (A e B) nas embalagens de polietileno e laminada diminuiu com o tempo de armazenamento; uma das

possíveis explicações para este fato é que o ganho de umidade ocorrido nas amostra devido à troca de vapor de água da amostra com o ambiente de armazenamento, diluiu a concentração dos ácidos orgânicos provocando redução da acidez. O menor percentual de redução foi obtido na amostra do Tipo A acondicionada na embalagem laminada e o maior percentual de redução foi também na amostra do Tipo A, na embalagem de polietileno; entretanto, o percentual de redução da amostra do Tipo B na embalagem de polietileno foi muito próximo, podendo ser considerados equivalentes.

Na Tabela 4.14 tem-se as equações de regressão testadas para estimar a acidez total titulável da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento nas diferentes embalagens (Tabela 4.13). As análises de variância dessas regressões se encontram nas Tabelas F.9 a F.12 (Apêndice F).

Nota-se que, para amostra do Tipo A, as equações quadráticas apresentaram os maiores coeficientes de determinação, com $R^2=0,8614$ para a embalagem de polietileno e $R^2=0,6027$ para a embalagem laminada, significando que os dados da acidez, em função do tempo de armazenamento, podem ser estimados para o pó do Tipo A, na embalagem de polietileno, com razoável precisão, enquanto para a embalagem laminada as equações testadas devem ser evitadas para estimar o comportamento deste parâmetro. Para a amostra do Tipo B na embalagem de polietileno, a acidez pode ser estimada por meio de uma equação linear ($R^2=0,9829$); já na embalagem laminada a equação com o maior R^2 foi a quadrática mas com baixa precisão ($R^2=0,7139$). Para o umbu-cajá em pó armazenado durante 60 dias em embalagens de polietileno e laminada, SILVA et al. (2005) concluíram que a equação quadrática pode representar, satisfatoriamente, o comportamento da acidez total titulável nessas condições de trabalho, apresentando coeficientes de determinação para embalagem de polietileno e laminada iguais a 0,9336% e 0,8370%, respectivamente.

Tabela 4.14 - Equações de regressão propostas para o cálculo da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento

Amostra	Equações	R ²	
Tipo A	Polietileno	ATT = 0,715779 – 0,000648t (**)	0,8298
		ATT = 0,723083 – 0,001086t + 0,000003t ² (*)	0,8614
	Laminada	ATT = 0,706245 – 0,000299t (**)	0,3818
		ATT = 0,719384 – 0,001087t + 0,000006t ² (**)	0,6027
Tipo B	Polietileno	ATT = 0,754509 – 0,015652t (**)	0,9829
		(ns)	-
	Laminada	ATT = 0,723437 – 0,000523t (**)	0,5881
		ATT = 0,737411 – 0,001361t + 0,000006t ² (**)	0,7139

ATT – acidez total titulável (% ácido cítrico); t - tempo (dia); (**) significativo a nível de 1% de probabilidade (p-valor < 0,01); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade (p-valor < 0,05)

4.5.3 – Ácido ascórbico

Na Tabela 4.15, tem-se os valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó do Tipo A, acondicionada em embalagens de polietileno e laminada durante 120 dias de armazenamento, observando-se que os valores médios do ácido ascórbico diferiram estatisticamente entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, durante todo o período de armazenamento nas amostras do Tipo A, armazenadas nos dois tipos de embalagem, além de um decréscimo do ácido ascórbico com o tempo atingindo, no final do armazenamento, percentuais de redução de 36,5 e 26,8% nas embalagens de polietileno e laminada, respectivamente. Nota-se que a embalagem laminada apresentou maior proteção para este tipo de material. GALDINO et al. (2003) também notaram menor diminuição nos valores do ácido ascórbico do umbu em pó, durante 60 dias de armazenamento, nas amostras acondicionadas em embalagem laminada que nas amostras em embalagem de polietileno, atingindo percentuais de redução, no final do armazenamento, de 30,07 e 38,45%, respectivamente.

Tabela 4.15 – Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminado
0	36,09 a	36,09 a
20	34,81 b	35,23 b
40	32,78 c	34,20 c
60	30,60 d	32,80 d
80	27,73 e	30,58 e
100	25,30 f	28,31 f
120	22,90 g	26,43 g
Média geral	30,03	31,95
Desvio mínimo significativo	0,78	0,76
Coefficiente de variação (%)	1,45	1,32

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

São apresentados, na Tabela 4.16, os valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó do Tipo B, durante 120 dias de armazenamento, nos diferentes tipos de embalagem.

Nota-se, na amostra acondicionada em embalagem de polietileno, que o teor de ácido ascórbico permaneceu estatisticamente inalterado até os 20 dias de armazenamento apresentando, a partir daí, diferença estatística entre todas as médias e redução nesses valores, até o final do armazenamento. A perda de ácido ascórbico aos 120 dias atingiu o percentual de 54,2%; já o percentual de redução aos 100 e 80 dias de armazenamento foi de 46,70% e 33,63%, respectivamente, enquanto o percentual de redução aos 100 dias de armazenamento é inferior ao verificado por SOARES et al. (2001) que encontraram um percentual de redução de 52,67% no teor de ácido ascórbico da acerola em pó, desidratada pelo método de secagem em camada de espuma a 70 °C, após 90 dias de armazenamento em embalagem metalizada de polipropileno biorientado.

Tem-se a ocorrência de diferença significativa entre todos os valores médios do ácido ascórbico, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, na amostra do Tipo B, acondicionada na embalagem laminada, na qual se deu redução do ácido ascórbico desde o início até o fim do armazenamento, diferente do ocorrido na embalagem de polietileno; entretanto, a diminuição percentual foi de 45,6% aos 120 dias, mostrando que a

embalagem laminada conseguiu manter melhor o ácido ascórbico que na embalagem de polietileno. FIGUEIRÊDO et al. (2001) obtiveram um percentual de redução de ácido ascórbico no suco de acerola microencapsulado composto, na sua formulação antes da secagem, de 80% de suco de acerola + 15% de maltodextrina + 5% de goma arábica, de apenas 2% após 360 dias de armazenamento.

Tabela 4.16 – Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	36,19 a	36,19 a
20	35,33 a	35,52 b
40	30,97 b	32,71 c
60	27,88 c	30,62 d
80	24,02 d	27,99 e
100	19,29 e	23,26 f
120	16,59 f	19,70 g
Média geral	27,19	29,43
Desvio mínimo significativo	0,88	0,63
Coefficiente de variação (%)	1,79	1,18

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Por outro lado, nos dois tipos de amostra (A e B) de pitanga em pó armazenadas, isto é, em embalagens de polietileno e laminada, a temperatura ambiente sofreu degradação do ácido ascórbico. Em parte, esta redução no teor do ácido ascórbico se deve ao ganho da umidade pelas amostras e, por outro lado, à oxidação do ácido ascórbico que é o mecanismo responsável pela maior parte das perdas de ácido ascórbico nos alimentos (AZEREDO et al., 2004); já segundo ALDRIGUE (2003) em sucos de cítricos desidratados a degradação do ácido ascórbico parece ser somente função da temperatura e da umidade. A oxidação do ácido ascórbico também pode ocorrer em virtude da presença da luz, íons metálicos, oxigênio, reações enzimáticas, em meio de teor de umidade reduzido, a destruição é função da atividade de água (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Segundo FRANCO (2004) a ingestão diária de ácido ascórbico recomendada no Brasil é de 60 mg para homens e mulheres acima de 15 anos de idade, significando que, a pitanga em pó após 120 dias de armazenamento na pior condição de armazenamento estudada (embalagem de polietileno) ainda é uma boa fonte de vitamina C correspondendo a um percentual de aproximadamente 27% da ingestão diária de ácido ascórbico recomendada.

Tem-se, na Tabela 4.17, as equações de regressão linear e quadrática ajustadas aos dados experimentais do ácido ascórbico da pitanga em pó (Tipo A e B) em função do tempo de armazenamento; observar-se que na pitanga em pó do Tipo A as equações lineares e quadráticas apresentaram bom ajuste nos dois tipos de embalagem, com coeficientes de determinação superiores a 0,99, exceto no ajuste linear para a amostra acondicionada em embalagem laminada, que obteve coeficiente de determinação de 0,9715. GOMES et al. (2004) ao ajustarem a equação quadrática aos dados experimentais do ácido ascórbico da acerola em pó acondicionada em embalagem de polietileno, em função do tempo de armazenamento, obtiveram um coeficiente de determinação de 0,9755. Nota-se que as equações de regressão lineares e quadráticas ajustadas aos dados experimentais do ácido ascórbico da pitanga em pó do Tipo B, em função do tempo de armazenamento nos dois tipos de embalagem, apresentaram bom ajuste, com coeficientes de determinação superiores a 0,96. FIGUEIRÊDO et al. (2001) utilizaram uma equação linear para descrever o comportamento do ácido ascórbico da acerola em pó, em função do tempo de armazenamento.

A equação quadrática ajustada aos dados experimentais do ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento utilizada no presente estudo, proporcionou coeficientes de determinação superiores aos encontrados por SILVA et al. (2005) ao testarem também a equação quadrática na representação do ácido ascórbico da acerola em pó, em função do tempo de armazenamento, obtendo coeficientes de determinação de 0,9336 e 0,8370 para as amostras armazenadas em embalagem de polietileno e laminada, respectivamente.

Tabela 4.17 - Equações de regressão propostas para o cálculo do ácido ascórbico da pitanga em pó, em função do tempo de armazenamento

Amostra		Equações	R ²
Tipo A	Polietileno	AA = 39,12 – 2,27t (**)	0,9910
		AA = 37,84 – 1,42t – 0,11t ² (**)	0,9975
	Laminada	AA = 38,58 – 1,66t (**)	0,9715
		AA = 36,73 – 0,43t – 0,15t ² (**)	0,9967
Tipo B	Polietileno	AA = 41,16 – 3,49t (**)	0,9855
		AA = 39,36 – 2,29t – 0,15t ² (**)	0,9909
	Laminada	AA = 40,68 – 2,81t (**)	0,9629
		AA = 37,09 – 0,42t – 0,30t ² (**)	0,9956

AA – ácido ascórbico (mg/100g); t - tempo (dia); (**) significativo a nível de 1% de probabilidade (p-valor < 0,01); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade (p-valor < 0,05)

4.5.4 – Proteínas

Os resultados dos valores médios das proteínas da pitanga em pó do Tipo A, armazenadas durante 120 dias em embalagens de polietileno e laminada a temperatura ambiente, estão apresentados na Tabela 4.18.

Nota-se, na embalagem de polietileno, que o teor de proteínas nas amostras do Tipo A nos primeiros 60 dias de armazenamento permaneceu inalterado; entre 60 e 120 dias observa-se diminuição neste teor com os valores médios apresentando diferença significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A redução das proteínas no final do armazenamento com relação ao início, foi de apenas 3,7%; já na embalagem laminada se constata que não existe diferença significativa entre os valores médios, isto é, o teor de proteínas da amostra do tipo A nesta embalagem permaneceu estável ao longo do armazenamento. GUINÉ (2006) obteve teor de proteínas próximo ao da pitanga em pó para a pêra (cv. D. Joaquina) desidratada em estufa com circulação de ar a 50 °C, que foi de 2,8 g/100g m.s.

Verifica-se que a média geral das proteínas das amostras do Tipo A acondicionadas em embalagens de polietileno e laminada, foi igual a 2,14 e 2,15%, respectivamente, correspondendo a aproximadamente 53% acima do valor da proteína da pitanga *in natura*

relatada por FRANCO (2004) e superior ao valor encontrado por PENA et al. (1996) para o do guaraná em pó, obtido por secagem em secador por aspensão, de 1,88%.

Tabela 4.18 – Valores médios das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento, em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminado
0	2,17 a	2,17 a
60	2,16 a	2,15 a
120	2,09 b	2,14 a
Média geral	2,14	2,15
Desvio mínimo significativo	0,03	0,03
Coefficiente de variação (%)	0,89	1,01

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 4.19, são mostrados os valores médios das proteínas da pitanga em pó do Tipo B acondicionadas em diferentes embalagens, ao longo do armazenamento.

Na embalagem de polietileno os valores médios são estatisticamente diferentes e diminuíram ao longo do armazenamento apresentando redução percentual de 6,4% superior, então, à da amostra do Tipo A, nesta mesma embalagem. O coeficiente de variação foi de apenas 0,83%, que representa a discrepância experimental. AMUSA et al. (2003) também observaram redução no teor de proteínas durante 9 dias de armazenamento do abiu (*Chrysophyllum albidum*), estocado a temperatura ambiente ($26 \pm 2^\circ\text{C}$), indicando valor inicial de 8,75% m.s..

