



**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**



TESE DE DOUTORADO

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

**OBTENÇÃO DA POLPA EM PÓ DE BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*) PELO PROCESSO
DE LIOFILIZAÇÃO E DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA: ESTUDO
DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS.**

DENISE SILVA DO AMARAL MIRANDA

**Campina Grande, Paraíba
Fevereiro, 2014**

DENISE SILVA DO AMARAL MIRANDA

OBTENÇÃO DA POLPA EM PÓ DE BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*) PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO E DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA: ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na área de concentração em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

ORIENTADORES:

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

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

Campina Grande, Paraíba

Fevereiro, 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- M672o Miranda, Denise Silva do Amaral.
Obtenção da polpa em pó de biribá (*Rollinia mucosa*) pelo processo de liofilização e de secagem em camada de espuma : estudo dos parâmetros físicos, químicos, e fisico-químicos / Denise Silva do Amaral Miranda. – Campina Grande, 2014.
200 f. : il. color.
- Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2014.
- "Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, Profª. Drª. Maria Elita Martins Duarte".
Referências.
1. Annonaceae. 2. *Rollinia mucosa*. 3. Conservação. 4. Camada de Espuma. 5. Fruta em Pó. I. Mata, Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Título.
- CDU 634.41(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

DENISE SILVA DO AMARAL MIRANDA

OBTENÇÃO DA POLPA EM PÓ DE BIRIBÁ (*ROLLINIA MUCOSA*) PELO
PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA E POR
LIOFILIZAÇÃO: ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E
FÍSICO-QUÍMICOS

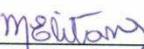
BANCA EXAMINADORA

PARECER



Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata
Orientador - UAEA/UFCC

APROVADO



Dra. Maria Elita Martins Duarte
Orientadora - UAEA/UFCC

APROVADO



Dra. Deyzi Santos Gouveia
Examinadora - UAEA/UFCC

APROVADO



Dra. Pablicia Oliveira Galdino
Examinadora - CCA/UEPB

APROVADO



Dra. Severina de Sousa
Examinadora - CNPq

APROVADO

FEVEREIRO DE 2014

“Tudo posso Naquele que me fortalece”

Filipenses 4:13

“ O Senhor é meu pastor e nada me faltará... Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias de minha vida; e habitarei na casa do Senhor por longos dias.”

Salmos 23: 1-6.

*A Deus, por me ter encorajado,
fortalecido e iluminado para vencer.*

*A meu esposo e minha família, pelo amor,
dedicação e apoio irrestritos e incondicionais*

Agradecimentos

A **Deus**, por Seu amor, bondade e fidelidade infinita e por estar sempre presente em minha vida, possibilitando mais uma vitória.

A meu amado esposo, **Rubens**, pela paciência, dedicação, motivação e amor demonstrado em todos os dias e que mim faz tão feliz.

A **minha família**, mãe Marinalva, pai Aristeu e irmãos Darliane, Disalvio, Daniele e Deborah, que sempre torceram por me, por toda ajuda, carinho e apoio incondicional.

Ao meu para sempre amigo **Taciano**, pessoa com quem desde o mestrado, aprendi a conviver, confiar, gostar até mim tornar “dependente”. Sou muito grata pelo carinho, dedicação e amizade que os 1500 km entre Paraíba e Maranhão não apagaram: mesmo distante, estava comigo, pelo celular, na realização de todos os experimentos e escrita da tese; obrigada por ter me ouvido e discutido os resultados por tantas vezes.

À **Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**, pela oportunidade de cursar o doutorado e por tudo de bom que este título vem a me proporcionar.

Ao **Instituto Federal do Maranhão - IFMA de Açailândia**, pela concessão dos laboratórios onde foi possível a realização de grande parte deste trabalho.

Aos meus orientadores; Dr. **Mario Eduardo** e Dra. **Maria Elita**, pela valiosa orientação e aprendizado construído durante 5 anos entre mestrado (2) e doutorado (3).

A todos os **professores** do curso do doutorado pelos conhecimentos transmitidos, em especial a **Josivanda Gomes e Alexandre Queiroz**; pelo seu carinho, e à professora **Rossana Figueirêdo**, por sua amizade, atenção, disponibilidade, paciência e dedicação em me ajudar sempre.

Aos **membros da banca examinadora**, pelas colaborações fundamentais para a melhoria desta Tese.

À amiga **Cleide** e seu esposo **Wilton**; serei eternamente grata por terem colaborado muito para que eu pudesse chegar aqui.

Aos amigos **Flávio Gurjão, Navilta Veras e Luís Gomes**, pela preciosa amizade, força, palavras de consolo e incentivo, em todos os momentos.

Ao irmão **Wadson** da tribo do Açaí, pela ajuda na aquisição da matéria-prima em prol da realização desta pesquisa.

A **Severina, Leila e Renata**, por todos os ensinamentos, troca de informações, apoio, motivação e ajuda, nos momentos difíceis.

Aos **colegas do Doutorado**, pela convivência e amizade durante o curso, principalmente a **Elizabete Piancó**; que sempre esteve disponível com muita atenção e competência para me ajudar.

A **Fafá e Luciana Learte**, por sempre me recepcionarem com muita atenção em seu apartamento.

Ao laboratório de caracterização de materiais da unidade acadêmica de engenharia de materiais – UFCG, por disponibilizar o microscópio eletrônico de varredura (MEV) para a realização das micrografias.

A **Aparecida, Gilson, Isaías e Professor Demerval**, pela preciosa ajuda.

A todos vocês, meu, muito Obrigada. Sem vocês a realização deste trabalho não seria possível!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xix
RESUMO	xxvii
ABSTRACT	xxviii
1.0- INTRODUÇÃO	1
1.1- Objetivo geral.....	2
1.1.1- Objetivos específicos.....	2
2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1- Biribá.....	4
2.2- Características físico-químicas.....	8
2.2.1- Água.....	8
2.2.2 - Atividade de água.....	9
2.2.3- pH.....	9
2.2.4- Acidez Titulável.....	10
2.2.5- Sólidos Solúveis Totais.....	10
2.2.6- Lipídeos.....	11
2.2.7- Proteínas.....	11
2.2.8- Pectina.....	11
2.2.9- Amido.....	12
2.2.10- Açúcares.....	12
2.2.11- Vitamina C.....	13
2.2.12-Cinzas.....	14
2.2.13- Densidade.....	14
2.2.14- Cor.....	15
2.3- Reologia.....	16
2.3.1- Classificação reológica dos fluidos.....	17
2.4- Secagem.....	23
2.4.1- Liofilização.....	25
2.4.2- Camada de espuma.....	28
2.5- Isotermas de equilíbrio higroscópico.....	31
2.6- Microscopia eletrônica de varredura.....	34
2.7- Análise sensorial.....	35

3.0-MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1- Processamento.....	37
3.1.1 - Matéria-prima.....	37
3.1.2 – Seleção, higienização e descascamento.....	37
3.1.3 – Despolpamento e refino.....	38
3.1.4- Embalagem e armazenamento.....	38
3.2- Caracterização física, química e físico-química da polpa integral.....	39
3.2.1- Caracterização física.....	39
3.2.1.1 - Atividade de água.....	39
3.2.1.2- Cor.....	39
3.2.1.3- Densidade.....	39
3.2.2- Caracterização química.....	39
3.2.2.1 - Lipídeos.....	40
3.2.2.2 - Proteínas.....	40
3.2.2.3 - Pectina.....	40
3.2.2.4 - Vitamina C.....	40
3.2.2.5- Amido.....	40
3.2.2.6- Açúcares totais, redutores e não redutores.....	40
3.2.2.7 - Cinzas.....	41
3.2.3- Caracterização físico-química.....	41
3.2.3.1- pH.....	41
3.2.3.2-Sólidos solúveis totais (°Brix)	41
3.2.3.3- Acidez total titulável.....	41
3.2.3.4- Teor de água e sólidos totais.....	42
3.2.3.5- Relação SST/ATT.....	42
3.3 -Comportamento reológico da polpa	42
3.3.1-Viscosidade aparente.....	42
3.3.2- Modelos reológicos.....	43
3.3.2.1- Lei da Potência ou Modelo de Ostwald-de-Waelle.....	43
3.3.2.3 - Modelo Herschel-Bulkley.....	44
3.3.2.4- Modelo Mizrahi-Berk.....	44
3.3.2.5- Modelo de Vocadlo.....	44
3.4- Determinação do perfil de minerais na polpa integral.....	45

3.5- Elaboração da espuma.....	46
3.5.1- Densidade da espuma	46
3.5.2- Expansão volumétrica/Over-run.....	47
3.6- Cinética de secagem.....	47
3.6.1-Cinética de secagem pelo método liofilização.....	48
3.6.2- Cinética de secagem pelo método camada de espuma.....	49
3.7- Caracterização da polpa de biribá amostras em pó.....	50
3.7.1- Rendimento.....	51
3.7.2- Morfologia dos pós.....	52
3.8- Isoterma de equilíbrio higroscópico.....	53
3.8.1- Ajuste matemático para as isotermas de equilíbrio higroscópico.....	53
3.8.1.1- GAB.....	53
3.8.1.2- Halsey.....	54
3.8.1.3- Oswin.....	54
3.8.1.4- Peleg.....	54
3.9 -Aceitação sensorial e a intenção de compra do refresco de biribá.....	54
3.9.1-Elaboração do refresco.....	54
3.9.2-Análise sensorial.....	55
4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1- Caracterização física, química e físico-química da polpa integral de biribá.....	57
4.2- Comportamento reológico da polpa integral.....	61
4.3- Densidade e capacidade de expansão das espumas.....	73
4.4- Cinética de secagem.....	75
4.5- Caracterização das amostras em pó.....	95
4.5.1- Características físicas, químicas e físico-químicas da polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma.....	96
4.5.1.1- Características físicas da polpa em pó obtido por secagem em camada de espuma.....	96
4.5.1.2- Características químicas da polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma.....	100
4.5.1.3- Características físico-químicas da polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma.....	105
4.5.2- Perfil de minerais.....	107

4.5.3- Morfologia.....	110
4.6- Isotermas de equilíbrio higroscópico.....	115
4.7- Teste de aceitação e intenção de compra do refresco de biribá.....	126
5 0 - CONCLUSÕES.....	133
6.0- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	136
7.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
APÊNDICE A	168
APÊNDICE B.....	171
APENDICE C.....	173
APENDICE D.....	178
APENDICE E.....	184
APENDICE F.....	189
APENDICE G.....	193