Na embalagem laminada se constata que o teor de proteínas da amostra do Tipo B permaneceu estatisticamente inalterado nos primeiros 60 dias de armazenamento, semelhante ao ocorrido para a amostra do Tipo A; a seguir, o teor de proteínas apresentou decréscimo entre os tempos de 60 e 120 dias de armazenamento, diferente da amostra do Tipo A; em relação ao tempo inicial, a redução das proteínas foi 2,8% no final do armazenamento; o coeficiente de variação foi de 0,76%, valor este inferior ao encontrado para a mesma amostra acondicionada em embalagem de polietileno. O valor médio da proteína da pitanga em pó do Tipo B acondicionado na embalagem laminada, foi de

2,16%; este valor é muito inferior ao valor de 17,23% determinado por MEDEIROS et al. (2006) para o pó de cupuaçu.

Tabela 4.19 – Valores médios das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dias)	Embalagem	
	Polietileno	Laminado
0	2,18 a	2,18 a
60	2,07 b	2,17 a
120	2,04 c	2,12 b
Média geral	2,10	2,16
Desvio mínimo significativo	0,03	0,02
Coefficiente de variação (%)	0,83	0,76

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Observa-se que apenas na amostra do Tipo A acondicionada na embalagem laminada o teor de proteínas não se alterou durante 120 de armazenamento; nas demais amostras a redução máxima no teor de proteínas não ultrapassou 7%; uma possível justificativa para esta diminuição das proteínas também pode ser devida ao aumento da umidade durante o armazenamento, diluindo a concentração das proteínas ou pela desnaturação provocada por alguma alteração físico-química ou química ou, ainda, pelo calor. De acordo com FARFÁN (1994) a palavra desnaturação denota qualquer alteração, ou alterações, nas estruturas quaternária, terciária ou secundária das macromoléculas, e sua extensão é muito difícil de ser medida.

4.5.5 – Extrato alcoólico

Apresenta-se, na Tabela 4.20, os valores médios do extrato alcoólico da pitanga em pó do Tipo A acondicionada em diferentes embalagens e armazenada durante 120 dias; nota-se que a amostra do Tipo A acondicionada tanto na embalagem de polietileno quanto na embalagem laminada, apresentou diferença significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre os valores médios do extrato alcoólico durante o armazenamento e, ainda, uma redução percentual de 60,3% e 64,5% do extrato alcoólico no final do

armazenamento para as amostras acondicionadas nas embalagens de polietileno e laminada, respectivamente. Contrariamente, PEREIRA et al. (2005) não detectaram alteração no teor de extrato alcoólico do tomate em pó acondicionado em embalagem de polietileno, durante 60 dias de armazenamento.

Tabela 4.20 – Valores médios do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo A durante o armazenamento, em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminado
0	4,48 a	4,48 a
60	2,34 b	3,84 b
120	1,78 c	1,59 c
Média geral	2,87	3,30
Desvio mínimo significativo	0,17	0,11
Coefficiente de variação (%)	3,94	2,31

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Os valores médios do extrato alcoólico da pitanga em pó do Tipo B acondicionada em embalagem de polietileno e laminada e armazenada durante 120 dias são apresentados na Tabela 4.21; verifica-se, estatisticamente, um decréscimo dos valores do extrato alcoólico entre os tempos 0 e 60 dias, seguido de uma estabilização dos valores entre os tempos 60 e 120 dias, para a amostra do Tipo B acondicionada nas duas embalagens (polietileno e laminada). A redução percentual do extrato alcoólico entre o tempo inicial e o final, foi de 33 e 11,4% para amostra acondicionada na embalagem de polietileno e laminada, respectivamente. As médias gerais do extrato alcoólico para a pitanga em pó do Tipo B acondicionado nas embalagens de polietileno e laminada, foram 7,02 e 8,17%, respectivamente; esses valores foram inferiores ao determinado por ÖZCAN et al. (2005) estudando o conteúdo do extrato alcoólico (20,36%) dos frutos de espinheiro branco (*Crataegus* spp.).

Tabela 4.21 – Valores médios do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo B durante o armazenamento, em diferentes tipos de embalagem

Tempo de armazenameto (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminado
0	8,71 a	8,71 a
60	6,50 b	8,04 b
120	5,84 b	7,72 b
Média geral	7,02	8,17
Desvio mínimo significativo	0,81	0,46
Coefficiente de variação (%)	7,67	3,74

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Constata-se que a diminuição no teor de extrato alcoólico da pitanga em pó foi maior na amostra do Tipo A, independentemente do tipo de embalagem, atingindo percentuais de redução superiores a 60%. ARLINDO (2005) avaliando o comportamento do extrato alcoólico do pimentão em pó desidratado em secador de bandejas a temperatura de 70 °C, durante 100 dias de armazenamento acondicionado em embalagens de polietileno e laminada, verificou que não houve alteração entre o início e o final do armazenamento.

4.5.6 – Microbiologia

A Tabela 4.22 expõe os valores da análise microbiológica da pitanga em pó do Tipo A avaliada no início e no final do armazenamento (120 dias); observa-se que não houve presença de coliformes fecais, nem de *Staphylococcus aureus* no início nem no final do armazenamento, nas duas embalagens. Detectou-se, nas duas embalagens, a presença de bactérias mesófilas no início do armazenamento, mas a contagem no final foi zero; logo, deve ter havido contaminação da amostra no momento de se enviá-las para análise; a amostra do Tipo A, nas duas embalagens, apresentou presença de bolores e leveduras no início e no final do armazenamento, com valor aos 120 dias superior ao do tempo zero que, provavelmente, deve ter sido ocasionado pelo ganho de umidade que a amostra adquiriu durante o armazenamento. De acordo com a legislação do Ministério da Saúde (BRASIL, 1997) para frutas secas e desidratadas, o limite permitido para bolores e leveduras nesses tipos de produtos, é de 10^3 UFC/g, estando a amostra do Tipo A dentro dos padrões

estabelecidos pela legislação, em todo o período avaliado. Constata-se que o aumento foi de 5 vezes na contagem de bolores e leveduras no final do armazenamento com relação à contagem inicial. A presença de bolores e leveduras detectada por CARVALHO et al. (2005) em abacaxi desidratado a 70 °C, também foi muito pequena (<1) no início e no final do armazenamento (180 dias).

Tabela 4.22 – Análise microbiológica da pitanga em pó, do Tipo A

Parâmetro microbiológico	Embalagem	Tempo de armazenamento (dia)	
		0	120
Coliformes fecais (NMP/g)	Polietileno	0,0	0,0
	Laminada	0,0	0,0
Bactérias mesófilas (UFC/g)	Polietileno	2,0 x 10	0,0
	Laminada	2,0 x 10	0,0
Bolores e leveduras (UFC/g)	Polietileno	2,0 x 10	1 x 10 ²
	Laminada	2,0 x 10	1 x 10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	Polietileno	0,0	0,0
	Laminada	0,0	0,0

Na Tabela 4.23, são apresentados os resultados da análise microbiológica da pitanga em pó do Tipo B avaliada no início e no final do armazenamento (120 dias); constata-se, na amostra do Tipo A, que não houve contaminação na amostra do Tipo B por coliformes fecais e *Staphylococcus aureus* em nenhuma embalagem e tempo de armazenamento, enquanto na amostra do Tipo B foi notória a presença de bactérias mesófilas no início do armazenamento devido, provavelmente, ao mesmo motivo ocorrido na amostra do Tipo A (contaminação da amostra enviada para análise) mas se teve ausência no final do armazenamento. A presença de bolores e leveduras foi detectada no início e no fim da estocagem, em ambas as embalagens, apresentando aumento de 10 (polietileno) e 33 (laminada) vezes no final do armazenamento, com relação ao valor no início; ainda assim, nas duas embalagens essas amostra se encontram com a contagem para bolores e leveduras dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 1997).

Tabela 4.23 – Análise microbiológica da pitanga em pó, do Tipo B

Parâmetro microbiológico	Embalagem	Tempo de armazenamento (dia)	
		0	120
Coliformes fecais (NMP/g)	Polietileno	0,0	0,0
	Laminada	0,0	0,0
Bactérias mesófilas (UFC/g)	Polietileno	1,0 x 10	0,0
	Laminada	1,0 x 10	0,0
Bolores e leveduras (UFC/g)	Polietileno	3,0 x 10	3 x 10 ²
	Laminada	3,0 x 10	1 x 10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	Polietileno	0,0	0,0
	Laminada	0,0	0,0

5 – CONCLUSÕES

Caracterização da polpa de pitanga integral e formulada

◆ Com relação aos parâmetros avaliados, a polpa de pitanga integral e a polpa formulada são estatisticamente diferentes. A polpa integral apresentou maiores valores de umidade, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores, proteínas, extrato alcoólico, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo em relação à polpa formulada. A polpa formulada apresentou maiores valores de sólidos totais e sólidos solúveis totais.

Caracterização física e físico-química da pitanga em pó

◆ Os valores de umidade, açúcares redutores, extrato alcoólico, densidade e tempo de escoamento dos pós do Tipo A e B, diferiram entre si; não houve diferença estatística entre relação aos valores médios de ácido ascórbico, acidez total titulável e proteínas das amostras Tipo A e B.

Caracterização reológica da polpa de pitanga integral e formulada

◆ Todas as amostras apresentaram comportamento não-newtoniano e pseudoplástico.

◆ Os modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk representaram satisfatoriamente o comportamento reológico das polpas de pitanga integral e formulada, com superioridade dos modelos de Herschel-Bulkley e de Mizrahi-Berk.

Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó

◆ Para a pitanga em pó do Tipo A e B, o modelo de Peleg foi, de maneira geral, o que melhor representou as isotermas de adsorção de umidade.

Armazenamento da pitanga em pó

◆ A umidade dos pós do Tipo A e B aumentou com o tempo de armazenamento nas duas embalagens utilizadas, com maior acréscimo na embalagem de polietileno. O comportamento da umidade com o tempo pode ser representado por equações do tipo quadrática.

◆ A acidez total titulável nas amostras A e B nas embalagens de polietileno e laminada, diminuiu com o tempo de armazenamento. Equações do tipo linear representaram, de forma razoável, o decréscimo de acidez com o tempo de armazenamento das amostras A e B armazenadas em polietileno.

◆ Em todas as amostras ocorreu degradação do ácido ascórbico com o tempo de armazenamento. Equações do tipo linear e quadrática representaram satisfatoriamente essa degradação.

◆ Apenas a amostra do Tipo A acondicionada em embalagem laminada, manteve o teor de proteínas estatisticamente inalterado durante o período de 120 dias de armazenamento; nos demais casos ocorreram decréscimos.

◆ Os valores médios do extrato alcoólico das amostras do Tipo A e B, diminuíram durante o tempo de armazenamento nos dois tipos de embalagem.

◆ Nas amostras do Tipo A e B não houve presença de coliformes fecais nem de *Staphylococcus aureus*, no início nem no final do armazenamento; verificou-se presença de bactérias mesófilas no início do armazenamento mas a contagem final foi zero. A contagem de bolores e leveduras se manteve dentro dos padrões estabelecidos na legislação brasileira, no início e no final do armazenamento.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNO, R. A. C. **Reologia de sucos de frutas tropicais: manga, maracujá, mamão e goiaba**. 1997. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ALDRIGUE, M. L. Vitamina C. In: ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB/Idéia, 2003. v. 2, cap. 6, p. 261-285.

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

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

AMUSA, N. A.; ASHAYE, O. A.; OLADAPO, M. O. Biodeterioration of the African star apple (*Chrysophyllum albidum*) in storage and the effect on its food value. **African Journal of Biotechnology**, Nigeria, v. 2, n. 3, p. 56-59, 2003.

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

ARLINDO, D. M. **Armazenabilidade de pimentão em pó**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ASSUNÇÃO, A. B.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C.; PENA, R. S. Hygroscopic behavior of the powdered açai (*Euterpe oleracea*). In: MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING (ENPROMER), 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. CD.

AWARD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

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

AZOUBEL, P. M.; CIPRIANI, D. C.; EL-AOUAR, Â. A.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. **Journal of Food Engineering**, Amsterdan, v. 66, n. 4, p. 413-417, 2005.

BAKAN, J. A microencapsulation of foods and related products. **Food Tecnology**. Chicago, v. 17, n. 11, p. 34-44, 1973.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, p. 13-25.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BEUCHAT, L. R. Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of yeast's and molds. **Journal of Food Protection**, New York, v. 46, n. 1, p. 135-141, 1983.

BEZERRA, J. E. F.; SILVA JR, J. F. da; LEDERMAN, I. E. **Pitanga (*Eugenia uniflora* L.)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 30 p. (Série Frutas Nativas, 1).

BEZERRA, J. R. M. V.; QUEIROZ, A. J. de M.; GASPARETTO, C. A. Reologia de polpa de manga e ajuste dos parâmetros reológicos em função da temperatura. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p.37-42, 2001.

BHANDARI, B.R.; SENOUSI, A.; DUMOULIN, E.D.; LEBERT, A. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, New York, v. 11, n. 5, p 1081-1093, 1993.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de transporte**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2004. 838 p.

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

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

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

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2003. 135 p.