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Biribazeiro (a) e fruto verde de biribá (b).....	4
Figura 2.2	Coordenadas do sistema CIE lab de cor.....	16
Figura 2.3	Classificação reológica dos fluidos.....	19
Figura 2.4	Curvas de escoamento típicas de fluidos não-newtonianos independentes do tempo.....	20
Figura 2.5	Curvas de escoamento típicas de fluidos não-newtonianos dependentes do tempo.....	21
Figura 3.1	Biribá estágio de maturação maduro.....	38
Figura 3.2	Polpa de biriba.....	39
Figura 3.3	Espetro de fluorescência de raios X.....	47
Figura 3.4	Liofilizador L101-Liobras.....	50
Figura 3.5	Formulário utilizado na análise sensorial para o teste de aceitação e intenção de compra dos refrescos de biriba.....	58
Figura 4.1	Viscosidades aparentes em função da taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Sisko.....	66
Figura 4.2	Viscosidade aparente (mPa) da polpa integral de Biribá em função da taxa de deformação....	67
Figura 4.3	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Casson.....	68
Figura 4.4	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley.....	70
Figura 4.5	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk.....	71
Figura 4.6	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da potência).....	73
Figura 4.7	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa	

	integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Vocadlo.....	74
Figura 4.8	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando a liofilização e com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Henderson e Pabis e Page.....	79
Figura 4.9	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata.....	81
Figura 4.10	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata.....	81
Figura 4.11	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata.....	82
Figura 4.12	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Henderson & Pabis.....	85
Figura 4.13	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Henderson & Pabis.....	85
Figura 4.14	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Henderson & Pabis.....	86
Figura 4.15	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Logarítmico.....	88

Figura 4.16	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Logarítmico.....	88
Figura 4.17	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Logarítmico.....	89
Figura 4.18	Curvas de secagem da polpa de biribá obtid pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Midilli.....	91
Figura 4.19	Curvas de secagem da polpade biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Midilli.....	92
Figura 4.20	Curvas de secagem da polpade biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Midilli.....	92
Figura 4.21	Curvas de secagem da polpade biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Page.....	94
Figura 4.22	Curvas de secagem da polpa de biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Page.....	94
Figura 4.23	Curvas de secagem da polpade biribá obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Page.....	95
Figura 4.24	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método de	

	Liofilização obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	112
Figura 4.25	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	113
Figura 4.26	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	114
Figura 4.27	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	114
Figura 4.28	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó, desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	114
Figura 4.29	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	115
Figura 4.30	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	115
Figura 4.31	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	116
Figura 4.32	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e	

	5000X.....	116
Figura 4.33	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	117
Figura 4.34	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo processo de desidratação por liofilização e com ajustes pelos modelos de GAB, Halsey, Oswin e Peleg.....	118
Figura 4.35	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelos modelos de Peleg.....	122
Figura 4.36	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelos modelos de Peleg.....	122
Figura 4.37	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelos modelos de Peleg.....	123
Figura 4.38	Perfil sensorial do refresco de biribá: Pó obtido a partir da liofilização da polpa.....	130
Figura 4.39	Perfil sensorial do refresco biribá: Pó obtido a partir da polpa biribá com 1,5% de aditivos e desidratada pelo método camada de espuma nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	131
Figura 4.40	Perfil sensorial do refresco de biribá: Pó obtido a partir da polpa biribá com 2,5% de aditivos e desidratada pelo método camada de espuma nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	131
Figura 4.41	Perfil sensorial do refresco de biribá: Pó obtido a partir da polpa biribá com 3,5% de aditivos e desidratada pelo método camada de espuma nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	132
Figura 4.42	Índice de aceitabilidade para o refresco elaborado com a polpa de biribá em	

	pó.....	133
Figura E.1	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método de Liofilização.....	189
Figura E.2	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 1000 e 2000X.....	189
Figura E.3	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	189
Figura E.4	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	190
Figura E.5	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	190
Figura E.6	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	190
Figura E.7	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	191
Figura E.8	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	191
Figura E.9	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C, obtida por	

	microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	192
Figura E.10	Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.....	192
Figura H 1	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de GAB.....	200
Figura H 2	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelos modelo de GAB.....	200
Figura H 3	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelo modelo de GAB.....	201
Figura H 4	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de Halsey.....	201
Figura H 5	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de Halsey.....	202
Figura H 6	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de Halsey.....	202
Figura H 7	Isotermas de adsorção de água a 25 °C, das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de	

	Oswin.....	203
Figura H 8	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de Oswin.....	203
Figura H 9	Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajuste pelo modelo de Oswin.....	204

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Composição físico-química de biribá.....	6
Tabela 3.1	Percentual de aditivo e polpa utilizado para elaboração da espuma.....	47
Tabela 4.1	Caracterização química, física e físico-química da polpa integral de biriba.....	58
Tabela 4.2	Percentual de Minerais encontrado na polpa integral de biriba.....	62
Tabela 4.3	Viscosidade aparente (m.Pas) da polpa de integralde biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) e temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.....	63
Tabela 4.4	Parâmetros do modelo de Sisko, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para a polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	66
Tabela 4.5	Parâmetrosdo modelo reológico de Casson, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	68
Tabela 4.6	Parâmetros do modelo reológico de Herschel-Bulkley, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	69
Tabela 4.7	Parâmetros do modelo reológico de Mizrahi-Berk, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	71
Tabela 4.8	Parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waelle, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	73
Tabela 4.9	Parâmetros do modelo reológico de Voadlo, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	74
Tabela 4.10	Valores médios da densidade (g/cm^3) da espuma de biribá obtido com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento.....	76
Tabela 4.11	Valores médios da expansão (%) da espuma de biribá obtido com 1,5;	

	2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento.....	76
Tabela 4.12	Parâmetros do ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Henderson & Pabis e Page, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada por liofilização.....	78
Tabela 4.13	Parâmetros do ajuste do modelo de Cavalcanti Mata, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivos e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	83
Tabela 4.14	Parâmetros do ajuste do modelo de Henderson & Pabis, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivos e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	86
Tabela 4.15	Parâmetros do ajuste do modelo de Logarítmico, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de Biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivos e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	89
Tabela 4.16	Parâmetros do ajuste do modelo de Midilli, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivos e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	92
Tabela 4.17	Parâmetros do ajuste do modelo de Page, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de Biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	95
Tabela 4.18	Valores médios da caracterização da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando a Liofilização.....	96
Tabela 4.19	Valores médios de Atividade de água da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	98

Tabela 4.20	Valores médios de luminosidade (L*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	99
Tabela 4.21	Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	99
Tabela 4.22	Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	100
Tabela 4.23	Valores médios de rendimento (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	101
Tabela 4.24	Valores médios de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	102
Tabela 4.25	Valores médios de lipídeos (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	103
Tabela 4.26	Valores médios de proteínas (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	103
Tabela 4.27	Valores médios de açúcares totais (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	104
Tabela 4.28	Valores médios de açúcares redutores (% glicose) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	105
Tabela 4.29	Valores médios de açúcares não redutores (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com	

	1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	105
Tabela 4.30	Valores médios de Cinzas (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	106
Tabela 4.31	Valores médios do teor de água (% b.u) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	106
Tabela 4.32	Valores médios da acidez total titulável (% Ácido cítrico) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	107
Tabela 4.33	Valores médios de pH da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	108
Tabela 4.34	Percentual de Mineral encontrado na polpa de biribá em pó.....	110
Tabela 4.35	Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá desidratada pelo método Liofilização.....	119
Tabela 4.36	Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 1,5% de aditivos e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.....	124
Tabela 4.37	Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 2,5% de aditivos e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.....	125
Tabela 4.38	Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 3,5% de aditivos e	

	temperaturas de 40, 50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.....	126
Tabela 4.39	Médias das notas atribuídas pelos provadores em relação aos diferentes tratamentos (liofilização e camada de espuma) para os atributos sensoriais sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra do refresco de biribá.....	128
Tabela 4.40	Média das notas atribuídas pelos provadores e coeficiente de concordância em relação aos diferentes tratamentos para os atributos sensoriais sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra do refresco de biribá.....	133
Tabela A.1	Valores médios da viscosidade aparente (mPa), tensão de cisalhamento (mPa) e taxa de deformação (s^{-1}) para a polpa integral de Biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) na temperatura de 10 °C.....	171
Tabela A.2	Valores médios da viscosidade aparente (mPa), tensão de cisalhamento (mPa) e taxa de deformação (s^{-1}) para a polpa integral de Biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) na temperatura de 20 °C.....	171
Tabela A.3	Valores médios da viscosidade aparente (mPa), tensão de cisalhamento (mPa) e taxa de deformação (s^{-1}) para a polpa integral de Biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) na temperatura de 30 °C.....	172
Tabela A.4	Análise de variância da viscosidade aparente para a polpa integral de biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) e temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	173
Tabela B.1	Análise de variância da densidade da espuma de biribá obtida com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento.....	175
Tabela B.2	Análise de variância da Expansão da espuma de biribá obtida com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativo sem diferentes tempos de batimento.....	175
Tabela C.1	Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá secada por liofilização.....	177
Tabela C.2	Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá adicionada de 1,5% de aditivos e secada método camada de espuma em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	178

Tabela C.3	Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá adicionada de 2,5% de aditivos e secada método camada de espuma em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	179
Tabela C.4	Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá adicionada de 3,5% de aditivos e secada método camada de espuma em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	180
Tabela D.1	Análise de variância dos valores médios do teor de água (% b.u) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	182
Tabela D.2	Análise de variância dos valores médios de atividade de água da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	182
Tabela D.3	Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% Ácido cítrico) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	182
Tabela D.4	Análise de variância dos valores médios de pH da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	183
Tabela D.5	Análise de variância dos valores médios de vitamina C (mg/100g) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	183
Tabela D.6	Análise de variância dos valores médios de lipídeos (%) da polpa de biribá em pó obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	183
Tabela D.7	Análise de variância dos valores médios de proteínas (%) da polpa de	184

	biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	
Tabela D.8	Análise de variância dos valores médios de açúcares totais (%) da polpa de biribá (<i>Rollinia mucosa</i>) em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	184
Tabela D.9	Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	184
Tabela D.10	Análise de variância dos valores médios de luminosidade (L*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	184
Tabela D.11	Análise de variância dos valores médios de Intensidade de vermelho (+a*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	185
Tabela D.12	Análise de variância dos valores médios de Intensidade de amarelo (+b*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	185
Tabela D.13	Análise de variância dos valores médios de rendimento (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	185
Tabela D.14	Análise de variância dos valores médios de cinzas (%) da polpa de biribá (<i>Rollinia mucosa</i>) em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	186
Tabela F.1	Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas apartir da polpa biribá	186

	(desidratada pelo método de Liofilização).....	
Tabela F.2	Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas apartirda polpa biribá adicionada 1,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.....	193
Tabela F.3	Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas apartir da polpa biribá adicionada 2,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.....	193
Tabela F.3	Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá adicionada 3,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.....	194
Tabela F.4	Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas apartir da polpa biribá adicionada 3,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60°C desidratada pelo método camada de espuma.....	195
Tabela G.1	Análise de variância para o atributo sabor do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá.....	197
Tabela G.2	Análise de variância para o atributo aroma do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá.....	197
Tabela G.3	Análise de variância para o atributo aparência do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá.....	197
Tabela G.4	Análise de variância para o atributo cor do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá.....	197
Tabela G.5	Análise de variância para o atributo intenção de compra do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá.....	197

OBTENÇÃO DA POLPA EM PÓ DE BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*) PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO E DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA: ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS.

RESUMO

O biribá (*Rollinia mucosa*) pertence à família Annonaceae, é consumido na forma *in natura*, seu fruto apresenta vida útil muito curta; apresenta boas perspectivas para exploração devido ao ótimo sabor e aroma exótico. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo estudar a desidratação da polpa de biribá pelo método de liofilização e desidratação em camada de espuma, avaliando as características do produto seco. Para isto foram determinados os parâmetros físico, químico e físico-químico da polpa integral: teor de água, sólidos totais, atividade de água, SST/ATT, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável e lipídeos, proteínas, pectina, vitamina C, amido, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas e minerais (K, Ca, P, S, Fe, Zn, Cu, Rb, Sr, Br), densidade e cor. Analisou-se o comportamento reológico da polpa nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C e verificou-se entre os modelos de Sisko, Ostwald-de-Waelle, Casson, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk, Vocadlo o que melhor se ajusta aos dados. A cinética de secagem foi realizada através de dois métodos: liofilização e camada de espuma, a primeira usou-se somente a polpa integral e na segunda elaboraram-se espumas com adição de 1,5, 2,5 e 3,5% de Emustab, Superliga neutra e Maltodextrina homogeneizados por 15 minutos. Verificou-se a densidade e a capacidade de expansão das espumas e submetendo-as a secagem em estufa nas temperaturas 40, 50 e 60 °C. Foram usados, para a análise e a representação, os modelos semiteóricos de Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Logarítmico, Midilli e Page. Analisaram-se os pós quanto ao teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, vitamina C, lipídeo, proteína, açúcares totais, redutores e não redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo, cinzas, perfil de minerais, rendimento e a morfologia dos pós. As isotermas de adsorção de água foram determinadas para todas as amostras em pó a 25 °C e se ajustaram, aos valores experimentais, os modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg. Com os pós elaborou-se refresco e se fez teste de aceitação sensorial e intenção de compra. A polpa integral de biribá se apresenta pH ácido, sendo indicada como baixa acidez, tem tendência de comportamento de fluido não-newtoniano de caráter pseudoplástico, em que o modelo que melhor se ajusta é o Herschel-Bulkley. A secagem é influenciada pelo método e temperatura utilizada. Ocorrendo a secagem em menor tempo no método camada de espuma o qual conduz a uma taxa maior de secagem que a liofilização e o modelo de Cavalcanti Mata faz o melhor ajuste. A secagem por liofilização proporciona maior remoção de água, considerando-se que as polpas em pó apresentam menor teor de água e atividade de água; após o processo ocorre a retenção de vitamina C. As polpas em pó tiveram baixos teores de lipídeos, proteínas e cinzas e quantidades elevadas de açúcares; quanto à cor, acontece predominância da luminosidade; indicando coloração branca. As isotermas apresentam comportamento típico do tipo III acima de 65% de teor de água, os pós adsorvem água com velocidade cada vez maior. Os pós reconstituídos têm boa aceitação entre os provadores, porém os que apresentam maior percentual são os obtidos pelos método de liofilização e o camada de espuma utilizando 60 °C de temperatura nas três concentrações de aditivos estudadas.

Palavras-chave: Annonaceae, *Rollinia mucosa*, conservação, camada de espuma e fruta em pó.

GETTING THE PULP POWDER OF BIRIBA (*Rollinia mucosa*) BY LYOPHILIZATION AND FOAM LAYER DRYING: A STUDY OF PARAMETERS PHYSICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL.

ABSTRACT

The Biriba (*Rollinia mucosa*) belongs to the family Annonaceae is consumed in the form in nature, its fruit has a very short shelf life. This presents good prospects for exploration due to great flavor and exotic aroma. Thus, the present work aims to study the dehydration of pulp by Tootles method liofilização and dehydration foam layer, evaluating the characteristics of the dried product. For this we determined the physical, chemical and physico-chemical parameters of the whole pulp: water content, total solids, water activity, TSS / TTA, total soluble solids, pH, titratable acidity and lipids, proteins, pectin, vitamin C, starch, total sugars, reducing and non-reducing sugars, ash and minerals (K, Ca, P, S, Fe, Zn, Cu, Rb, Sr, Br), density and color. We analyzed the rheological behavior of the pulp at temperatures of 10, 20, 30 and 40 °C and was found between the Sisko model, Ostwald -de- Waelle, Casson, Herschel - Bulkley, Mizrahi - Berk, which better Vocadlo fits the data. The kinetics of drying was accomplished using two methods: lyophilization and foam layer, the former is used only to whole pulp and second foam is prepared by adding 1.5, 2.5 and 3.5% Emustab neutral Premier Maltodextrin and homogenized for 15 minutes. It was observed density and expandability of the foam and subjected to drying at temperatures of 40, 50 and 60 °C. Was used for the analysis and representation theorists Pabis, logarithmic, semi Midilli and Page models Cavalcanti Woods & Henderson. We analyzed the post as the water content, water activity, total acidity, pH, vitamin C, fat, protein, total sugars, reducing and non-reducing brightness, intensity of red and yellow, gray, mineral profile, yield and morphology of the powders. It was determined the adsorption isotherms of water for all powder samples at 25 °C and adjusted, the experimental data models Gab, Halsey, Oswin and Peleg. With the post was elaborated refreshment and made sure sensory acceptance test and purchase intent. Full pulp BIRIBA presents acidic pH indicated as being low acidity, has a tendency of behavior of non-Newtonian fluid pseudoplastic character, the model that best fits Herschel - Bulkley is. The drying method and is influenced by the temperature used. Drying occurred in a shorter time in the method the foam layer which leads to a higher drying rate than lyophilization, the model Cavalcanti Mata makes the best fit. The freeze-drying provides greater removal of water, whereas these powdered pulps have lower moisture content and water activity; process occurs after the retention of vitamin C. The pulp powder had low levels of lipid, protein and ash and high amounts of sugars; and how the color of light happens predominance indicating white coloring. The isotherms exhibit behavior typical of type III, above 65% of water content, post adsorb water with increasing speed. The post recontituidos good acceptance among tasters, but those with higher percentage are obtained by lyophilization method and the foam layer using 60 °C temperature in the three concentrations studied additives.

Keywords: Annonaceae, *Rollinia mucosa*, conservation, foam layer, and fruit powders.

1.0 - INTRODUÇÃO

A fruticultura ocupa uma das mais importantes atividades agrícolas em todo o mundo destacando-se a Amazônia por apresentar inúmeras espécies frutíferas, dentre as quais, tem-se o biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill, pertencente à família Annonaceae, com porte arbóreo, tipicamente tropical. Trata-se de uma fruteira explorada sem qualquer ordenação cultural, sendo frequentemente encontrada em diferentes habitats, como quintais e bosques silvestres e tem o Brasil como centro de origem (FERREIRA e RIBEIRO, 2006)

A polpa é de cor branca, abundante, sucosa, com sabor adocicado e agradável; muitas sementes são de coloração pardo-olivácea. Em geral, o fruto apresenta, em média, 52% de polpa, 42% de casca e 6% de sementes, em relação ao peso (COSTA e MULLER 1995).

Os frutos apresentam fragilidade na casca dificultando o transporte a longas distâncias e somente é possível conservá-los por períodos curtos, exigindo embalagens apropriadas e baixas temperaturas para armazenamentos demorados; portanto, é necessário o conhecimento das condições ideais para o aumento da vida de prateleira do biribá (LORENZI, 1998).

Segundo COSTA e MULLER (1995) o biribá é bastante apreciado pela comunidade, visto que é comercializado e consumido na forma "in natura", por falta de informações quanto à industrialização porém inicia seu processo de deterioração rapidamente.

Dentre os métodos de conservação a secagem é uma das tecnologias pós-colheita amplamente utilizadas para superar os problemas de alta perecibilidade de frutas e hortaliças (CHONG e LAW, 2011).

Com a crescente preferência dos consumidores por produtos saudáveis, as frutas desidratadas têm desempenhado papel relevante no sentido de satisfazer essas necessidades (CRUZ, 2013).

OLIVEIRA et al. (2009) ressaltam, considerando as tendências atuais por alimentos nutritivos e de rápido preparo, que a desidratação de sucos para utilização em bebidas instantâneas desponta como alternativa interessante em substituição aos similares artificiais existentes no mercado. Além disso, esses produtos têm quando bem embalados, uma vida útil superior a 12 meses de estocagem em temperatura ambiente, representando uma economia nos custos de transporte e armazenamento.

Nas últimas décadas muitos estudos foram realizados em relação à desidratação de frutas e polpas (PEREIRA et al., 2009; MOSQUERA et al., 2010; OSÓRIO et al., 2011; CRUZ, 2013) voltados principalmente no sentido de aumentar a retenção das propriedades nutritivas e sensoriais do produto mediante alterações dos processos já existentes ou a aplicação de novas técnicas. Dentre as quais se destacam a liofilização e o método camada de espuma , que no Brasil também é denominado por *foam mat*, secagem em leito de espuma ou secagem em camada de espuma.

Este método, tal como a liofilização, é muito utilizado para secagem de frutas sensíveis ao calor. Embora tenha sido desenvolvido para secagem rápida de alimentos líquido, vem sendo utilizado para alimentos pastosos, como purê e polpa de fruta (BAG et al., 2011). Tendo em vista que esses processos mantêm a qualidade dos produtos, aumentam a vida de prateleira e oferecem possibilidades comerciais, associados à inexistência de informações sobre o processamento do biribá, é que acredita-se em uma alternativa viável para a produção de polpa em pó.

1.1 - Objetivo geral

Estudar a desidratação da polpa de biribá pelo método de desidratação foam-mat e liofilização.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa integral de biribá quanto aos parâmetros físicos (atividade de água, luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo, densidade), químicos (teor de água, proteínas, lipídeos, amido, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas, pectina, vitamina C) e físico-químicos (pH, acidez total titulável, Sólidos totais, Sólidos solúveis totais);
- Determinar o perfil de minerais na polpa integral;
- Analisar o comportamento reológico da polpa integral em diferentes temperaturas (10, 20, 30 e 40 °C) ajustando aos dados experimentais os modelos matemáticos de Casson, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk, Ostewald-de-Waelle, Vocadlo e Sisko;
- Determinar a densidade e a expansão das espumas da polpa de Biribá com adição de 1,5; 2,5 e 3,5% de Emustab, Super liga neutra e maltodextrina para diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20 e 25 min);

- Estudar a cinética de secagem da polpa de Biribá pelo método de secagem em camada de espuma na temperaturas de 40, 50 e 60°C e também a cinética de liofilização da polpa integral ajustando-se aos dados experimentais os modelos matemáticos de Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Logaritmo, Midilli e Page;
- Caracterizar as amostras em pó quanto aos parâmetros físicos (atividade de água, luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo e densidade), químicos (teor de água, proteínas, lipídeos, amido, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas, pectina, vitamina C), físico-químicos (pH, acidez total titulável, Sólidos totais, Sólidos solúveis totais);
- Avaliar a morfologia dos pós pela microscopia eletrônica de varredura;
- Determinar as isotermas de equilíbrio higroscópico das amostras em pó, a temperatura de 25°C e ajustar aos dados experimentais aos modelos matemáticos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg;
- Avaliar a aceitação sensorial e a intenção de compra do refresco de biribá a partir da polpa em pó reconstituída.