BOENTE, G. GONZÁLEZ, H. H. L.; MARTÍNEZ, E. POLLIO, M. L.; RESNIK, S. L. Sorption isotherms of corn-study of mathematical models. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 115-128, 1995.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 4. ed. Natal: Universitária UFRN, 1985. 540p.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, supl., p. 166-171, 2003.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico de misturas de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura utilizando modelo de Casson. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 183-189, 2005.

BRANDELERO, R. P. H.; VIEIRA, A. P.; TELIS, V. R. N.; TELIS-ROMERO, J.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por

métodos combinados: Isoterma de sorção e cinética de desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 285-290, 2005.

BRASEQ – BRASILEIRA DE EQUIPAMENTOS Ltda. **Entendendo a atividade de água (A_a) e sua importância para a qualidade de alimentos e outros produtos em geral**. Jarinu: Braseq, 2006. 10 p.

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

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 451, de 19 de Setembro de 1997**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/rejeita-faixa/legis/portarias/451_97.htm>. Acesso em: 15 mar. 2006.

BROOKER, D. B.; ARKEMA, F. W. B.; HALL, C. W. **Drying cereal grains**. Connecticut: The AVI Publishing, 1974. 265 p.

CABRAL, M. F. P. **Comportamento reológico da polpa de cupuaçu**. 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

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

CAMARGO, R.; FONSECA, H.; GRANER, M.; PRADO FILHO, L. G.; CARUSO, J. G. B.; ANDRADE, M.; NOGUEIRA, J. N.; CANTARELI, .R.; LIMA, U. A.; OLIVEIRA, A. J.; MOREIRA, L. S. **Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 174p.

CARDOSO, R. L.; FERREIRA, V. L.; MONTGOMERY, M. W.; YOTSUYANAGI, K. Efeito do tempo, luz e temperatura na cor da geléia de jambo vermelho (*Eugenia malaccensis* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 1, p. 28-31, 1997.

- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVAN, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAIS, R. M. **Análise química de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121 p.
- CARVALHO, L. R. de; PINHEIRO, B. E. C.; VIEIRA, G.; MAGALHÃES, J. T. de. Análise da qualidade higiênico-sanitária de frutas desidratadas a serem utilizadas em formulação de chocolate caseiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBPCFT, 2005. CD.
- CASTRO, A. G. de; COVAS, J. A.; DIOGO, A. C. **Reologia e suas aplicações industriais**. Lisboa: Ciência e Técnica/Instituto PIAGET, 2001. 462 p.
- CASTRO, F. A. F.; AZEVEDO, R. M. C.; SILVEIRA, I. L. **Estudo experimental dos alimentos: Uma abordagem prática**. Caderno didático, Viçosa: UFV, n. 28, 1998. 530 p.
- CAVALCANTE, M. L. **Composição de carotenóides e valor de vitamina A na pitanga (Eugenia uniflora) e acerola (Malpighia glabra)**. 1991. 73 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.
- CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1992. 31 p.
- CHAVES, M. G.; SGROPPO, S. C.; AVANZA, J. R. Isotermas de adsorción de berenjenas deshidratadas. **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, Universidade Nacional del Nordeste, Resumen, E-081, p.1-4, 2004.
- CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1992. v. 1, 333 p.
- CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 – a review. **Journal of Food Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 159-174, 1978.

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

CHITARRA, M. I. F. **Colheita e qualidade de produtos vegetais**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. 58 p.

CONCEIÇÃO, R. S. da. **Comportamento reológico da polpa de goiaba (*Psidium guajava*, L.)**. 2000. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

CONSTANT, P. B. L. **Microencapsulamento de bixina: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações**. 1999. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JR, P. C.; STRINGHETA, P. C.; CARDOSO, J. B. Estudo do fenômeno de adsorção de água e seleção de modelos matemáticos para representar a higroscopicidade do café solúvel. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2000.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JR, P. C.; ANDRADE, E. T. de. Modelagem matemática da atividade de água em polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 283-287, 2001.

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

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

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos: frutas, vegetais, ervas, temperos, carnes, peixes, nozes, sementes**. Rio de Janeiro: Publicações Globo Rural, 1989. (Coleção Agricultor, Alimentos).

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

DI PAULA, B.; OCHI, T.; SILVA, T. A. C.; CASTRO, F. C.; ESTEVES, T. C. F.; MOURA, M. R. L.; GREGORIO, S. R. Tomates secos processados por desidratação osmótica e infundidos em óleo de soja saborizado com ervas aromáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA. CD.

DOMINGUES, A. de M.; ABADIO, F. D. B.; OLIVEIRA, V. M. de; BORGES, S. V.; GAY, J. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananas comosus*.) em pó desidratado por spray dryer otimizado através da análise de superfície de resposta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. CD.

DONADIO, L. C. Study of some Brazilian Myrtaceae in Jaboticabal – SP. **Acta Horticultura**, Curitiba, v. 1 n. 452, p. 181-183, 1997.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Editora Novos Talentos, 2004. 248 p.

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

DURAN, L.; COSTELL, E. Rheology of apricot puree: Characterization of flow. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 13, n. 25, p. 43-58, 1982.

EMBRAPA. **Curso de processamento de frutos e hortaliças**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CTAA, 1992. 130 p.

EPSTEIN, G. J. Pitanga, gostosa e perfumada. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 2, n. 2, p. 13-16, 1998.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 1994. 652 p.

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

FARFÁN, J. A. **Química de proteínas aplicada à ciência e tecnologia dos alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 1994. 134 p.

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

FERREIRA, G. M. **Reologia de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.) e goiaba (*Psidium guajava*, L.)**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. de M.; CONCEIÇÃO, R. S. da; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura sobre o comportamento reológico da polpa de açaí (*Euterpe Oleracea*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002a, Salvador. **Anais...** Salvador: CONBEA. CD.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. de M.; CONCEIÇÃO, R. S. da; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 175-183, 2002b.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia punucifolia*, L.)**. 1998. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

FIOREZE, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: UFPB, 2004. 229 p.

FIOREZE, R.; MADRUGA, M. S. Tecnologia de alimentos de origem vegetal. In: ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: UFPB/Idéia, 2003. v. 2, p. 43-111.

FRAIFE FILHO, G. de A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. Disponível em: < <http://www.ceplac.gov.br/radar/pitanga.htm> >. Acesso em 09/02/2006. Às 15:11 hs.

FRANCISONI, A. D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M. de; BORGES, S. V.; GAY, J. Influência da concentração de maltodextrina e velocidade de atomização sobre as propriedades físicas do suco de maracujá desidratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. CD.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2004. 307 p.

FURUTA, T.; HAYASHI, H.; OHASHI, T. Some criteria of spray dryer design for food liquid. **Drying Technology**, New York, v.12, n.1-2, p.151-177, 1994.

FURTADO, B. F.; CORRÊA, P. C.; SILVA, F. S. da. Efeito do estágio de maturação no comportamento mecânico de frutos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32. Goiânia, 2003. **Anais...** Goiânia: SBEA. CD.

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

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

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

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

GOMES, P. M. de A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Avaliação de modelos matemáticos de isotermas de sorção de umidade em acerola em pó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32. Goiânia, 2003. **Anais...Goiânia: SBEA. CD.**

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

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1975. 446 p.

GONÇALVES, J. R. **Introdução à reologia de alimentos fluidos: reologia e textura de alimentos**. Campinas: ITAL, 1989. Cap. 2, p. 6-11.

GOUVEIA, J. P. G.; CAVALCANTI, M. de F. B. S.; ARAÚJO, M. E. R. de; RIBEIRO, C. de F. A.; PEDROZA, J. P. Análise de sólidos solúveis totais (°Brix) e pH em dois tipos de pitangueiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA. CD.

GRANGEIRO, A. A. **Reologia da polpa de figo-da-índia**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National Bur. of Standards**, Gaithersburg, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

GUINÉ, R. P. F. Análise das características químicas e físicas de pêras secadas. **Educação, ciência e Tecnologia**. p. 213-221. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millennium/millennium29/29.pdf>> Acesso em 31/03/2006. Às 15:45 hs.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium catlleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp.*)**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HARRIS, R. S. Effects of agricultural practices on foods of plant origin. In: HARRIS, R.S.; KARMAS, E. (Ed.) **Nutritional evaluation of food processing**. Connecticut: AVI Publishing, cap. 6, p. 33-57, 1977.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971.

HOSSAIN, M. D.; BALA, B. K.; HOSSAIN, M. A.; MONDOL, M. R. A. Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 48, p. 103-107, 2001.

HUFENUSSLER, M.; KACHAN, G. C. Secagem de purê de banana em um secador de leite jorro. In: ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS. 12., 1985. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, v.2, p 340-354.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; GUTIÉRREZ, J.; VICENTE, M. Rheological Properties of Clarified Pear Juice Concentrates. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 57-63, 1989.

ICMSF – COMISSÃO INTERNACIONAL PARA ESPECIFICAÇÕES MICROBIOLÓGICAS DOS ALIMENTOS. São Paulo: Varela, 1997. 377 p.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. BET monolayer in dehydrated foods and food components. **Lebensmittel - Wissenschaft & Technologie**, London, v. 9, n. 2, p. 107-113, 1976.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985. v. 1, 553 p.

ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Banana Passa: Princípios de Secagem, Conservação e Produção Industrial**. Campinas: Manual Técnico, 1993. n. 1, Ano 1.

YANNIOTIS, S. A new method for interpolating and extrapolating water activity data. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 81-96, 1994.

JACKSON, L. S.; LEE, K. Microencapsulation and food industry. **Lebensmittel - Wissenschaft & Technologie**, London, v. 42, n. 4, p. 289-297, 1991.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1993. 777 p.

JOHNSON, P. N. T.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of plantain (*Musa*, AAB). **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 44, n. 2, p. 79-84, 2000.

KING, A H. Encapsulation of food ingredients: a review of available technology, focusing on hydrocolloids. In: ACS SYMPOSIUM SERIES, n. 590, 1995. **Encapsulation and controlled release of food ingredients**. Washington: American Chemical Society, 1995. p. 26-39.

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

KUYE, A.; SANNI, L. O. Analysis of the equilibrium moisture sorption data for lafun and soyflour. **Journal of Modeling, Design and Management of Engineering Systems**, v. 1, n. 1, p. 63-71, 2002.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M. Adsorption-desorption isotherms and heat of sorption of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 249-261, 2004.

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

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; CALADO, G. **A pitangueira em Pernambuco**. Recife: IPA, 1992. 20 p. (IPA, Documento, 19).

LEITE, J. T. de C. **Obtenção de extrato de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) por abaixamento de temperatura e secagem por spray dryer**. 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

LEITE, J. T. de C.; PARK, K. J.; RAMALHO, J. R. P.; FURLAN, D. M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 202-210, 2004.

LEITE, J. C. A.; ALMEIDA, F. de A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M. da; QUINTANS, E. P. Modelos matemáticos representativos da umidade de equilíbrio para polpa de banana maçã (*Musa* sp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA CD.

LEUNG, H. K. Structure and properties of water. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 26, n. 7, p. 350-352, 1981.

LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; FERREIRA, E. G.; SILVA, A. Q. da.; SILVA, H. Características físico-químicas de frutos e avaliação biométrica da pitangueira no Estado da Paraíba. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 14, 1995. Recife. **Resumos...** Recife, Resumos 1-18, pg. 17. 1995.

LIMA, M. L.; SANTOS, C. I.; COSTA, F. A.; LIMA, M. F. M.; SANTOS, E. M. B. D.; CARVALHO, L. P. Desidratação de polpas de frutas tropicais em leite de jorro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, São Carlos, 1995. **Anais...** São Carlos: CONBEQ-IC, p. 121-123.

LIRA, F. A. O. Propriedades reológicas de alimentos fluidos. In: ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propriedades físicas em indústrias de alimentos.** Zaragoza: Acribia, 2001. cap. 1, p. 89-108.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part II: Milk, coffee, tea, nuts, oilseeds, spices and starchy foods. **Lebensmittel - Wissenschaft & Technologie**, London, v. 18, n. 1, p. 118-124, 1985.

LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. de A.; MENEZES, H. C. de. Estabilidade da Polpa de Pitanga sob Congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

MACHADO, J. C. V. **Reologia e viscometria.** Apostila, 74 f. PETRÓBRAS: SEREC/CEN – NOR, 1996.

MAROULIS, Z. B.; TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D. Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v.7, n. 1, p. 63-78, 1988.

MASTERS, K. **Spray drying: an introduction to principles, operation practice and applications.** London: Leonard Hill Books, 1972. 668 p.

MATTIETTO, R. de A.; SOARES, M. da S.; RIBEIRO, C. C. Caracterização física e físico-química do fruto de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) proveniente de **Belém** –

PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 1., 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. CD.

M_CCLEMENTS, J. **Food Biopolymers and Colloids Research Laboratory**. University of Massachusetts Amherst. Disponível em: <<http://www.unix.oit.umass.edu/~mcclemen/581Rheology.html>>. Acesso em: 06/12/2005.

MEDEIROS, S. S. A. **Obtenção de pó de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) para umbuzada: Processamento e caracterização do pó**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. de M.; LANNES, S. C. da S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. **Journal of Food Engineering**: Amsterdam, v. 73, p. 402-406, 2006.

MÉLO, E. de A.; LIMA, V. L. A. G. de; NASCIMENTO, P. P. do. Temperatura no armazenamento de pitanga. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 629-634, 2000.

MELO, H. C. **Tecnologia de secagem de frutos**. Curso pela UFPB – Campus I. João Pessoa. 1994.

MIZRAHI, S.; BERK, Z. Flow behaviour of concentrated orange juice: Mathematical treatment. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 3, n. 1, p. 69-79, 1972.

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

MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, A.; CHIRALT, A. Water sorption isotherms and phase transitions in kiwifruit. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 147-156, 2006.

MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Water sorption isotherms and glass transition in strawberries: influence of pretreatment. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 62, n. 4, p. 315-321, 2004.

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

MUNIZ, M. B. **Características químicas, reológicas e termofísicas de polpas de bacuri**. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

NAGY, S.; CHEN, C. S.; SHAW, P. E. **Fruit juice processing technology**. Flórida: Agscience, 1993. 713 p.

NASCIMENTO, S. S. Fomento à Produção e à Pesquisa da Mangaba e outras Fruteiras Potenciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 1., 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA. CD.

NAVARRO, R. F. **Fundamentos de reologia de polímeros**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1997. 264 p.

NOGUEIRA, C. M. C. da C. D. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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

OLIVEIRA, A. P. V. de; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M. de T. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 191-196, 2003.

OLIVEIRA, J. L. de; GOUVEIA, J. P. G. de; ALMEIDA, F. de A. C.; SILVA, M. M. da; SILVA, F. L. H. da. Isotermas de adsorção em polpa de tamarindo: Avaliação de modelos matemáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA. CD.

OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananas comosus* L. Mer). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 565-569, 2005.

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

OLIVEIRA, R. P. S.; MENEGALLI, F. C. Comportamento reológico do suco de acerola. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2., 1998, Bahia Blanca, Argentina. **Anales...** Bahia Blanca: PALPIQUI, 1998. CD.

OMAR, B. Z.; RAPHAELIDE, S.; KESTELOOT, R. Texture evaluation on French acid-type fresh cheeses. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 26, n. 3, p. 325-338, 1995.

ORREGO-ALZATE, C. E.; GIRALDO-GÓMEZ, G. I.; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, M. E. Calorimetric study and adsorption isotherms of freeze-dried tomato tree (*Cyphomandra betacea* (Cav) Send) juice. In: MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING, 2., MERCOSUR CONGRESS ON PROCESS SYSTEMS ENGINEERING, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENPROMER. CD.

ÖZCAN, M.; HACISEFEROGULLARI, H.; MARAKOGLU, T.; ARSLAN, D. Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: some physical and chemical properties. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 69, p. 409-413, 2005.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

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

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

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Calor de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*) obtido em “Spray dryer”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 111-115, 1996.

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

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Levantamento de isoterma de adsorção de umidade à 25 °C, do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó, obtido por atomização em spray drier. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABEQ, v. 2.

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

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

PEREIRA, I. E. **Secagem e armazenamento do tomate em pó**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2005.

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

QUEIROZ, A. J. de M.; BEZERRA, J. R. M. V.; GASPARETTO, C. A. Influência de diferentes teores de sólidos insolúveis suspensos nas características reológicas de sucos de abacaxi naturais e despectinizados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 75-79, 2000.

QUEIROZ, F. **Estudo da cinética de extração do óleo essencial de capim - limão com dióxido de carbono líquido**. 1993. 70 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RAHMAN, M. S.; PERERA, C. O.; THEBAUD, C. Desorption isotherm and heat pump drying kinetics of peas. **Food Research International**, Barking, v. 30, n. 7, p. 485-491, 1998.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. Central Food Technological Research Institute Mysore. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1977. 634 p.

RAO, M. A.; RIZVI, S. S. **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, p. 1-47, 1986.

RAO, M. A.; ANANTHESWARAN, R. A. Rheology of fluid in food processing. **Food Technology**, Chicago, v. 36, n. 2, p. 116-126, 1982.

RÉ, M. I.; HIGA, M. Influência das propriedades físicas de uma solução nas propriedades do produto seco obtido em "Spray drying". In: ENEMP, 23. Maringá. **Anais...** Maringá, v. 1. p. 413-420. 1995.

REINECCIUS, G. A. **Spray drying of food flavors**. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. (Eds). Flavor Encapsulation. American Chemical Society Symposium Series nº 370, Washington, DC: American Chemical Society, p.55-66, 1988.

REINECCIUS, G. A. **Flavor encapsulation**. In: Food reviews international. Chicago. v.5, n. 2, p.147-173, 1989.

REINECCIUS, G.A. Carbohydrates for flavor encapsulation. **Food Technology**, Chicago, v. 1, n. 1, p. 144-146, 1991.

REIS, A. L. S. M. H. **Avaliação das propriedades físicas e químicas do suco de abacaxi (*Ananas sativus*, Schult) e maracujá (*Passiflora edulis*, f. *flavicarpa*) em pó desidratados por “spray dryer”**. 1999. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

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

RISCH, S. J. Encapsulation: overview of uses and techniques. In: ACS SYMPOSIUM, 590. Encapsulation and controlled release of food ingredients. **American Chemical Society**, Chicago, p. 2-7, 1995.

RIZVI, S. S. H. Thermodynamic properties of foods in dehydration. **Engineering properties of Foods**, New York: Academic Press., p. 155-165, 1986.

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

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I.J. & TALMON, Y. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 36, p. 1288-1294, 1990.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; MELO FILHO, A. B. de. Polpa de fruta congelada: Efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 303-308, 1999.

SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; FILHO, J. M.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1996. 361 p.

SANTOS, J. W. dos; ALMEIDA, F. de A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, A. S. **Estatística experimental aplicada: tópicos de engenharia agrícola e agrônômica**. Campina Grande: Marcone, 2003. 213 p.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Caracterização reológica da polpa de jabuticaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA. CD.

SCHWARTZ, M. M. Secado por atomización: factores que intervienen en la retención del aroma de los alimentos. **Alimentos**, v. 14, n. 4, p. 65-67, 1989.

SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 6, p.501-547, 1993.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of América: Wiley-Interscience, 2000. 348 p.

SILVA, C. V.; BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J. Fracionamento e germinação de sementes de *Eugenia*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 86-92, 2005.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químico e biológico**. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV. 1981. 166 p.

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

SILVA, F. da. **Avaliação do teor e da composição química do óleo essencial de plantas medicinais submetidas a processos de secagem e armazenamento**. 2005. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

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

SILVA, Y. C. **Obtenção de cajá em pó utilizando um secador por atomização: Caracterização física, físico-química e sensorial do pó**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, Y. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M. Atividade de água de cajá em pó microencapsulado com amido modificado: Estudo de dois modelos matemáticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBPCFT. CD.

SILVA, M. A.; SOBRAL, P. J. A.; KIECKBUSCH, T. G. State diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, In Press, Corrected Proof, Available online 25 August 2005, p. 1-7, 2005.

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

SILVA, S. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

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

STREETER, V. L. **Mecânica de fluidos**. México: McGraw Hill, 1996. 594 p.

SUGAI, A. Y.; TADINI, C. C.; TRIBESS, T. B. Influência da temperatura do tratamento térmico sobre os parâmetros reológicos do purê de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Haden. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBCTA. CD.

TEPPER, B. J.; SHAFFER, S. E.; SHEARER, C. M. Sensory perception on fat in common properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 4, p. 417-424, 1994.

TYLER, V. E. Phytomedicines: back to the future. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 62, p. 1589-1592, 1999.

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

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

TREYBALL, R. B. **Drying mass transfer: operations**. New York: McGraw-Hill, 1968. p. 569-575.

TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D.; MAROULIS, Z. B. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 1, p. 1594-1597, 1625, 1990.

VENCATO, C. E.; MARCZAK, L. F. D.; NOREÑA, C. P. Z.; KITASAWA, S. Moisture sorption isotherms of organic soy protein (NGMO). In: MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING, 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENPROMER. CD.

VIDAL, J. R. M. B. **Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica* L-Keitt)**. 2000. 159 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 1, n. 2, p. 69-76, 2000.

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

VIEIRA, R. C. de C. **Atlas de mecânica dos fluidos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

VIOLLAZ, P. E.; ROVEDO, C. O. Equilibrium sorption isotherms and thermodynamic properties of starch and gluten. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 40, n. 27, p. 287-292, 1999.

VITALI, A. A.; RAO, M. A. Flow behavior of guava puree as a function of temperature and concentration. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 13, n. 3, p. 275-289, 1982.

WOLF, W. R.; SPIESS, W. E. L. Advances in water sorption characteristics, measurement and description. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J. W. **Food preservation by moisture control: fundamentals and applications**. Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. 1995. p. 155-168.

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Análise de variância dos sólidos totais (%) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	176,62786	176,62786	11407,1312**
Resíduo	10	0,15484	0,01548	-
Total	11	176,78270	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.2 – Análise de variância da umidade (%) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	176,62786	176,62786	11407,1312**
Resíduo	10	0,15484	0,01548	-
Total	11	176,78270	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.3 – Análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	208,33333	208,33333	39062,5000**
Resíduo	10	0,05333	0,00533	-
Total	11	208,38667	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.4 – Análise de variância do pH da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,00030	0,00030	5,2941*
Resíduo	10	0,00057	0,00006	-
Total	11	0,00087	-	-

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p- valor < 0,05)

Tabela A.5 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	1,52154	1,52154	958,0888**
Resíduo	10	0,01588	0,00159	-
Total	11	1,53743	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.6 – Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	21,44575	21,44575	175,0539**
Resíduo	10	1,22509	0,12251	-
Total	11	22,67084	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.7 – Análise de variância das cinzas (%) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,01065	0,01065	302,1182**
Resíduo	10	0,00035	0,00004	-
Total	11	0,01100	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.8 – Análise de variância dos açúcares redutores (% glicose) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,55638	0,55638	649,4540**
Resíduo	10	0,00857	0,00086	-
Total	11	0,56495	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.9 – Análise de variância das proteínas (%) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,57387	0,57387	8500,6686**
Resíduo	10	0,00068	0,00007	-
Total	11	0,57454	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.10 – Análise de variância dos extratos alcoólicos (%) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	1,04867	1,04867	18,9275**
Resíduo	10	0,55405	0,05540	-
Total	11	1,60272	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.11 – Análise de variância da luminosidade (L*) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	15,91603	15,91603	334,0663**
Resíduo	10	0,47643	0,04764	-
Total	11	16,39247	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.12 – Análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	56,68053	56,68053	814,9219**
Resíduo	10	0,69553	0,06955	-
Total	11	57,37607	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela A.13 – Análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) da polpa de pitanga integral e formulada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	36,40083	36,40083	155,9969**
Resíduo	10	2,33343	0,23334	-
Total	11	38,73427	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,389	0,063	83,920
1,361	1,024	24,733
1,845	1,656	10,233
2,270	2,197	3,224
2,674	2,686	0,435
3,101	3,139	1,238
3,498	3,567	1,960
3,891	3,973	2,102
4,258	4,363	2,467
4,628	4,739	2,398
5,026	5,100	1,481
5,394	5,454	1,104
5,756	5,797	0,716
6,084	6,132	0,796
6,448	6,458	0,155
6,781	6,779	0,033
7,126	7,093	0,460
7,455	7,400	0,738
7,772	7,703	0,884
8,125	8,002	1,519

Tabela B.2 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,291	0,135	53,709
1,584	1,298	18,073
2,075	1,915	7,713
2,496	2,408	3,531
2,839	2,834	0,193
3,165	3,216	1,598
3,493	3,566	2,082
3,793	3,891	2,593
4,104	4,198	2,297
4,387	4,489	2,327
4,666	4,765	2,112
4,946	5,030	1,700
5,215	5,285	1,350
5,469	5,532	1,146
5,731	5,768	0,654
6,010	6,000	0,174
6,262	6,224	0,606
6,512	6,441	1,087
6,763	6,654	1,607
7,020	6,862	2,245

Tabela B.3 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,308	0,142	53,834
1,502	1,233	17,893
1,977	1,788	9,581
2,333	2,224	4,689
2,580	2,597	0,658
2,853	2,930	2,696
3,131	3,233	3,272
3,463	3,514	1,486
3,661	3,778	3,205
3,911	4,028	2,979
4,142	4,263	2,918
4,403	4,489	1,957
4,630	4,706	1,646
4,867	4,915	0,989
5,091	5,116	0,482
5,330	5,311	0,361
5,541	5,500	0,737
5,776	5,684	1,590
5,977	5,862	1,921
6,179	6,037	2,301