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-Biribá

A fruticultura ocupa uma das atividades agrícolas mais importantes em todo o mundo e, a Amazônia se destaca por apresentar inúmeras espécies frutíferas, muitas dessas provenientes de outras regiões, entre as quais o tem-se biribazeiro é mostrado na Figura 2.1.

Dentre os representantes da família Annonaceae, destaca-se o biribá, com porte arbóreo, tipicamente tropical cmo planta nativa do Norte das Antilhas e Norte da América do Sul (Amazonas), matas pluviais Atlântica e Amazônica que se desenvolvem bem em diferentes habitats e tem o Brasil como centro de origem (SIMÃO, 1971).

De acordo com SILVA (2007) o biribazeiro é uma planta de porte alto, cujo fruto, quando maduro, é de coloração amarela, globoso, composto por diversas partes hexagonais, muito unidas, apresentando aspecto característico; sua polpa é esbranquiçada a creme é translúcida, mole, suave, doce e aromática com muitas sementes de cor escura; possui um aroma agradável. Podendo pesar até 1,3 kg, a casca do fruto possui saliências em forma de escamas pontiagudas. Estes são muito perefíveis e, portanto pouco comercializados.

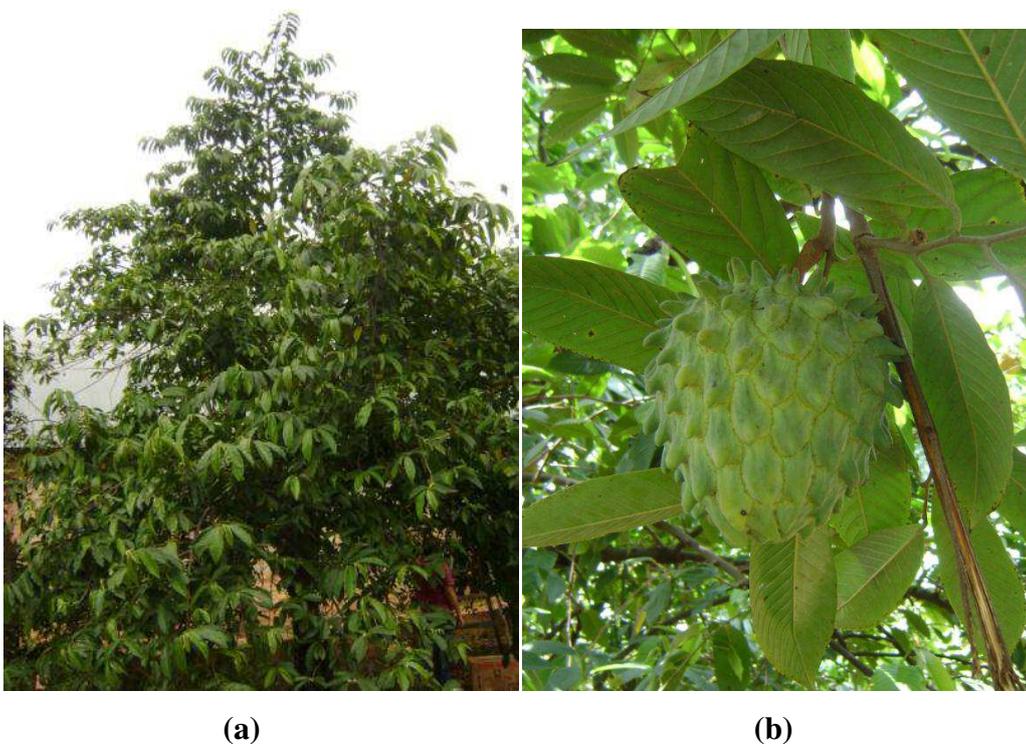


Figura 2.1- Biribazeiro (a) e fruto verde de Biribá (b)

Trata-se de uma fruteira explorada sem qualquer ordenação cultural, sendo frequentemente encontrada em quintais e bosques silvestres. Os frutos têm grande aceitação popular, sendo consumidos *in natura*. A planta tem ampla dispersão geográfica e o fruto é conhecido também como biribá do pará, fruta da condessa (Brasil), anona (Peru), biribá de pernambuco, pinha, beribá e jaca de pobre (COSTA; MULLER, 1995).

Das anonáceas cultivadas o biribazeiro parece ser a mais tolerante com relação ao ataque de pragas, como a broca do colete (MANICA, 2000) e tem demonstrado alguma resistência quanto à podridão-da-raiz ou murcha (JUNQUEIRA et al., 2000).

É uma planta ideal para a formação de pomares solteiros ou consorciados, devido ao rápido crescimento e à boa produtividade, esta espécie possibilita obter retorno econômico no máximo cinco anos após a implantação do pomar além de contribuir para a conservação do solo e melhorar as condições ambientais (LORENZI, 1998).

FERREIRA e RIBEIRO (2006) relatam algumas características do biribá como sendo uma árvore que apresenta copa cônica, no início, com poucos ramos, que ascendem a um ângulo de 30° a 60°, e arredonda na maturidade; as folhas são alternas, simples sem estípulas, pecíolo curto de 5 mm a 10 mm, lâmina oblongo-elíptica, coriácea, de 15 cm a 25 cm de comprimento, 8 cm a 11 cm de diâmetro e ápice acuminado. Flores solitárias, dispostas sobre pedicelos grossos, do meio para cima, de cerca de 2 cm. O fruto é um sincarpo composto de muitos carpelos unidos, cheio de saliências piramidais; formato entre esférico e oblongo, de 10 cm a 20 cm de comprimento por 7 cm a 20 cm de diâmetro, peso médio entre 300 g e 800 g, tendo sido encontrado no alto Solimões.

A casca é de cor verde-amarelado (Figura 2.1b), no princípio e amarela, ao amadurecer (Figura 3.1) apresentando saliências carnosas denominadas espículas ou espinhos, sendo que em alguns tipos, os frutos não possuem grandes saliências proeminentes. Existe uma grande variação entre os frutos quanto à forma e ao tamanho, não havendo ainda variedades definidas de biribazeiro; contudo, há dois tipos bem distintos que são:

- a) Com espículas – frutos que apresentam saliências carnosas na casca, denominadas “espículas” ou espinhos.
- b) Liso – frutos do tipo liso apresentam casca desprovida de saliências carnosas.

Os frutos do tipo liso permitem melhor conservação e transporte em comparação com os do tipo com espículas; possuem sementes, em número de 70 a 114 por fruto, são negras, com tamanho próximo de 1 cm por 0,5 cm, com densidade de 1,02 g/ml.

FERREIRA e RIBEIRO (2006) afirmam que o biribá desenvolve-se bem em zonas com temperatura média de 24 até 26 °C e precipitação pluvial superior a 1.500 mm/ano; prefere solos férteis, bem drenados, profundos, de textura média e boa quantidade de matéria orgânica, embora tenha sido encontrado com produtividade média em solos de pouca fertilidade, porém com baixa densidade de plantas/ha.

É propagado por sementes, com germinação entre 20 e 30 dias e 60% a 80% de poder germinativo, podendo ser multiplicado por enxertia. Devido ao crescimento vigoroso apresentado pela espécie, deve-se estabelecer um espaçamento de 7 m x 7 m para cada pé. No campo, o crescimento inicial é vigoroso com incremento anual de 1,5 cm; árvores com 5 anos de idade podem produzir entre 25 e 60 frutos, com peso médio de 1 kg; acima de 15 anos, podem produzir mais de 150 frutos/ano. Verifica-se, na Tabela 2.1, a composição físico-química de biribá.

Tabela 2.1- Composição físico-química de biribá

Parâmetro	Média
Hidrato de carbono	18,3 mg*
Proteína	600 mg*
Cálcio	17 mg
Fósforo	17 mg*
Ferro	0,4 mg*
Tiamina (Vit. B1)	0,05 mg*
Riboflavina (Vit. B2)	0,018 mg*
Niacina (Vit. B5)	0,33 mg*
Extrato etéreo	0,3 (%)**
Teor de água	80 (%)**
Fibra bruta	0,2 (%)**
Carboidrato	18,3 (%)**

Fonte:* FRANCO, citado por FADUAL et al. (1983),** PECHNIK et al. (1962)

Na literatura existem poucos trabalhos de pesquisa utilizando-se o biribá como matéria-prima, entre eles: FALCÃO et al. (1981) estudaram os aspectos fenológicos, ecológicos e a produtividade do biribá. Este autor relata a ausência de pesquisas publicadas sobre a fruta, citando haver apenas os de CORREIA (1926) que os inclui na cultura dos

aborígenes do Pará. DUCKE (1946) fez uma breve discussão sobre a procedência e distribuição geográfica. LE COINTE (1947) comentou de forma sucinta a industrialização de sua madeira e casca. FONSECA (1954) apresentou uma descrição geral considerando-a como espécie comumente distribuída no estado do Rio de Janeiro. CALZAVARA (1970) explicou sua cultura e relacionou as pragas e moléstias que prejudicam a sua propagação. PRANCE e SILVA (1975) relataram botanicamente, e a incluíram entre as espécies comumente encontradas em Manaus e no interior do estado do Amazonas. CAVALCANTE (1976) também a descreveu e considerou como uma das espécies frutíferas mais cultivadas e difundidas nos pomares de Belém e no interior do estado do Pará.

COSTA e MULLER (1995) fez uma análise completa sobre a fruticultura tropical: o biribazeiro. SANTOS et al. (2005) analisaram a propagação do biribá e sua utilização como porta enxerto de pinha (*Annona squamosa*) e concluíram que a germinação das sementes de biribá (*Rollinia mucosa*), a areia e o substrato batido apresentaram as maiores porcentagens de germinação e a viabilidade da enxertia de pinha sobre biribá pelos métodos de enxertia por garfagem fenda cheia utilizando alicate de enxertia, garfagem por fenda cheia manual, borbulhia em T invertido e garfagem em Inglês Simples, são pouco eficientes.