Tabela B.4 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,320	0,153	52,119
1,478	1,214	17,863
1,864	1,733	7,053
2,193	2,136	2,622
2,478	2,478	0,002
2,734	2,782	1,739
2,981	3,057	2,551
3,216	3,311	2,959
3,460	3,549	2,573
3,673	3,773	2,722
3,903	3,984	2,074
4,103	4,186	2,032
4,309	4,380	1,650
4,522	4,566	0,978
4,720	4,744	0,519
4,926	4,918	0,166
5,120	5,086	0,669
5,315	5,249	1,248
5,524	5,406	2,135
5,700	5,560	2,451

Tabela B.5 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,323	0,184	43,074
1,473	1,237	16,021
1,855	1,716	7,469
2,144	2,081	2,938
2,367	2,386	0,824
2,582	2,654	2,803
2,812	2,896	2,979
3,039	3,117	2,558
3,223	3,322	3,082
3,419	3,515	2,807
3,634	3,696	1,695
3,778	3,868	2,386
3,981	4,033	1,299
4,143	4,190	1,142
4,335	4,341	0,132
4,497	4,487	0,232
4,648	4,627	0,442
4,832	4,763	1,429
5,010	4,895	2,291
5,159	5,024	2,623

Tabela B.6 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,757	0,473	37,547
3,967	3,626	8,588
5,260	5,147	2,157
6,330	6,323	0,113
7,279	7,320	0,559
8,112	8,202	1,105
8,904	9,001	1,085
9,631	9,737	1,097
10,330	10,425	0,916
10,990	11,072	0,745
11,610	11,681	0,612
12,210	12,265	0,450
12,780	12,824	0,340
13,330	13,360	0,223
13,870	13,873	0,021
14,390	14,372	0,127
14,900	14,855	0,305
15,390	15,320	0,455
15,870	15,775	0,598
16,330	16,218	0,686

Tabela B.7 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,744	0,353	52,526
3,180	2,828	11,057
4,212	4,044	3,991
5,019	4,990	0,581
5,742	5,794	0,912
6,421	6,508	1,358
7,047	7,156	1,550
7,651	7,754	1,350
8,194	8,314	1,468
8,724	8,842	1,349
9,237	9,339	1,101
9,727	9,816	0,912
10,220	10,272	0,512
10,670	10,711	0,385
11,140	11,131	0,077
11,570	11,540	0,257
11,990	11,936	0,448
12,400	12,318	0,659
12,800	12,692	0,843
13,200	13,056	1,090

Tabela B.8 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,730	0,327	55,189
2,804	2,443	12,859
3,576	3,452	3,469
4,248	4,230	0,434
4,841	4,887	0,951
5,368	5,468	1,859
5,893	5,993	1,700
6,358	6,477	1,866
6,811	6,928	1,720
7,244	7,352	1,498
7,661	7,752	1,183
8,063	8,134	0,880
8,452	8,499	0,561
8,822	8,850	0,318
9,188	9,186	0,027
9,534	9,511	0,237
9,868	9,827	0,418
10,210	10,131	0,778
10,540	10,427	1,067
10,860	10,716	1,322

Tabela B.9 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,564	0,231	58,959
2,042	1,753	14,164
2,642	2,482	6,054
3,091	3,045	1,475
3,500	3,522	0,636
3,883	3,944	1,567
4,244	4,326	1,920
4,570	4,677	2,339
4,889	5,005	2,377
5,197	5,314	2,250
5,505	5,604	1,806
5,790	5,883	1,602
6,068	6,149	1,334
6,350	6,404	0,856
6,629	6,649	0,299
6,896	6,886	0,140
7,168	7,116	0,722
7,430	7,338	1,242
7,680	7,554	1,637
7,929	7,765	2,068

Tabela B.10 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Oswald-de-Waele

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,566	0,217	61,673
1,837	1,526	16,907
2,263	2,134	5,682
2,634	2,600	1,309
2,965	2,991	0,868
3,254	3,335	2,489
3,562	3,646	2,344
3,819	3,930	2,920
4,084	4,196	2,745
4,334	4,445	2,567
4,579	4,679	2,189
4,821	4,903	1,701
5,050	5,117	1,319
5,284	5,321	0,706
5,484	5,517	0,600
5,730	5,707	0,406
5,928	5,890	0,638
6,147	6,067	1,305
6,340	6,239	1,588
6,604	6,407	2,984

Tabela B.11 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,389	0,516	32,542
1,361	1,221	10,253
1,845	1,756	4,831
2,270	2,237	1,475
2,674	2,685	0,424
3,101	3,112	0,358
3,498	3,522	0,675
3,891	3,917	0,674
4,258	4,303	1,046
4,628	4,678	1,085
5,026	5,043	0,342
5,394	5,403	0,169
5,756	5,756	0,008
6,084	6,104	0,328
6,448	6,444	0,064
6,781	6,781	0,000
7,126	7,114	0,173
7,455	7,440	0,200
7,772	7,765	0,095
8,125	8,086	0,485

Tabela B.12 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,291	0,451	55,038
1,584	1,396	11,900
2,075	1,952	5,945
2,496	2,411	3,406
2,839	2,816	0,797
3,165	3,186	0,668
3,493	3,529	1,043
3,793	3,852	1,558
4,104	4,159	1,341
4,387	4,452	1,486
4,666	4,732	1,411
4,946	5,003	1,155
5,215	5,266	0,969
5,469	5,520	0,932
5,731	5,766	0,607
6,010	6,007	0,053
6,262	6,242	0,320
6,512	6,470	0,639
6,763	6,695	1,001
7,020	6,916	1,485

Tabela B.13 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,308	0,469	52,214
1,502	1,327	11,662
1,977	1,819	7,976
2,333	2,222	4,754
2,580	2,576	0,163
2,853	2,897	1,547
3,131	3,194	2,027
3,463	3,473	0,294
3,661	3,738	2,094
3,911	3,990	2,014
4,142	4,230	2,120
4,403	4,462	1,347
4,630	4,687	1,228
4,867	4,904	0,767
5,091	5,114	0,454
5,330	5,320	0,195
5,541	5,520	0,382
5,776	5,715	1,050
5,977	5,905	1,199
6,179	6,092	1,400

Tabela B.14 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,320	0,458	43,008
1,478	1,295	12,381
1,864	1,757	5,720
2,193	2,131	2,836
2,478	2,456	0,884
2,734	2,750	0,580
2,981	3,020	1,320
3,216	3,273	1,770
3,460	3,512	1,496
3,673	3,739	1,790
3,903	3,954	1,315
4,103	4,163	1,453
4,309	4,363	1,261
4,522	4,557	0,781
4,720	4,744	0,512
4,926	4,927	0,017
5,120	5,105	0,301
5,315	5,278	0,699
5,524	5,446	1,412
5,700	5,611	1,554

Tabela B.15 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,323	0,450	39,362
1,473	1,297	11,964
1,855	1,730	6,759
2,144	2,071	3,417
2,367	2,363	0,158
2,582	2,624	1,633
2,812	2,862	1,795
3,039	3,083	1,452
3,223	3,290	2,092
3,419	3,486	1,968
3,634	3,671	1,027
3,778	3,849	1,888
3,981	4,020	0,982
4,143	4,185	1,002
4,335	4,342	0,169
4,497	4,496	0,020
4,648	4,645	0,059
4,832	4,789	0,883
5,010	4,931	1,586
5,159	5,068	1,760

Tabela B.16 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,757	0,880	32,542
3,967	3,730	10,253
5,260	5,178	4,831
6,330	6,317	1,475
7,279	7,293	0,424
8,112	8,163	0,358
8,904	8,956	0,675
9,631	9,690	0,674
10,330	10,379	1,046
10,990	11,030	1,085
11,610	11,645	0,342
12,210	12,236	0,169
12,780	12,803	0,008
13,330	13,349	0,328
13,870	13,873	0,064
14,390	14,383	0,000
14,900	14,877	0,173
15,390	15,355	0,200
15,870	15,823	0,095
16,330	16,280	0,485

Tabela B.17 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,744	0,878	55,038
3,180	2,970	11,900
4,212	4,090	5,945
5,019	4,986	3,406
5,742	5,761	0,797
6,421	6,458	0,668
7,047	7,097	1,043
7,651	7,692	1,558
8,194	8,254	1,341
8,724	8,786	1,486
9,237	9,290	1,411
9,727	9,776	1,155
10,220	10,244	0,969
10,670	10,696	0,932
11,140	11,130	0,607
11,570	11,554	0,053
11,990	11,966	0,320
12,400	12,365	0,639
12,800	12,756	1,001
13,200	13,138	1,485

Tabela B.18 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,730	0,858	52,214
2,804	2,579	11,662
3,576	3,493	7,976
4,248	4,221	4,754
4,841	4,850	0,163
5,368	5,414	1,547
5,893	5,932	2,027
6,358	6,413	0,294
6,811	6,866	2,094
7,244	7,296	2,014
7,661	7,703	2,120
8,063	8,095	1,347
8,452	8,472	1,228
8,822	8,836	0,767
9,188	9,185	0,454
9,534	9,527	0,195
9,868	9,858	0,382
10,210	10,179	1,050
10,540	10,494	1,199
10,860	10,801	1,400

Tabela B.19 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,564	0,696	43,008
2,042	1,874	12,381
2,642	2,519	5,720
3,091	3,038	2,836
3,500	3,489	0,884
3,883	3,896	0,580
4,244	4,270	1,320
4,570	4,619	1,769
4,889	4,949	1,496
5,197	5,263	1,790
5,505	5,560	1,315
5,790	5,847	1,453
6,068	6,124	1,261
6,350	6,391	0,781
6,629	6,649	0,512
6,896	6,900	0,017
7,168	7,145	0,301
7,430	7,382	0,699
7,680	7,614	1,412
7,929	7,842	1,554

Tabela B.20 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Herschel-Bulkley

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,566	0,699	39,362
1,837	1,646	11,964
2,263	2,167	6,759
2,634	2,587	3,417
2,965	2,952	0,158
3,254	3,282	1,633
3,562	3,586	1,795
3,819	3,869	1,452
4,084	4,137	2,092
4,334	4,392	1,968
4,579	4,633	1,027
4,821	4,867	1,888
5,050	5,091	0,982
5,284	5,309	1,002
5,484	5,518	0,169
5,730	5,723	0,020
5,928	5,922	0,059
6,147	6,114	0,883
6,340	6,304	1,586
6,604	6,489	1,760

Tabela B.21 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,389	0,516	32,542
1,361	1,221	10,253
1,845	1,756	4,831
2,270	2,237	1,475
2,674	2,685	0,424
3,101	3,112	0,358
3,498	3,522	0,675
3,891	3,917	0,674
4,258	4,303	1,046
4,628	4,678	1,085
5,026	5,043	0,342
5,394	5,403	0,169
5,756	5,756	0,008
6,084	6,104	0,328
6,448	6,444	0,064
6,781	6,781	0,000
7,126	7,114	0,173
7,455	7,440	0,200
7,772	7,765	0,095
8,125	8,086	0,485

Tabela B.22 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,291	0,451	55,038
1,584	1,396	11,900
2,075	1,952	5,945
2,496	2,411	3,406
2,839	2,816	0,797
3,165	3,186	0,668
3,493	3,529	1,043
3,793	3,852	1,558
4,104	4,159	1,341
4,387	4,452	1,486
4,666	4,732	1,411
4,946	5,003	1,155
5,215	5,266	0,969
5,469	5,520	0,932
5,731	5,766	0,607
6,010	6,007	0,053
6,262	6,242	0,320
6,512	6,470	0,639
6,763	6,695	1,001
7,020	6,916	1,485

Tabela B.23 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,308	0,469	52,214
1,502	1,327	11,662
1,977	1,819	7,976
2,333	2,222	4,754
2,580	2,576	0,163
2,853	2,897	1,547
3,131	3,194	2,027
3,463	3,473	0,294
3,661	3,738	2,094
3,911	3,990	2,014
4,142	4,230	2,120
4,403	4,462	1,347
4,630	4,687	1,228
4,867	4,904	0,767
5,091	5,114	0,454
5,330	5,320	0,195
5,541	5,520	0,382
5,776	5,715	1,050
5,977	5,905	1,199
6,179	6,092	1,400

Tabela B.24 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,185	0,458	147,154
1,478	1,295	12,384
1,864	1,757	5,723
2,193	2,131	2,838
2,478	2,456	0,885
2,734	2,750	0,579
2,981	3,020	1,320
3,216	3,273	1,769
3,460	3,512	1,497
3,673	3,739	1,791
3,903	3,954	1,316
4,103	4,163	1,454
4,309	4,363	1,263
4,522	4,557	0,784
4,720	4,744	0,515
4,926	4,927	0,020
5,120	5,105	0,298
5,315	5,277	0,716
5,524	5,446	1,409
5,700	5,612	1,551

Tabela B.25 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,323	0,450	39,362
1,473	1,297	11,964
1,855	1,730	6,759
2,144	2,071	3,417
2,367	2,363	0,158
2,582	2,624	1,633
2,812	2,862	1,795
3,039	3,083	1,452
3,223	3,290	2,092
3,419	3,486	1,968
3,634	3,671	1,027
3,778	3,849	1,888
3,981	4,020	0,982
4,143	4,185	1,002
4,335	4,342	0,169
4,497	4,496	0,020
4,648	4,645	0,059
4,832	4,789	0,883
5,010	4,931	1,586
5,159	5,068	1,760

Tabela B.26 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,757	0,880	16,252
3,967	3,730	5,971
5,260	5,178	1,554
6,330	6,317	0,200
7,279	7,293	0,190
8,112	8,163	0,624
8,904	8,956	0,579
9,631	9,690	0,610
10,330	10,379	0,475
10,990	11,030	0,365
11,610	11,645	0,301
12,210	12,236	0,214
12,780	12,803	0,181
13,330	13,349	0,143
13,870	13,873	0,019
14,390	14,383	0,051
14,900	14,877	0,151
15,390	15,355	0,226
15,870	15,823	0,294
16,330	16,280	0,308

Tabela B.27 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,744	0,878	18,056
3,180	2,970	6,603
4,212	4,090	2,895
5,019	4,986	0,661
5,742	5,761	0,333
6,421	6,458	0,576
7,047	7,097	0,713
7,651	7,692	0,540
8,194	8,254	0,727
8,724	8,786	0,707
9,237	9,290	0,574
9,727	9,776	0,508
10,220	10,244	0,237
10,670	10,696	0,242
11,140	11,130	0,089
11,570	11,554	0,138
11,990	11,966	0,200
12,400	12,365	0,284
12,800	12,756	0,343
13,200	13,138	0,467

Tabela B.28 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,730	0,858	17,478
2,804	2,579	8,014
3,576	3,493	2,332
4,248	4,221	0,641
4,841	4,850	0,183
5,368	5,414	0,866
5,893	5,932	0,659
6,358	6,413	0,864
6,811	6,866	0,813
7,244	7,296	0,717
7,661	7,703	0,546
8,063	8,095	0,397
8,452	8,472	0,238
8,822	8,836	0,157
9,188	9,185	0,028
9,534	9,527	0,077
9,868	9,858	0,099
10,210	10,179	0,305
10,540	10,494	0,441
10,860	10,801	0,546

Tabela B.29 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,564	0,696	23,445
2,042	1,874	8,224
2,642	2,519	4,671
3,091	3,038	1,726
3,500	3,489	0,316
3,883	3,896	0,332
4,244	4,270	0,618
4,570	4,619	1,081
4,889	4,949	1,236
5,197	5,263	1,265
5,505	5,560	1,003
5,790	5,847	0,992
6,068	6,124	0,924
6,350	6,391	0,651
6,629	6,649	0,296
6,896	6,900	0,059
7,168	7,145	0,325
7,430	7,382	0,652
7,680	7,614	0,857
7,929	7,842	1,102

Tabela B.30 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Mizrahi-Berk

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,566	0,699	23,447
1,837	1,646	10,403
2,263	2,167	4,257
2,634	2,587	1,795
2,965	2,952	0,429
3,254	3,282	0,866
3,562	3,586	0,668
3,819	3,869	1,314
4,084	4,137	1,300
4,334	4,392	1,328
4,579	4,633	1,184
4,821	4,867	0,946
5,050	5,091	0,822
5,284	5,309	0,469
5,484	5,518	0,621
5,730	5,723	0,130
5,928	5,922	0,109
6,147	6,114	0,532
6,340	6,304	0,573
6,604	6,489	1,745

Tabela B.31 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,389	0,151	61,177
1,361	2,866	110,578
1,845	3,476	88,403
2,270	3,880	70,946
2,674	4,192	56,752
3,101	4,448	43,436
3,498	4,668	33,436
3,891	4,861	24,923
4,258	5,034	18,232
4,628	5,192	12,189
5,026	5,336	6,171
5,394	5,471	1,419
5,756	5,596	2,782
6,084	5,714	6,089
6,448	5,824	9,680
6,781	5,929	12,565
7,126	6,029	15,396
7,455	6,124	17,859
7,772	6,215	20,036
8,125	6,302	22,434

Tabela B.32 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,291	0,135	53,777
1,584	2,625	65,745
2,075	3,184	53,448
2,496	3,555	42,422
2,839	3,840	35,254
3,165	4,075	28,745
3,493	4,276	22,416
3,793	4,453	17,399
4,104	4,612	12,378
4,387	4,757	8,423
4,666	4,889	4,769
4,946	5,012	1,326
5,215	5,126	1,698
5,469	5,234	4,292
5,731	5,335	6,905
6,010	5,432	9,624
6,262	5,523	11,799
6,512	5,610	13,852
6,763	5,693	15,814
7,020	5,774	17,756

Tabela B.33 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,308	0,149	51,580
1,502	2,342	55,957
1,977	2,841	43,679
2,333	3,171	35,908
2,580	3,425	32,743
2,853	3,634	27,379
3,131	3,813	21,798
3,463	3,971	14,676
3,661	4,113	12,346
3,911	4,242	8,459
4,142	4,359	5,251
4,403	4,469	1,504
4,630	4,572	1,262
4,867	4,668	4,095
5,091	4,758	6,546
5,330	4,844	9,125
5,541	4,925	11,113
5,776	5,003	13,382
5,977	5,077	15,057
6,179	5,148	16,678

Tabela B.34 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,320	0,161	49,805
1,478	2,184	47,788
1,864	2,648	42,068
2,193	2,956	34,780
2,478	3,192	28,828
2,734	3,387	23,899
2,981	3,554	19,238
3,216	3,701	15,095
3,460	3,834	10,795
3,673	3,954	7,638
3,903	4,063	4,103
4,103	4,165	1,520
4,309	4,261	1,119
4,522	4,350	3,797
4,720	4,434	6,055
4,926	4,514	8,359
5,120	4,590	10,346
5,315	4,662	12,280
5,524	4,732	14,343
5,700	4,798	15,821

Tabela B.35 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa integral na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,323	0,175	45,807
1,473	2,019	37,046
1,855	2,447	31,889
2,144	2,730	27,347
2,367	2,949	24,573
2,582	3,129	21,166
2,812	3,283	16,743
3,039	3,418	12,485
3,223	3,540	9,845
3,419	3,651	6,788
3,634	3,752	3,254
3,778	3,847	1,816
3,981	3,935	1,165
4,143	4,017	3,035
4,335	4,095	5,543
4,497	4,169	7,304
4,648	4,239	8,805
4,832	4,305	10,901
5,010	4,369	12,789
5,159	4,431	14,117

Tabela B.36 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 10°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,757	0,375	50,398
3,967	6,393	61,163
5,260	7,753	47,404
6,330	8,655	36,732
7,279	9,349	28,435
8,112	9,920	22,293
8,904	10,410	16,916
9,631	10,841	12,562
10,330	11,228	8,693
10,990	11,580	5,366
11,610	11,901	2,506
12,210	12,201	0,077
12,780	12,480	2,347
13,330	12,742	4,408
13,870	12,988	6,356
14,390	13,223	8,111
14,900	13,446	9,761
15,390	13,657	11,261
15,870	13,860	12,664
16,330	14,055	13,931

Tabela B.37 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 20°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,744	0,364	51,079
3,180	5,120	61,014
4,212	6,208	47,386
5,019	6,929	38,057
5,742	7,484	30,337
6,421	7,941	23,676
7,047	8,333	18,249
7,651	8,678	13,417
8,194	8,987	9,681
8,724	9,269	6,243
9,237	9,526	3,125
9,727	9,765	0,394
10,220	9,989	2,260
10,670	10,199	4,415
11,140	10,396	6,682
11,570	10,583	8,529
11,990	10,762	10,246
12,400	10,931	11,851
12,800	11,093	13,335
13,200	11,249	14,780

Tabela B.38 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 30°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,730	0,369	49,412
2,804	4,245	51,404
3,576	5,145	43,879
4,248	5,742	35,167
4,841	6,201	28,094
5,368	6,580	22,569
5,893	6,904	17,152
6,358	7,189	13,070
6,811	7,445	9,313
7,244	7,678	5,995
7,661	7,891	3,002
8,063	8,089	0,327
8,452	8,275	2,100
8,822	8,448	4,236
9,188	8,611	6,278
9,534	8,766	8,051
9,868	8,914	9,667
10,210	9,054	11,323
10,540	9,189	12,821
10,860	9,318	14,202

Tabela B.39 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 40°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,564	0,286	49,365
2,042	3,072	50,432
2,642	3,722	40,886
3,091	4,154	34,378
3,500	4,486	28,159
3,883	4,759	22,566
4,244	4,994	17,664
4,570	5,200	13,783
4,889	5,385	10,149
5,197	5,554	6,862
5,505	5,707	3,678
5,790	5,851	1,052
6,068	5,985	1,371
6,350	6,110	3,773
6,629	6,228	6,046
6,896	6,340	8,056
7,168	6,447	10,056
7,430	6,548	11,866
7,680	6,646	13,467
7,929	6,739	15,007

Tabela B.40 – Valores experimentais da tensão de cisalhamento (Pa) da polpa formulada na temperatura de 50°C, valores preditos e erros calculados do ajuste do modelo de Casson

Valores experimentais	Valores preditos	Erros percentuais (%)
0,566	0,298	47,367
1,837	2,564	39,568
2,263	3,104	37,175
2,634	3,463	31,470
2,965	3,739	26,104
3,254	3,967	21,898
3,562	4,162	16,832
3,819	4,333	13,461
4,084	4,487	9,874
4,334	4,627	6,770
4,579	4,755	3,852
4,821	4,875	1,115
5,050	4,986	1,265
5,284	5,091	3,659
5,484	5,189	5,385
5,730	5,282	7,817
5,928	5,371	9,398
6,147	5,455	11,256
6,340	5,536	12,680
6,604	5,614	14,994

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Análise de variância da densidade (g/cm^3) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,08864	0,08864	245,0352**
Resíduo	8	0,00289	0,00036	-
Total	9	0,09154	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela C.2 – Análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,70282	0,70282	8,3489*
Resíduo	10	0,84181	0,08418	-
Total	11	1,54462	-	-

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p- valor < 0,05)

Tabela C.3 – Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,03596	0,03596	0,1092 ^{ns}
Resíduo	10	3,29404	0,32940	-
Total	11	3,33000	-	-

ns Não significativo (p- valor \geq 0,05)

Tabela C.4 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,00004	0,00004	1,1497 ^{ns}
Resíduo	4	0,00015	0,00004	-
Total	5	0,00019	-	-

ns Não significativo (p- valor \geq 0,05)

Tabela C.5 – Análise de variância dos açúcares redutores (% de glicose) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	25,51442	25,51442	12817,0900**
Resíduo	10	0,01991	0,00199	-
Total	11	25,53432	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela C.6 – Análise de variância das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	0,00049	0,00049	1,6205 ^{ns}
Resíduo	10	0,00299	0,00030	-
Total	11	0,00348	-	-

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Tabela C.7 – Análise de variância do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo A e B, no início do armazenamento

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	1	53,80483	53,80483	2185,7940**
Resíduo	10	0,24616	0,02462	-
Total	11	54,05098	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

APÉNDICE D

Tabela D.1 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	7,859	6,591	16,131
0,3347	8,102	8,249	1,809
0,4183	8,937	9,804	9,705
0,5736	13,214	13,850	4,809
0,6215	14,364	15,662	9,034
0,7567	23,518	24,128	2,594
0,8206	35,324	31,969	9,498
0,8677	40,338	41,821	3,679

Tabela D.2 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	6,748	6,572	2,601
0,3307	7,921	7,902	0,236
0,3965	8,145	8,912	9,426
0,5438	12,452	12,013	3,525
0,5914	13,967	13,440	3,776
0,7547	21,487	22,170	3,180
0,8134	29,052	28,711	1,172
0,8511	35,319	35,360	0,116

Tabela D.3 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,123	6,056	1,089
0,3244	7,139	7,529	5,476
0,3615	7,969	8,082	1,416
0,5140	11,480	11,000	4,179
0,5603	12,728	12,230	3,917
0,7509	20,796	21,693	4,318
0,8063	28,137	27,698	1,563
0,8362	32,492	32,512	0,059

Tabela D.4 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	3,890	4,083	4,950
0,3160	4,421	5,686	28,621
0,4220	6,462	7,415	14,740
0,4842	10,864	8,661	20,279
0,5317	11,589	9,801	15,424
0,7468	17,716	20,156	13,774
0,7991	27,034	26,224	2,996
0,8232	30,559	30,348	0,689

Tabela D.5 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	8,126	7,035	13,434
0,3347	9,302	9,553	2,706
0,4183	11,362	11,791	3,778
0,5736	15,297	16,985	11,033
0,6215	19,484	19,075	2,100
0,7567	28,540	27,475	3,731
0,8206	34,191	33,779	1,205
0,8677	39,718	40,277	1,408