FERREIRA et al. (2010) analisaram a emergência e crescimento inicial de plântulas de biribá em diferentes substratos e de modo geral, constatou-se que os substratos comerciais apresentaram as menores porcentagens e velocidades de emergência, sozinhos ou em combinação com outros substratos, sendo que os maiores valores foram observados com o emprego de areia + vermiculita. Os quatro substratos avaliados, isolados ou em combinação, não divergiram de forma relevante quanto ao crescimento das plântulas, nos 75 dias subsequentes à semeadura.

BARREIROS et al. (2013) estudaram os constituintes voláteis dos frutos de Biribá obtidos pela técnica de extração e destilação simultânea (EDS). Com o objetivo de extrair constituintes voláteis pela técnica de extração e destilação simultânea, separar e identificar esses compostos voláteis da polpa dos frutos por sistema de CG-EM, e concluíram que os terpenos foram os constituintes majoritários na polpa de biribá, entre eles, β -Cariofileno foi o principal.

O fruto do biribazeiro apresenta boas perspectivas para exploração econômica devido ao ótimo sabor e aroma exóticos; por se tratar de uma fruta com alta perecibilidade os principais problemas pós-colheita são: escurecimento e amolecimento da casca após a colheita. Segundo SANTOS et al. (2009) essa característica também foi encontrada na

atemoia; devido a este problema há necessidade de técnicas para o aproveitamento tecnológico e aumento da vida de prateleira do fruto; entretanto, não existe qualquer estudo relatando o conhecimento quanto ao processamento desta fruta.

2.2- Características físico-químicas

As características físico-químicas dos alimentos são de fundamental importância, pois, além de caracterizar a matéria prima, são utilizados no controle de qualidade, garantido, desta forma, que o produto chegue ao consumidor apresentando alta qualidade e maior vida de prateleira.

Para SILVA et al. (2008) as informações a respeito do valor nutricional de frutas são ferramentas básicas para a avaliação do consumo e formulação de novos produtos no entanto, ainda há a inexistência de dados sobre o biribá disponíveis na literatura.

As frutas consistem em fonte nutricional de vitaminas, minerais e carboidratos solúveis, sendo que esses nutrientes diferem nas frutas, algumas são pobres em nutrientes (MATSUURA e ROLIM , 2002).

2.2.1- Água

Segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008) todos os alimentos, qualquer que seja o método de industrialização a que tenham sido submetidos, contêm água em maior ou menor proporção. Geralmente, o teor de água representa a água contida no alimento que pode ser classificada em: teor de água de superfície, que se refere à água livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada e teor de água adsorvida, referente à água ligada, encontrada no interior do alimento, sem combinar quimicamente com o mesmo. O teor de água corresponde à perda em peso, sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida.

O teor de água de um alimento está relacionado com sua estabilidade, composição e qualidade, podendo afetar o armazenamento a embalagem e o processamento.

2.2.2- Atividade de água

De acordo com RIBEIRO e SERAVALLI (2007) a água ligada é definida como a água em contato com solutos e outros constituintes não aquosos, 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.

Os microrganismos necessitam de água para sua sobrevivência. Para seu metabolismo e multiplicação é necessário a presença de água na forma disponível. O parâmetro que mede a disponibilidade de água em um alimento é denominado de atividade de água, a qual é definida como a relação entre a pressão parcial de vapor contida na solução ou alimento e a pressão parcial de vapor da água pura, a uma dada temperatura. A remoção da água (desidratação) tal como a adição de sais, açúcar e outras substâncias, provoca redução de atividade de água de um alimento em virtude de reduzir a pressão parcial de vapor d'água contida; esta redução é variável em função da natureza da substância adicionada, quantidade e temperatura. Na maioria dos alimentos frescos a atividade de água é superior a 0,95 (MELO FRANCO e LANDGRAF, 2008).

2.2.3- pH

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em um material; sua determinação pode ser realizada com auxílio de papel indicador ou de potenciômetro (peagâmetro) (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo FRANCO MELO e LANDGRAF (2008) em relação ao pH os alimentos são subdivididos em baixa acidez, que têm pH superior a 4,5; os alimentos ácidos, que têm pH entre 4,0 e 4,5 e os alimentos muito ácidos, pH inferior a 4,0; o pH próximo à neutralidade, isto é, entre 6,5 e 7,5, é o mais favorável para a maioria dos microrganismos. Alguns destes são favorecidos pelo meio ácido, certamente há inibição da microbiota de competição.

Vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microorganismos, escolha da temperatura de esterilização, 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, 1993).

2.2.4- Acidez Titulável

Os ácidos orgânicos presentes em alimentos influenciam o sabor, odor, cor estabilidade e a manutenção da qualidade. A acidez total titulável de frutas varia de 0,2 a 0,3 % em frutas de baixa acidez, como maçãs vermelhas e bananas, 2 % em ameixas e acima de 6 % em limão. Ácido cítrico pode constituir até 6% dos sólidos solúveis totais.

Segundo CHITARRA e CHITARRA (2005), a acidez é usualmente determinada por titulometria ou por potenciometria. Com o amadurecimento, as frutas perdem rapidamente a acidez, em alguns casos, há pequenos aumentos nos valores com o avanço da maturação. A acidez pode ser utilizada em conjunto com a doçura como ponto de referência do grau de maturação.

CECCHI (2010) ressalta que os principais ácidos orgânicos encontrados em alimentos são: málico, cítrico, tartárico, oxálico e succínico, e que em cada espécie há predominância nesses ácidos; existem outros em menor proporção, tais como isocítrico, fumárico, oxalacético e cetoglutárico.

2.2.5 - Sólidos Solúveis Totais

Os sólidos solúveis totais (°Brix) são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade de fruta. O teor de sólidos solúveis totais representa a quantidade de açúcares existentes na fruta considerando-se que outros compostos, embora em reduzidas proporções também fazem parte, como, por exemplo, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas. Os teores de SST usualmente aumentam no transcorrer do processo de maturação da fruta, seja por biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos. O teor de sólidos solúveis totais é determinado, normalmente, utilizando um refratômetro, expressando os resultados em °Brix (KLUGE et al., 2002).

Segundo CHAVES et al. (2004) os sólidos solúveis são de fundamental importância para a agroindústria visto que auxiliam no controle de qualidade do produto final, processos,

ingredientes e de produtos utilizados em indústrias de sorvetes, licores, açúcar, polpas, néctar, álcool e bebidas em geral.

2.2.6- Lipídeos

Para CECCHI (2010) o termo lipídeo é utilizado para gorduras e substâncias gordurosas, definido como insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Esses extraem a fração lipídica neutra que incluem ácidos graxos livres, esteróis, ceras, pigmentos lipossolúveis e vitaminas que contribuem como energia na dieta, podem ser extraídos apenas parcialmente.

O método de extração com solvente a quente se baseia em três etapas: extração da gordura da amostra com solvente, eliminação do solvente por evaporação e gordura extraída é quantificada por pesagem.

2.2.7- Proteínas

De acordo com DAMODARAM et al. (2010) as proteínas são polímeros complexos, compostos por 21 aminoácidos diferentes. Os componentes são ligados por meio de ligações amina substituída; nos alimentos, além da função nutricional as proteínas têm propriedades sensoriais e de textura e podem ser combinadas com lipídeos e carboidratos.

As proteínas obtidas de plantas são sempre deficientes em um ou mais aminoácidos essenciais (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

2.2.8- Pectina

COULTATE (2004) afirma que pectinas são os principais constituintes da lamela média dos tecidos vegetais, ocorrendo também na parede celular primária elas compreendem uma substancial proporção do material estrutural dos tecidos moles tais como parênquima de frutas macias e raízes polpudas.

A importância da pectina nos alimentos está na sua habilidade em formar géis que constituem a base de geleias e outras conservas de frutas; os géis compõem-se sobretudo de água e, no entanto, são firmes e retêm a forma a eles imposta por qualquer molde.

2.2.9- Amido

O amido constitui a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando de 80-90 % de todos os polissacarídeos na dieta, além de ser o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (LOBO e SILVA, 2003).

Distribuído de forma ampla em diversas espécies vegetais como carboidrato de reserva, o amido é abundante em grãos, cereais, raízes, tubérculos e em plantas medicinais, a exemplo das espécies de *Fritillaria* utilizadas na indústria farmacêutica. Cerca de 50 a 65 % do peso das sementes de cereais secos e até 80 % da matéria seca de tubérculos são constituídos de amido (SHUJUN et al., 2005).

O amido consiste de dois polímeros de glicose: amilose, que é essencialmente linear e a amilopectina que é bastante ramificada COULTATE (2004). As proporções em que são encontrados variam de acordo com a espécie da qual provém o amido e mesmo entre aqueles originários da mesma espécie, cujas proporções de amilose e amilopectina oscilam segundo o grau de maturação das plantas (KITAHARA e COPELAND, 2004).

2.2.10- Açúcares

Segundo CHITARRA e CHITARRA (2005) os açúcares podem ser quantificados diretamente por métodos químicos; entre os parâmetros utilizados para avaliar e monitorar a qualidade dos produtos hortícolas, se encontram a determinação da concentração dos açúcares totais, não redutores (sacarose) e o açúcar redutor (glicose e frutose). Devido ao processo respiratório, no qual os carboidratos são oxidados para a produção de energia, a concentração desses compostos muda progressivamente nas células vegetais e representa um parâmetro que pode ser utilizado para o acompanhamento das condições pós-colheita, em conjunto com outras avaliações. Torna-se de fundamental importância quantificar esses açúcares quando se objetiva avaliar o grau de doçura do produto, pois o poder adoçante é variado e aumenta na sequência glicose: sacarose: frutose.

Para DAMODARAM et al. (2010) açúcares são geralmente sólidos cristalinos, incolores e de sabor doce; são também os compostos naturais com sabor doce mais conhecido e, entre eles a sacarose é o dissacarídeo mais relevante, tanto pela sua quantidade e

frequência com que é encontrado na natureza, como pela sua importância na alimentação humana.

Os monossacarídeos glicose e frutose são açúcares redutores por possuírem grupos carbonílicos e cetônicos, capazes de se oxidar na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas. Os dissacarídeos que não possuem esta característica sem sofrerem hidrólise da ligação glicosídica, são denominados açúcares não redutores (BOBIO e BOBBIO, 1992).

2.2.11- Vitamina C

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 de sua degradação está nas oxidações aeróbicas ou anaeróbicas, em que ambas levam à formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, como formação de pigmentos escuros; é, também, rapidamente destruída pela ação da luz (BOBBIO e BOBBIO, 1992). 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.

O teor de ácido ascórbico das frutas oscila com as condições em que foram cultivadas e com aquelas em que foram armazenadas (KRAUSE e 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.