Tabela D.6 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	7,018	7,276	3,683
0,3307	8,822	8,924	1,154
0,3965	10,419	10,130	2,773
0,5438	14,085	13,684	2,845
0,5914	15,524	15,271	1,628
0,7547	23,668	24,514	3,574
0,8134	31,270	30,997	0,871
0,8511	37,323	37,248	0,202

Tabela D.7 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,538	7,149	9,347
0,3244	7,787	8,536	9,618
0,3615	9,833	9,082	7,644
0,5140	13,097	12,073	7,820
0,5603	15,264	13,359	12,484
0,7509	20,378	23,389	14,778
0,8063	30,414	29,794	2,041
0,8362	35,456	34,939	1,458

Tabela D.8 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de GAB a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	5,585	6,151	10,133
0,3160	7,033	7,675	9,134
0,4220	9,321	9,396	0,803
0,4842	11,664	10,672	8,505
0,5317	14,431	11,854	17,857
0,7468	19,744	22,543	14,176
0,7991	28,582	28,587	0,016
0,8232	33,543	32,585	2,855

Tabela D.9 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	7,859	7,794	0,822
0,3347	8,102	8,263	1,985
0,4183	8,937	8,994	0,648
0,5736	13,214	12,517	5,274
0,6215	14,364	14,615	1,748
0,7567	23,518	25,042	6,481
0,8206	35,324	33,264	5,832
0,8677	40,338	41,165	2,052

Tabela D.10 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	6,748	6,094	9,691
0,3307	7,921	8,030	1,377
0,3965	8,145	9,252	13,601
0,5438	12,452	12,179	2,193
0,5914	13,967	13,400	4,064
0,7547	21,487	21,908	1,960
0,8134	29,052	28,812	0,824
0,8511	35,319	35,361	0,117

Tabela D.11 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,123	5,514	9,938
0,3244	7,139	7,668	7,423
0,3615	7,969	8,377	5,117
0,5140	11,480	11,326	1,336
0,5603	12,728	12,364	2,865
0,7509	20,796	21,219	2,037
0,8063	28,137	27,653	1,721
0,8362	32,492	32,692	0,614

Tabela D.12 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	3,890	3,096	20,407
0,3160	4,421	5,454	23,363
0,4220	6,462	7,929	22,706
0,4842	10,864	9,475	12,784
0,5317	11,589	10,701	7,662
0,7468	17,716	19,042	7,484
0,7991	27,034	25,640	5,155
0,8232	30,559	31,147	1,926

Tabela D.13 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	8,126	8,167	0,505
0,3347	9,302	9,359	0,618
0,4183	11,362	10,977	3,382
0,5736	15,297	16,324	6,715
0,6215	19,484	18,776	3,634
0,7567	28,540	28,327	0,746
0,8206	34,191	34,424	0,680
0,8677	39,718	39,665	0,133

Tabela D.14 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	7,018	6,770	3,532
0,3307	8,822	9,083	2,955
0,3965	10,419	10,555	1,308
0,5438	14,085	13,989	0,682
0,5914	15,524	15,337	1,202
0,7547	23,668	24,018	1,478
0,8134	31,270	30,902	1,176
0,8511	37,323	37,458	0,361

Tabela D.15 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,538	6,144	6,036
0,3244	7,787	8,780	12,754
0,3615	9,833	9,657	1,795
0,5140	13,097	13,173	0,585
0,5603	15,264	14,247	6,664
0,7509	20,378	21,780	6,883
0,8063	30,414	28,972	4,743
0,8362	35,456	36,015	1,577

Tabela D.16 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Peleg a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	5,585	4,939	11,563
0,3160	7,033	7,668	9,031
0,4220	9,321	10,254	10,015
0,4842	11,664	11,775	0,948
0,5317	14,431	12,941	10,328
0,7468	19,744	20,677	4,727
0,7991	28,582	27,672	3,184
0,8232	33,543	33,915	1,109

Tabela D.17 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	7,859	6,342	19,306
0,3347	8,102	7,982	1,488
0,4183	8,937	9,602	7,449
0,5736	13,214	13,832	4,676
0,6215	14,364	15,696	9,275
0,7567	23,518	24,212	2,952
0,8206	35,324	31,997	9,419
0,8677	40,338	41,878	3,818

Tabela D.18 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	6,748	6,090	9,746
0,3307	7,921	7,608	3,953
0,3965	8,145	8,769	7,665
0,5438	12,452	12,214	1,913
0,5914	13,967	13,737	1,647
0,7547	21,487	22,534	4,870
0,8134	29,052	28,802	0,861
0,8511	35,319	35,053	0,756

Tabela D.19 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,123	5,694	7,005
0,3244	7,139	7,301	2,281
0,3615	7,969	7,922	0,587
0,5140	11,480	11,159	2,794
0,5603	12,728	12,482	1,936
0,7509	20,796	22,033	5,948
0,8063	28,137	27,745	1,395
0,8362	32,492	32,219	0,840

Tabela D.20 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	3,890	4,070	4,633
0,3160	4,421	5,533	25,151
0,4220	6,462	7,289	12,802
0,4842	10,864	8,602	20,822
0,5317	11,589	9,813	15,326
0,7468	17,716	20,482	15,610
0,7991	27,034	26,338	2,573
0,8232	30,559	30,161	1,303

Tabela D.21 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	8,126	8,611	5,970
0,3347	9,302	10,429	12,119
0,4183	11,362	12,163	7,055
0,5736	15,297	16,481	7,738
0,6215	19,484	18,310	6,025
0,7567	28,540	26,264	7,972
0,8206	34,191	33,124	3,120
0,8677	39,718	41,441	4,337

Tabela D.22 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	7,018	7,175	2,233
0,3307	8,822	8,845	0,252
0,3965	10,419	10,109	2,972
0,5438	14,085	13,805	1,988
0,5914	15,524	15,419	0,676
0,7547	23,668	24,557	3,758
0,8134	31,270	30,933	1,076
0,8511	37,323	37,209	0,306

Tabela D.23 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,538	6,565	0,412
0,3244	7,787	8,326	6,917
0,3615	9,833	9,001	8,468
0,5140	13,097	12,486	4,665
0,5603	15,264	13,896	8,963
0,7509	20,378	23,915	17,358
0,8063	30,414	29,807	1,998
0,8362	35,456	34,384	3,025

Tabela D.24 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Halsey modificado a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	5,585	5,311	4,912
0,3160	7,033	6,945	1,252
0,4220	9,321	8,836	5,208
0,4842	11,664	10,210	12,467
0,5317	14,431	11,455	20,623
0,7468	19,744	21,786	10,339
0,7991	28,582	27,138	5,053
0,8232	33,543	30,548	8,928

Tabela D.25 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	7,859	4,157	47,109
0,3347	8,102	6,914	14,667
0,4183	8,937	9,536	6,710
0,5736	13,214	15,601	18,063
0,6215	14,364	17,928	24,811
0,7567	23,518	26,558	12,927
0,8206	35,324	32,507	7,974
0,8677	40,338	38,454	4,669

Tabela D.26 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	6,748	4,623	31,484
0,3307	7,921	6,996	11,672
0,3965	8,145	8,766	7,634
0,5438	12,452	13,553	8,840
0,5914	13,967	15,438	10,528
0,7547	21,487	24,166	12,465
0,8134	29,052	28,844	0,715
0,8511	35,319	32,705	7,403

Tabela D.27 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,123	4,424	27,738
0,3244	7,139	6,888	3,508
0,3615	7,969	7,824	1,820
0,5140	11,480	12,346	7,545
0,5603	12,728	14,005	10,030
0,7509	20,796	23,421	12,623
0,8063	28,137	27,589	1,950
0,8362	32,492	30,367	6,542

Tabela D.28 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	3,890	2,303	40,807
0,3160	4,421	4,915	11,175
0,4220	6,462	7,816	20,950
0,4842	10,864	9,778	9,997
0,5317	11,589	11,442	1,266
0,7468	17,716	22,036	24,382
0,7991	27,034	26,022	3,743
0,8232	30,559	28,224	7,642

Tabela D.29 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	8,126	6,535	19,588
0,3347	9,302	9,183	1,269
0,4183	11,362	11,702	3,000
0,5736	15,297	17,529	14,587
0,6215	19,484	19,764	1,437
0,7567	28,540	28,054	1,701
0,8206	34,191	33,770	1,233
0,8677	39,718	39,483	0,593

Tabela D.30 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	7,018	5,687	18,964
0,3307	8,822	8,170	7,400
0,3965	10,419	10,021	3,812
0,5438	14,085	15,029	6,699
0,5914	15,524	17,000	9,513
0,7547	23,668	26,131	10,408
0,8134	31,270	31,026	0,780
0,8511	37,323	35,064	6,052

Tabela D.31 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,538	5,410	17,257
0,3244	7,787	7,982	2,503
0,3615	9,833	8,959	8,894
0,5140	13,097	13,680	4,450
0,5603	15,264	15,412	0,964
0,7509	20,378	25,241	23,867
0,8063	30,414	29,592	2,703
0,8362	35,456	32,493	8,358

Tabela D.32 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Smith a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	5,585	4,401	21,209
0,3160	7,033	7,029	0,045
0,4220	9,321	9,948	6,731
0,4842	11,664	11,922	2,210
0,5317	14,431	13,597	5,783
0,7468	19,744	24,257	22,855
0,7991	28,582	28,267	1,102
0,8232	33,543	30,483	9,124

Tabela D.33 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	7,859	3,649	53,574
0,3347	8,102	6,028	25,605
0,4183	8,937	8,436	5,603
0,5736	13,214	14,400	8,977
0,6215	14,364	16,805	16,994
0,7567	23,518	26,158	11,225
0,8206	35,324	32,934	6,767
0,8677	40,338	39,928	1,015

Tabela D.34 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	6,748	4,069	39,702
0,3307	7,921	6,381	19,440
0,3965	8,145	8,140	0,061
0,5438	12,452	12,998	4,383
0,5914	13,967	14,943	6,987
0,7547	21,487	24,123	12,267
0,8134	29,052	29,135	0,288
0,8511	35,319	33,310	5,689

Tabela D.35 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,123	3,921	35,964
0,3244	7,139	6,396	10,401
0,3615	7,969	7,344	7,848
0,5140	11,480	11,962	4,198
0,5603	12,728	13,669	7,390
0,7509	20,796	23,449	12,760
0,8063	28,137	27,816	1,141
0,8362	32,492	30,738	5,401

Tabela D.36 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	3,890	2,583	33,612
0,3160	4,421	4,735	7,093
0,4220	6,462	7,326	13,363
0,4842	10,864	9,169	15,597
0,5317	11,589	10,782	6,962
0,7468	17,716	21,845	23,302
0,7991	27,034	26,288	2,760
0,8232	30,559	28,796	5,769

Tabela D.37 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	8,126	5,865	27,824
0,3347	9,302	8,752	5,910
0,4183	11,362	11,441	0,698
0,5736	15,297	17,522	14,546
0,6215	19,484	19,818	1,713
0,7567	28,540	28,199	1,193
0,8206	34,191	33,883	0,900
0,8677	39,718	39,505	0,536

Tabela D.38 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	7,018	5,019	28,486
0,3307	8,822	7,622	13,603
0,3965	10,419	9,556	8,281
0,5438	14,085	14,758	4,777
0,5914	15,524	16,799	8,214
0,7547	23,668	26,208	10,731
0,8134	31,270	31,230	0,127
0,8511	37,323	35,365	5,246

Tabela D.39 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,538	4,727	27,704
0,3244	7,787	7,485	3,878
0,3615	9,833	8,522	13,338
0,5140	13,097	13,475	2,889
0,5603	15,264	15,274	0,063
0,7509	20,378	25,357	24,434
0,8063	30,414	29,768	2,124
0,8362	35,456	32,695	7,787

Tabela D.40 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Day & Nelson a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	5,585	3,977	28,791
0,3160	7,033	6,649	5,451
0,4220	9,321	9,627	3,283
0,4842	11,664	11,645	0,165
0,5317	14,431	13,360	7,425
0,7468	19,744	24,311	23,128
0,7991	28,582	28,443	0,488
0,8232	33,543	30,728	8,394

Tabela D.41 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	7,859	5,486	30,189
0,3347	8,102	6,971	13,966
0,4183	8,937	8,665	3,039
0,5736	13,214	13,668	3,434
0,6215	14,364	15,967	11,158
0,7567	23,518	25,834	9,852
0,8206	35,324	33,208	5,990
0,8677	40,338	40,383	0,113

Tabela D.42 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	6,748	5,710	15,375
0,3307	7,921	7,094	10,440
0,3965	8,145	8,289	1,768
0,5438	12,452	12,217	1,889
0,5914	13,967	14,025	0,418
0,7547	21,487	23,755	10,554
0,8134	29,052	29,348	1,019
0,8511	35,319	33,842	4,183

Tabela D.43 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,123	5,546	9,419
0,3244	7,139	6,983	2,179
0,3615	7,969	7,601	4,616
0,5140	11,480	11,157	2,816
0,5603	12,728	12,687	0,322
0,7509	20,796	23,041	10,797
0,8063	28,137	28,026	0,397
0,8362	32,492	31,294	3,689

Tabela D.44 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo A, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	3,890	4,119	5,894
0,3160	4,421	5,401	22,164
0,4220	6,462	7,188	11,237
0,4842	10,864	8,627	20,589
0,5317	11,589	9,994	13,757
0,7468	17,716	21,397	20,778
0,7991	27,034	26,429	2,239
0,8232	30,559	29,240	4,315

Tabela D.45 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2338	8,126	7,838	3,545
0,3347	9,302	9,533	2,491
0,4183	11,362	11,389	0,239
0,5736	15,297	16,530	8,059
0,6215	19,484	18,770	3,664
0,7567	28,540	27,816	2,534
0,8206	34,191	34,154	0,109
0,8677	39,718	40,076	0,902

Tabela D.46 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2311	7,018	6,783	3,342
0,3307	8,822	8,314	5,768
0,3965	10,419	9,620	7,666
0,5438	14,085	13,839	1,745
0,5914	15,524	15,752	1,471
0,7547	23,668	25,815	9,072
0,8134	31,270	31,475	0,656
0,8511	37,323	35,973	3,618

Tabela D.47 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2161	6,538	6,484	0,832
0,3244	7,787	8,062	3,539
0,3615	9,833	8,736	11,159
0,5140	13,097	12,559	4,107
0,5603	15,264	14,183	7,083
0,7509	20,378	24,939	22,387
0,8063	30,414	30,015	1,312
0,8362	35,456	33,316	6,035

Tabela D.48 – Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó do Tipo B, e o erro percentual, calculado para o modelo de Sigma-Copace a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Erro percentual (%)
	Experimental	Teórico	
0,2040	5,585	5,780	3,493
0,3160	7,033	7,299	3,792
0,4220	9,321	9,337	0,173
0,4842	11,664	10,926	6,334
0,5317	14,431	12,402	14,064
0,7468	19,744	23,890	20,999
0,7991	28,582	28,656	0,257
0,8232	33,543	31,263	6,799

APÊNDICE E

Tabela E.1 – Análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	76,42902	12,73817	156,3753**
Resíduo	36	2,85106	0,08146	-
Total	41	79,28008	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.2 – Análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	7,44385	1,24064	24,3134**
Resíduo	36	1,78595	0,05103	-
Total	41	9,22980	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.3 – Análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	79,11381	13,18564	201,1645**
Resíduo	36	2,29413	0,06555	-
Total	41	81,40794	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.4 – Análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	4,10939	0,68490	22,1807**
Resíduo	36	1,08073	0,03088	-
Total	41	5,19012	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.5 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	0,01703	0,00284	31,0325**
Resíduo	14	0,00128	0,00009	-
Total	20	0,01832	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.6 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	0,00788	0,00131	16,6724**
Resíduo	14	0,00110	0,00008	-
Total	20	0,00898	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.7 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	0,02094	0,00349	47,8970**
Resíduo	14	0,00102	0,00007	-
Total	20	0,02196	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.8 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	0,01564	0,00261	33,6833**
Resíduo	14	0,00108	0,00008	-
Total	20	0,01672	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.9 – Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	874,82940	145,80490	769,2286**
Resíduo	35	6,63414	0,18955	-
Total	41	881,46354	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.10 – Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	475,79711	79,29952	446,1969**
Resíduo	35	6,22031	0,17772	-
Total	41	482,01742	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.11 – Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	2081,79263	346,96544	1465,8354**
Resíduo	35	8,28455	0,23670	-
Total	41	2090,07719	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.12 – Análise de variância do ácido ascórbico (mg/100 g) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	6	1378,53609	229,75602	1901,4771**
Resíduo	35	4,22906	0,12083	-
Total	41	13,827615	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.13 – Análise de variância das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	0,01783	0,00891	24,1749**
Resíduo	15	0,00553	0,00037	-
Total	17	0,02336	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.14 – Análise de variância das proteínas (%) da pitanga em pó Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	0,00286	0,00143	3,0288 ^{ns}
Resíduo	15	0,00709	0,00047	-
Total	17	0,00995	-	-

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Tabela E.15 – Análise de variância das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	0,06755	0,03378	111,9615**
Resíduo	15	0,00453	0,00030	-
Total	17	0,07208	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.16 – Análise de variância das proteínas (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	0,01358	0,00679	25,0920**
Resíduo	15	0,00406	0,00027	-
Total	17	0,01763	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.17 – Análise de variância do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	24,26711	12,13355	947,7800**
Resíduo	15	0,19203	0,01280	-
Total	17	24,45914	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.18 – Análise de variância do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	27,69191	13,84596	23749169**
Resíduo	15	0,08745	0,00583	-
Total	17	27,77936	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.19 – Análise de variância do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	27,18544	13,59272	46,8587**
Resíduo	15	4,35119	0,29008	-
Total	17	31,53663	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

Tabela E.20 – Análise de variância do extrato alcoólico (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	3,10966	1,55483	16,7029**
Resíduo	15	1,39631	0,09309	-
Total	17	4,50596	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

APÊNDICE F

Tabela F.1 – Análise de regressão na análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	69,16730	69,16730	849,1058**
Regressão quadrática	1	4,46471	4,46471	54,8093**
Regressão cúbica	1	0,95939	0,95939	11,7776**
Regressão 4º grau	1	1,05507	1,05507	12,9521**
Regressão 5º grau	1	0,00349	0,00349	0,0429 ^{ns}
Desvios	1	0,77906	0,77906	9,5639
Tratamentos	6	76,42902	12,73817	156,3753**
Resíduo	35	2,85106	0,08146	-
Total	41	79,28008	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01),

ns - Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 10,2704; Coeficiente de variação (%) = 2,78

Tabela F.2 – Análise de regressão na análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	6,29936	6,29936	123,4511**
Regressão quadrática	1	0,90167	0,90167	17,6703**
Regressão cúbica	1	0,12277	0,12277	2,4059 ^{ns}
Regressão 4º grau	1	0,05056	0,05056	0,9909 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	0,01775	0,01775	0,3479 ^{ns}
Desvios...	1	0,05174	0,05174	1,0140 ^{ns}
Tratamentos	6	7,44385	1,24064	24,3134**
Resíduo	35	1,78595	0,05103	-
Total	41	9,22980	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 8,53275; Coeficiente de variação (%) = 2,64735

Tabela F.3 – Análise de regressão na análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	65,79248	65,79248	1003,7520**
Regressão quadrática	1	9,34471	9,34471	142,5660**
Regressão cúbica	1	1,38666	1,38666	21,1554**
Regressão 4º grau	1	1,04337	1,04337	15,9181**
Regressão 5º grau	1	0,53967	0,53967	8,2335**
Desvios...	1	1,00691	1,00691	15,3618
Tratamentos	6	79,11381	13,18564	201,1645
Resíduo	35	2,29413	0,06555	-
Total	41	81,40794	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)
 Média geral = 10,54244; Coeficiente de variação (%) = 2,42848

Tabela F.4 – Análise de regressão na análise de variância da umidade (%) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	3,36006	3,36006	108,8172**
Regressão quadrática	1	0,23598	0,23598	7,6422**
Regressão cúbica	1	0,48187	0,48187	15,6055**
Regressão 4º grau	1	0,00486	0,00486	0,1573 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	0,02198	0,02198	0,7119 ^{ns}
Desvios...	1	0,00464	0,00464	0,1503
Tratamentos	6	4,10939	0,68490	22,1807**
Resíduo	35	1,08073	0,03088	-
Total	41	5,19012	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)
 ns Não significativo (p- valor > = 0,05)
 Média geral = 8,30167; Coeficiente de variação (%) = 2,11670

Tabela F.5 – Análise de regressão na análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	867,00748	867,00748	4574,1050**
Regressão quadrática	1	5,72035	5,72035	30,1791**
Regressão cúbica	1	1,85246	1,85246	9,7731**
Regressão 4º grau	1	0,00353	0,00353	0,0186 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	0,01133	0,01133	0,0598 ^{ns}
Desvios...	1	0,23424	0,23424	1,2358
Tratamentos	6	874,82940	145,80490	769,2286**
Resíduo	35	6,63414	0,18955	-
Total	41	881,46354	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 30,03010; Coeficiente de variação (%) = 1,44978

Tabela F.6 – Análise de regressão na análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	462,26543	462,26543	2601,0424**
Regressão quadrática	1	11,96399	11,96399	67,3181**
Regressão cúbica	1	0,76624	0,76624	4,3181*
Regressão 4º grau	1	0,74383	0,74383	4,1853*
Regressão 5º grau	1	0,00039	0,00039	0,0022 ^{ns}
Desvios...	1	0,05724	0,05724	0,3221
Tratamentos	6	475,79711	79,29952	446,1996**
Resíduo	35	6,22031	0,17772	-
Total	41	482,01742	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01), * Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p- valor < 0,05), ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 31,94698; Coeficiente de variação (%) = 1,31960

Tabela F.7 – Análise de regressão na análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	2051,67407	2051,67407	8667,7696**
Regressão quadrática	1	11,35368	11,35368	47,9663**
Regressão cúbica	1	11,42868	11,42868	48,2831**
Regressão 4º grau	1	0,10945	0,10945	0,4624 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	6,83585	6,83585	28,8796**
Desvios...	1	0,39090	0,39090	1,6515
Tratamentos	6	2081,79263	346,96544	1465,8354**
Resíduo	35	8,28455	0,23670	-
Total	41	2090,07719	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 27,18692; Coeficiente de variação (%) = 1,78954

Tabela F.8 – Análise de regressão na análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	1327,52455	1327,52455	10986,6874**
Regressão quadrática	1	45,00591	45,00591	372,4721**
Regressão cúbica	1	0,22708	0,22708	1,8794 ^{ns}
Regressão 4º grau	1	0,01951	0,01951	0,1615 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	5,74680	5,74680	47,5609**
Desvios...	1	0,01224	0,01224	0,1013
Tratamentos	6	1378,53609	229,75602	1901,4771**
Resíduo	35	4,22906	0,12083	-
Total	41	1382,76515	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 29,43132; Coeficiente de variação (%) = 1,18108

Tabela F.9 – Análise de regressão na análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	0,01414	0,01414	154,5188**
Regressão quadrática	1	0,00054	0,00054	5,8773*
Regressão cúbica	1	0,00228	0,00228	24,9753**
Regressão 4º grau	1	0,00000	0,00000	0,0334 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	0,00004	0,00004	0,4434 ^{ns}
Desvios...	1	0,00003	0,00003	0,3471
Tratamentos	6	0,01703	0,00284	31,0325**
Resíduo	14	0,00128	0,00009	-
Total	20	0,01832	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01), * Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p- valor < 0,05), ns Não significativo (p- valor > = 0,05)
Média geral = 0,67686; Coeficiente de variação (%) = 1,41311

Tabela F.10 – Análise de regressão na análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo A, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	0,00301	0,00301	38,1960**
Regressão quadrática	1	0,00174	0,00174	22,1019**
Regressão cúbica	1	0,00138	0,00138	17,4819**
Regressão 4º grau	1	0,00172	0,00172	21,7962**
Regressão 5º grau	1	0,00003	0,00003	0,3676 ^{ns}
Desvios...	1	0,00001	0,00001	0,0906
Tratamentos	6	0,00788	0,00131	16,6724**
Resíduo	14	0,00110	0,00008	-
Total	20	0,00898	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01), ns Não significativo (p- valor > = 0,05)
Média geral = 0,68830; Coeficiente de variação (%) = 1,28914

Tabela F.11 – Análise de regressão na análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem de polietileno

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	0,02058	0,02058	282,4801**
Regressão quadrática	1	0,00001	0,00001	0,0961 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,00013	0,00013	1,7716 ^{ns}
Regressão 4º grau	1	0,00007	0,00007	0,9245 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	0,00001	0,00001	0,1183 ^{ns}
Desvios...	1	0,00015	0,00015	1,9916
Tratamentos	6	0,02094	0,00349	47,8970**
Resíduo	14	0,00102	0,00007	-
Total	20	0,02196	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 0,69190; Coeficiente de variação (%) = 1,23362

Tabela F.12 – Análise de regressão na análise de variância da acidez total titulável (% de ácido cítrico) da pitanga em pó do Tipo B, durante o armazenamento, em embalagem laminada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão linear	1	0,00920	0,00920	118,8569**
Regressão quadrática	1	0,00197	0,00197	25,4413**
Regressão cúbica	1	0,00092	0,00092	11,8566**
Regressão 4º grau	1	0,00015	0,00015	1,9869 ^{ns}
Regressão 5º grau	1	0,00314	0,00314	40,5439**
Desvios...	1	0,00026	0,00026	3,4141
Tratamentos	6	0,01564	0,00261	33,6833**
Resíduo	14	0,00108	0,00008	-
Total	20	0,01672	-	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p- valor < 0,01)

ns Não significativo (p- valor > = 0,05)

Média geral = 0,69205; Coeficiente de variação (%) = 1,27102