A taxa de perda de vitamina C difere muito, dependendo do produto, do grau de maturação, integridade, da temperatura de estocagem, entre outros. Durante o armazenamento e se reduzindo a temperatura de 20 °C para 4 °C, pode-se diminuir a perda de ácido ascórbico em cerca de 40 a 80 %; na temperatura de congelamento as perdas de vitamina C se situam, em muitos alimentos, na faixa de 40 a 50% durante 6 a 12 meses de armazenamento, sendo necessário evitar oscilações térmicas já que a degradação é bastante dependente da temperatura (DAMODARAM et al., 2010).

2.2.12- Cinzas

Conforme CECCHI (2010) cinza de um alimento é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, transformada em CO₂, H₂O e NO₃. A cinza obtida não tem, necessariamente, a mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento visto pode haver perdas por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra.

As cinzas são consideradas medida geral de qualidade além de frequentemente, serem utilizadas como critério na identificação dos alimentos. As cinzas contêm os componentes minerais, dentre eles: potássio, cálcio, magnésio, ferro, fósforo, enxofre, zinco, chumbo e outros. O teor de cinzas alto indica presença de adulterantes.

MENEZES et al. (2008) avaliaram o valor nutricional da polpa de açaí liofilizada e verificaram que a quantidade de potássio e cálcio foi de 900mg/100g e 330mg/100g, respectivamente, considerados em maiores proporções. O magnésio apresentou boa concentração (124,4 mg em 100 g de polpa liofilizada), diferente do ferro (4,5 mg em 100 g de polpa liofilizada). Diante desta pesquisa os autores concluíram que este processo pode ser considerado uma excelente alternativa de conservação da polpa devido à presença de componentes nutricionais encontrados.

2.2.13- Densidade

De acordo com CECCHI (2010) a determinação da densidade é uma das medidas mais simples e comuns na análise de alimentos. É principalmente utilizada para amostras líquidas mas eventualmente pode ser também usada em amostras sólidas. Tem aplicação para:

- Determinação da concentração de soluções puras de açúcar em produtos açucarados e de álcool em bebidas alcoólicas;
- Caracterização de óleos, vinhos, sucos, bebidas e outros produtos;
- Determinação da textura de frutas, entre outras.

O método mais comum na determinação de densidades consiste na medida do peso de um volume conhecido de líquido em um frasco, chamado picnômetro.

A densidade é a propriedade física da matéria que descreve o grau de compactação das substâncias. Quanto mais compactas estiverem suas partículas individuais mais densa é essa substância (BATISTA e FELIPE, 2007).

2.2.14- Cor

Um dos principais fatores de atração dos alimentos é a cor, capaz de influir até mesmo na percepção do aroma sendo portanto fator importante na aceitação do produto pelo consumidor. A cor nos alimentos é resultado da presença de pigmentos, tais como carotenos, antocianinas e clorofila, entre outros. Os pigmentos são instáveis e susceptíveis às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processamento ou armazenamento do produto, podendo ser indicadores das transformações ocorridas no alimento. Além da descoloração, outros mecanismos podem ser responsáveis pela alteração da cor do alimento, tais como as reações de escurecimento enzimático e não enzimático do tipo Maillard.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005) a coloração se relaciona mais diretamente com a percepção da aparência pelo consumidor, ao passo que a concentração de pigmentos pode estar mais diretamente relacionada com a maturidade do produto. É de interesse que o produto apresente intensidade e uniformidade de coloração, a qual pode ser avaliada na casca e na polpa de frutas e hortaliças por diferentes metodologias.

De acordo com FEILLET et al. (2000), a cor é composta por dois atributos visuais (matriz e saturação) e um fator luminoso (claridade ou luminosidade). Matriz é um termo utilizado para classificar as cores como: vermelho, amarelo, azul, etc; desta maneira, quando se mistura dois ângulos de matriz diferentes produz-se uma terceira cor, diferente das que a originaram

As fontes luminosas não são apenas caracterizadas pela matriz (*hue*) que é a presença de um comprimento de onda dominante mas também pela intensidade, brilho ou claridade (*brightness*), que é a amplitude do comprimento de onda, isto é, a relação entre a luz refletida e a luz absorvida, sem levar em consideração um comprimento de onda específico; e a saturação (*chroma*) que é a concentração em torno do comprimento de onda dominante. É a quantidade de reflexão de luz, em um comprimento de onda e indica a proporção em que a cor está misturada com o branco, preto ou cinza (MINOLTA, 1994).

Nos alimentos a medida da cor pode ser representada através das normas internacionais, desde a reunião da Commission Internationale d'Eclairage (CIE), realizada em

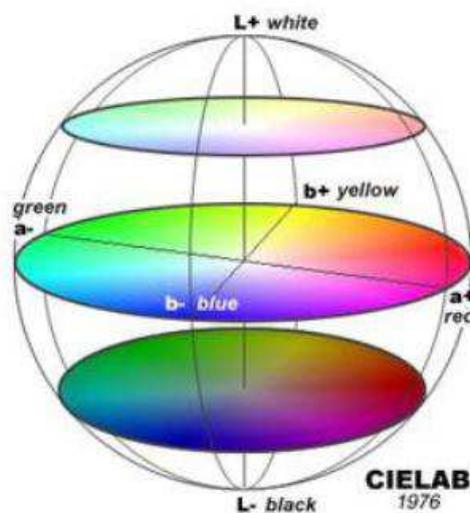
Paris, no ano de 1931, na qual se estabeleceu uma nomenclatura conhecida como o sistema CIE. Entre as modificações deste sistema uma das mais conhecidas e usadas é o sistema Hunter (L, a, b) e CIELAB (L*, a*, b*) relatado por CALVO (1989) conforme visto na Figura 2.2.

Onde:

L: mede a luminosidade e varia de 100 para superfícies perfeitamente brancas, até zero para o preto;

a: mede a quantidade de vermelho quando positivo, cinza quando zero e verde, quando negativo;

b: mede a quantidade de amarelo quando positivo, cinza quando zero e azul, quando negativo.



Fonte: HunterLab (1976)

Figura 2.2 – Coordenadas do sistema CIE lab de cor

2.3- Reologia

A viscosidade é a propriedade física de um líquido de resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento). Esta é dependente da natureza físico-química da substância, da temperatura, da pressão, da taxa de cisalhamento e do tempo e, para definir a viscosidade em função de um desses fatores os outros devem ser mantidos constantes e bem definidos (CASTRO, 2007).

Tem por finalidade prever a força necessária para causar uma deformação ou escoamento em um corpo ou, reciprocamente, prever a deformação ou o escoamento resultante da aplicação de um sistema de forças em um corpo. Essas forças podem ser de compressão, tração ou cisalhamento (CASTRO, 2007).

Na reologia de sólidos a propriedade de maior interesse é a elasticidade ao passo que, em líquidos, a viscosidade é a propriedade física dos fluidos que caracterizam sua resistência ao escoamento (PARK & LEITE, 2012).

Na indústria de alimentos e no processamento, a medição da viscosidade permite controlar a qualidade das matérias-primas, avaliar o efeito das variações nas condições de processamento sobre os produtos durante a fabricação e estimar o produto final. Esta medição constitui uma valiosa informação para otimização das propriedades dos produtos na indústria alimentícia, para a redução dos custos nos ingredientes e para garantir uma consistência melhor do produto (CULLEN, 2012).

A reologia é importante em diferentes áreas da ciência dos alimentos. Muitas das propriedades de textura (cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza), estabilidade e aparência dos alimentos são dependentes das características reológicas (Mc CLEMENTS, 2010).

A caracterização reológica de alimentos é relevante para o projeto de operações unitárias, otimização de processo e para melhor garantia da qualidade de produtos. Portanto, é fundamental estudar o comportamento reológico de polpas de frutas haja vista serem compostas de uma fase insolúvel (a polpa), constituída por células de tecidos de frutos e seus fragmentos (AUGUSTO et al., 2012).

Existem numerosas áreas nas quais dados reológicos são necessários no processamento industrial de alimentos como, por exemplo, na determinação da funcionalidade de certos ingredientes durante o desenvolvimento de alguns produtos, no controle de qualidade intermediário ou final de um produto, na determinação da vida de prateleira e na avaliação da textura de alimentos, assim como nos cálculos envolvidos no dimensionamento de equipamentos, como bombas e misturadores (STEFFE, 1996).

Segundo VIDAL e GASPARETTO (2000), devido à grande importância econômica de diversos fluidos e equipamentos de manipulação industrial, a necessidade do conhecimento de parâmetros reológicos para esses fluidos se vem tornando, atualmente, cada vez mais crescente.

2.3.1- Classificação reológica dos fluidos

Um fluido é definido como uma substância que se deforma continuamente quando se submete a um esforço constante sem se importar quão pequeno seja este esforço (HAMINIUK, 2005).

Em muitas operações e tratamentos ocorrem mudanças das características do produto sendo oportuno se conhecer como a viscosidade varia com o tratamento utilizado (MARTINS et al., 2005). Muitos fluidos têm sua viscosidade alterada durante processos como aquecimento e resfriamento o que influencia, por exemplo, na força necessária para bombear esses produtos no decorrer do seu processamento industrial.

Em função do comportamento reológico viscoso os fluidos podem ser classificados, basicamente, em *newtonianos* (água, alguns óleos, gases e soluções simples de açúcares e sais) e *não-newtonianos* (emulsões, suspensões e soluções concentradas que contêm amidos, pectinas, gomas e proteínas) conforme a Figura 2.3 (SATO, 2005).

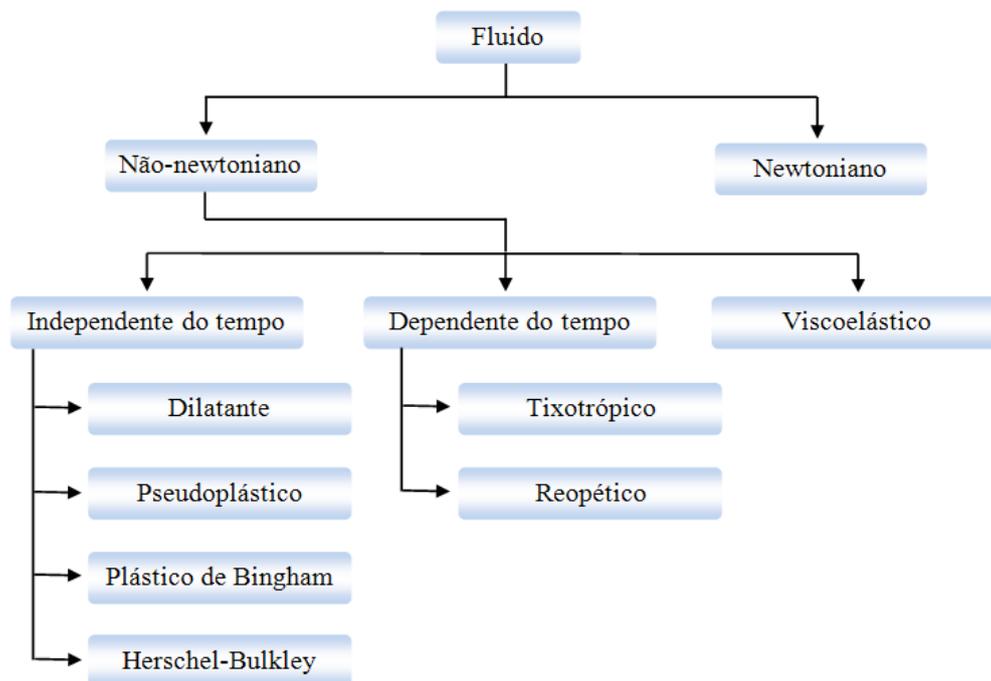


Figura 2.3- Classificação reológica dos fluidos (Adaptado de STEFFE, 1996)

A relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação define o comportamento reológico dos fluidos, conforme representado graficamente nas Figuras 2.4 e 2.5 (SCHRAMM, 2000).

De modo geral, os fluidos não-newtonianos podem ser:

- ✓ *fluidos dilatantes*: a viscosidade aparente aumenta com a taxa de deformação;
- ✓ *fluidos pseudoplásticos*: a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação;
- ✓ *fluidos plásticos (Bingham Herschel-Bulkley)*: esses fluidos não fluem até que uma tensão de cisalhamento crítica seja excedida; a partir de então, se a relação

entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação for linear, tratar-se-á de um plástico de Bingham caso contrário, o fluido será do tipo Herschel-Bulkley;

- ✓ *fluidos tixotrópicos*: apresentam menor viscosidade com o tempo para uma taxa de deformação constante;
- ✓ *fluidos reopéticos*: neste caso, a estrutura se fortalece com o tempo e a viscosidade aumenta com o tempo a uma taxa de deformação constante;
- ✓ *fluidos viscoelásticos*: exibem propriedades viscosas e elásticas ao mesmo tempo.

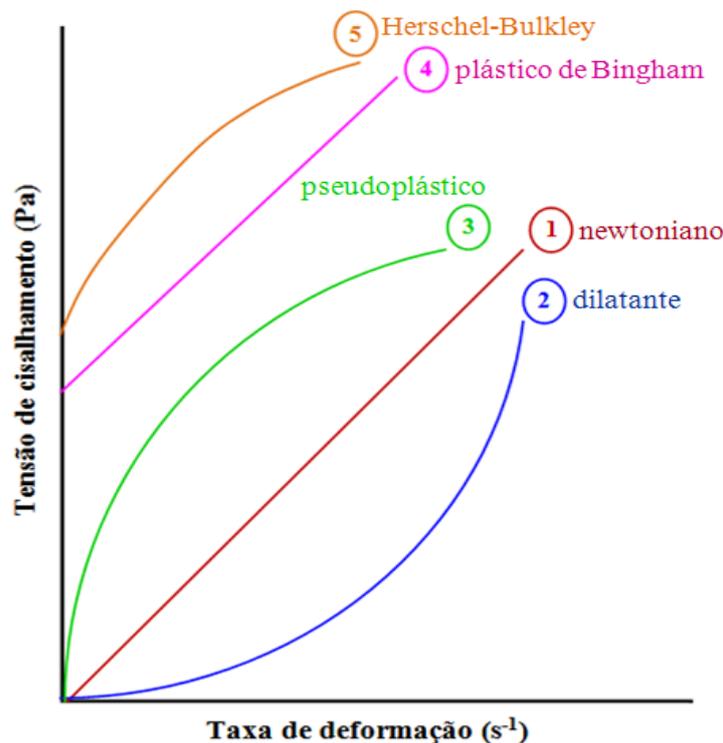


Figura 2.4 - Curvas de escoamento típicas de fluidos não-newtonianos independentes do tempo (Adaptado de STEFFE, 1996)

O termo viscosidade é comumente utilizado para fluidos newtonianos enquanto para fluidos não-newtonianos o termo mais apropriado a se utilizar é a viscosidade aparente, a qual depende apenas da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento (SCREMIN, 2007).

Os estudos reológicos podem ser realizados de duas maneiras, através do teste rotacional, em que uma força ou tensão de cisalhamento é aplicada sobre a amostra caracterizando-a quanto à sua viscosidade e comportamento em fluxo. Testes oscilatórios têm uma vantagem sobre os rotacionais, visto que não ocorre destruição da amostra, simulando o estado estacionário; com isto, além de caracterizar o comportamento é possível ainda avaliar,

a estabilidade do produto em relação aos seus ingredientes e fazer o estudo da vida de prateleira (CHAVEZ-MONTES et al., 2007; LIZARRAGA et al., 2006).

O comportamento reológico dos sucos de frutas não pode ser descrito por uma equação newtoniana. Deste modo, apenas os fluidos não newtonianos podem descrever o comportamento de polpas e os mesmos são classificados conforme os aspectos dos reogramas, representação gráfica da tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) e a viscosidade dos mesmos não é única, variando com a magnitude da taxa de cisalhamento (OLIVEIRA et al., 2011).

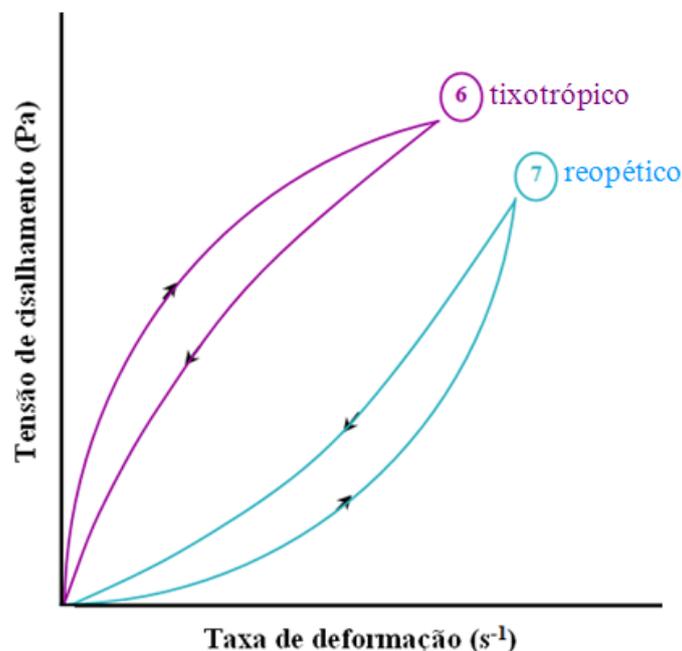


Figura 2.5 - Curvas de escoamento típicas de fluidos não-newtonianos dependentes do tempo (Adaptado de SCHRAMM, 2000)

Os estudos reológicos podem ser realizados de duas maneiras, através do teste rotacional, em que uma força ou tensão de cisalhamento é aplicada sobre a amostra caracterizando-a quanto à sua viscosidade e comportamento em fluxo. Testes oscilatórios têm uma vantagem sobre os rotacionais, visto que não ocorre destruição da amostra, simulando o estado estacionário; com isto, além de caracterizar o comportamento é possível ainda avaliar, a estabilidade do produto em relação aos seus ingredientes e fazer o estudo da vida de prateleira (CHAVEZ-MONTES et al., 2007; LIZARRAGA et al., 2006).

O comportamento reológico dos sucos de frutas não pode ser descrito por uma equação newtoniana. Deste modo, apenas os fluidos não newtonianos podem descrever o comportamento de polpas e os mesmos são classificados conforme os aspectos dos reogramas, representação gráfica da tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) e a viscosidade dos mesmos não é única, variando com a magnitude da taxa de cisalhamento (OLIVEIRA et al., 2011).

A maioria de alimentos fluidos derivados de frutas apresenta comportamento pseudoplástico no qual a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação. Na maioria dos casos este comportamento não newtoniano pode ser atribuído à presença de substâncias de alto peso molecular em solução e/ou aos sólidos dispersos na fase fluida (SATO e CUNHA, 2007; RAO, 1999).

Conforme SILVA (2008) a descrição da reologia dos fluidos não-newtonianos é feita através de modelos empíricos usados para relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação. Este uso varia de acordo com o comportamento das polpas ou material estudado, pois fatores, como concentração de sólidos solúveis, temperatura, distribuição e tamanho de partículas, podem afetar o comportamento reológico de suco de frutas.

Os modelos reológicos são úteis para relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas, como concentração, temperatura, pH e índice de maturação. São indispensáveis ao controle de qualidade, em linhas de produção e ao projeto e no dimensionamento de equipamentos. Dependendo do modelo utilizado, possuem ou não tensão inicial (VIDAL et al., 2006). Os modelos mais utilizados para uma análise mais detalhada são: Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk, Casson e Plástico de Bingham.

O comportamento dos fluidos descrito por modelos reológicos relacionam a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação como pode ser observado nas pesquisas citadas abaixo:

PELEGRINE et al. (2000) estudaram a viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola) e concluíram que o modelo proposto por Mizrahi e Berk é o que melhor se tem ajustado à maioria dos reogramas das polpas, sucos e purês de frutas.

BRANCO e GASPARETTO (2003) verificaram, estudando o comportamento reológico de misturas de manga, laranja e cenoura que o modelo de Ostwald-de-Waele descreveu satisfatoriamente o comportamento reológico das formulações estudadas, nas temperaturas de 10 e 60 °C.

Em seu estudo GRATÃO et al. (2007) observaram, para o comportamento reológico de suco de graviola, que o modelo da Lei da potência foi ajustado satisfatoriamente aos dados.

FERREIRA et al. (2008) e MELO et al. (2008) , respectivamente, constataram, ao analisar as propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu e buriti com leite que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Ostwald-de-Waele e Mizrahi-Berk.

VRIESMANN et al. (2009) verificaram, ao estudar as propriedades reológicas e químicas de uma fração rica em amido extraído da polpa do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) que o modelo mais adequado para descrever o comportamento reológico das amostras foi o de Herschel-Buckley.

GUEDES et al. (2010) verificaram para a polpa de melancia, que o modelo de Ostwald-de-Waele pode ser utilizado satisfatoriamente para descrever o comportamento reológico nas temperaturas de 10 a 60 °C e concentrações 8, 17, 26 e 35 °Brix, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,974.

BALESTRA et al. (2011) analisaram o comportamento reológico a 25 °C, de polpas de maçã, pera e pêssago e verificaram que o modelo de Casson se ajustou adequadamente aos dados experimentais, com $R^2 \geq 0,84$.

AUGUSTO et al. (2012) estudando as propriedades reológicas da polpa de seriguela, verificou que os dados experimentais ajustaram bem ao modelo de Herschel-Bulkley nas temperaturas de 0, 20, 40, 60 e 80°C.

OLIVEIRA et al. (2012) determinaram o comportamento reológico da polpa de morango (*Fragaria vesca*) na faixa de temperatura de 20-35°C e ajustaram os dados aos modelos de Ostwald de Waale, Bingham e Herschell-Buckley usando a metodologia Bayesiana. A polpa de morango exibiu comportamento não newtoniano com características pseudoplásticas. A viscosidade aparente diminuiu com o aumento da temperatura.

KOOCHKEKI et al. (2013) estudaram as propriedades da goma extraída de sementes de *Shahri Qodume* (*Lepidium perfoliatum*) em diferentes concentrações (0,5, 1, 1,5 e 2 %), em temperaturas de 5, 25 e 65 °C e demonstraram que, para as diferentes concentrações, o modelo de Vocadlo apresentou bom ajuste aos dados.

BEZERRA et al. (2013) determinaram o comportamento reológico do suco misto obtido a partir de uma mistura de frutas tropicais, no intervalo de temperatura de 10 °C a 60 °C. Os modelos Lei da Potência e Mizrahi-Berk foram ajustados aos dados experimentais que se mostraram adequados para descrever o comportamento reológico do suco misto, de acordo com os parâmetros estatísticos de ajuste.

Os sucos de frutas, assim como outros produtos derivados de frutas (néctar, polpas concentradas, sorvete) são sistemas bifásicos, compostos por partículas sólidas dispersas em um meio aquoso. Durante seu processamento eses sistemas alimentares são expostos a vários tipos de tensão provocada pelo escoamento através de tubulações, bombas, trocadores de calor, misturadores e filtros, entre outros equipamentos de processamento. Estudos demonstram que as condições de processamento têm efeito decisivo na microestrutura e nas propriedades reológicas de sistemas alimentares líquidos (NICKERSON et al., 2003; AUGUSTO et al., 2012).

2.4- Secagem

Dentre os métodos de conservação de alimentos a secagem é uma das tecnologias pós-colheita amplamente utilizada para superar os problemas relacionados com a superprodução excesso de oferta e a alta perecibilidade de frutas e hortaliças (VISHWANATHAN et al., 2010; CHONG e LAW, 2011).

Baixo nível de teor de água resulta em decréscimo da taxa de respiração do produto e inibição da atividade da microflora, ambas fontes de deterioração da qualidade de produto. Contudo, se o teor de água for baixo, de modo que a pressão de vapor do ar na superfície também seja mais baixa que a do ar ambiente, o produto ganhará teor de água tornando-o favorável ao ataque de fungos. Assim, secagem significa a remoção do teor de água de água do produto até que um nível desejado seja alcançado de acordo com a destinação do produto (FIOREZE, 2004).

A secagem é um processo combinado de transferência de calor e massa em que boa parte da água é eliminada reduzindo, conseqüentemente, a atividade de água que afeta o crescimento microbiano, reações enzimáticas e outras de origem química e física e apresenta várias vantagens, entre as quais se tem melhor conservação do produto e redução de sua massa, sem se referir preço, pois, muitas vezes, a secagem é mais econômica que outros processos de conservação (GAVA et al., 2008).

Os vários processos de secagem dos produtos de origem vegetal podem ser enquadrados em dois grupos: secagem natural ou ao sol e artificial ou desidratação; entre esses se encontram vários como, por exemplo, secagem por atomização, em leito de jorro, em estufas, em camada de espuma, liofilização; os quais são muito utilizados para secagem de alimentos sensíveis ao calor, transformando-os em pó. Embora tenham sido desenvolvidos

para promover rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos, vem sendo muito utilizado para alimentos pastosos, como purês e polpa de frutas (BAG et al. 2011).

De acordo com VIEIRA et al. (2007) os produtos alimentícios em pó, incluindo as polpas de fruta, são cada vez mais utilizados pela indústria de alimentos uma vez que reduzem significativamente os custos de certas operações, como embalagens, transporte, armazenamento e pela conservação elevam o valor comercial do produto; para obtenção desses produtos, comumente, emprega-se o processo de secagem.

Este processo possibilita a introdução de novos produtos no mercado com características próprias e cujas propriedades se mantêm por um tempo mais prolongado, viabilizando a regularização da oferta; além disto, é possível melhorar o perfil do investimento na produção e no beneficiamento do material *in natura*, face aos benefícios que derivam da transformação do produto (FURTADO et al., 2010).

Em relação aos produtos em pó obtidos com o emprego de secagem, RAJKUMAR et al. (2007a) reportaram que os pós de polpas de frutas apresentam funcionalidade desejada e são estáveis ao longo de um maior tempo de armazenamento, oferecendo várias vantagens sobre outras formas de transformação de produtos como polpas, sucos e concentrados devido às possibilidades de uso em formulações inovadoras. Por exemplo, pós de frutas podem ser usados como substituto conveniente para sucos concentrados e como ingredientes estáveis para bebidas saudáveis, alimentos para bebês, molhos, confeitos, iogurtes, sorvetes e barras de cereais, dentre outros. Por sua vez, esses produtos atendem à crescente demanda mundial por produtos com características mais próximas ao natural pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (CAPARINO et al., 2012).

Para obtenção dos produtos em pó é necessário o estudo da cinética de secagem que visa ao conhecimento do comportamento do material ao longo do processo e a predição do tempo de secagem, de vez que a modelagem do processo é de grande importância para o desenvolvimento e a otimização dos secadores, além de possibilitar a padronização do processo. De acordo com AKIPINAR (2006) os vários modelos existentes devem ser testados para cada cultura e para condições de secagem específicas, dentre os quais se tem os de Cavalcanti Mata, Page, Midilli, Logarítmico e Hendersom & Pabis.

CARVALHO et al. (2007) ajustaram os modelos de Page, Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata às curvas de secagem, determinadas a 70 °C, da polpa de umbu-cajá com adição de 15% de amido modificado e espessura da camada de 0,6 cm e encontraram coeficientes de determinação (R^2) de 0,99; 0,97 e 0,95, respectivamente.

2.4.1- Liofilização

A liofilização ou criosecação ou criodesidratação (“freeze-drying”) constitui um processo de desidratação em que a água, ou outro solvente do produto, previamente congelado, passa diretamente do estado sólido para o gasoso (sublimação), em condições especiais de temperatura e pressão. Para isto faz-se necessário que a temperatura e a pressão parcial de vapor d'água sejam inferiores às do ponto triplo, isto é, 0,0099°C e 4,58 mmHg (BOSS, 2004).

De acordo com MARQUES (2008) e PEREDA (2005), a técnica consiste em três estágios principais:

1- Congelamento: o produto a ser liofilizado é congelado a baixas temperaturas; o desempenho global da liofilização e a qualidade do produto final dependem significativamente deste estágio. Uma vez que, o tamanho e a homogeneidade dos cristais de gelo formados definem a forma, a distribuição, o tamanho e a conectividade dos poros da camada seca formada pela sublimação influenciando, conseqüentemente, os parâmetros que caracterizam a transferência de calor e massa no produto durante a secagem primária e secundária.

2- Secagem primária: nesta fase a água congelada é removida por sublimação; e para que isto ocorra o material congelado deve permanecer a uma temperatura inferior a -10°C e a uma pressão absoluta de 2 mmHg ou menos; nesta etapa da liofilização são removidos cerca de 90 % da teor de água inicial do produto.

3- Secagem secundária: Consiste na retirada de água que está ligada à estrutura do material, quando não existe mais água na forma de gelo; ocorre com velocidade menor que a sublimação já que o teor de água é menor e a água não está livre (5 a 10 % do total de água do material). Isto acontece ao aumentar a temperatura para um valor entre 20 e 50°C, mantendo-se a pressão baixa, até que a água residual seja baixa o suficiente (entre 2,0 e 10%) para manter a estabilidade do produto por longo tempo. Por trabalhar com baixas temperaturas e, geralmente sob vácuo, este processo é recomendado para materiais termossensíveis como: materiais biológicos (fungos, enzimas, tecidos), farmacêuticos (antibióticos, vacinas, soros) e alimentos (sucos, carnes, legumes, frutas), gerando produtos de qualidade superior quando comparados aos obtidos em outras técnicas de secagem (MARQUES, 2008).

O processo possibilita que a água previamente congelada contida no material passe diretamente ao estado gasoso. Esta mudança é denominada sublimação. Para ser possível a

realização da liofilização é preciso que o produto esteja previamente congelado, existam uma fonte de calor e uma câmara de vácuo (RIBEIRO, 2012).

Esta técnica é diferente da desidratação, pois enquanto nesse último método o alimento é aquecido até que a água evapore, na liofilização o material é introduzido em equipamentos com baixa temperatura e pressão (DIETRICH, 2011).

Vantagens da liofilização:

- Com esta técnica a perda de nutrientes é reduzida comparada ao processo de desidratação;
- O peso e o volume do produto são reduzidos facilitando seu armazenamento, transporte e distribuição;
- Aumento da vida útil do produto: a retirada da água inibe o desenvolvimento dos microorganismos;
- A alteração do sabor do produto é reduzida (DIETRICH, 2011);
- Os produtos liofilizados são facilmente reconstituídos devido à estrutura porosa deixada pela saída de água (DIETRICH, 2011);
- Os produtos alimentícios podem ser disponibilizados ao consumidor fora do período de safra (SOUZA, 2011).

De acordo com FELLOWS (2006) na liofilização e na concentração por congelamento, obtém-se um efeito conservante semelhante pela redução da atividade de água sem o aquecimento dos alimentos e, como resultado, uma maior retenção da qualidade nutricional e das características sensoriais.

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos com a finalidade de se obter polpa de fruta em pó, tanto pelo método de liofilização quanto pelo *foam-mat*, são eles: MENEZES et al. (2008) estudaram o valor nutricional da polpa de açaí liofilizada. Os resultados de determinações analíticas mostraram que esse produto na forma de pó é um alimento altamente calórico e que tal processo pode ser considerado como uma excelente alternativa de conservação dessa polpa devido à presença de componentes nutricionais importantes.

SILVA et al. (2008b) verificaram cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de secagem em camada de espuma a 50, 60, 70 e 80 °C. Para a representação dos dados experimentais da secagem, três modelos matemáticos de camada fina foram aplicados adotando-se como critérios de seleção o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM). De acordo com os resultados obtidos, tem-se que a temperatura é

um fator determinante no processo de desidratação e que o modelo de Midilli e Kucuk foi o que melhor representa o comportamento das curvas de desidratação.

MENEZES et al. (2009) fizeram uma análise comparativa do pó da acerola verde (*malphigia emarginata* d.c) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização, objetivando efetuar a secagem da polpa e os frutos de acerola verde em estufa por circulação de ar a 70°C e pelo processo de liofilização; neste período os pós ficaram armazenados em embalagens de polietileno de baixa densidade sob condições ambientais, cujos resultados demonstram um aumento no teor de água e em ambos os pós analisados; todavia os dois processos de secagem podem ser aplicados para obtenção do pó da acerola preservando significativa quantidade do conteúdo de vitamina C.

OLIVEIRA et al. (2010) testaram a obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização e concluíram que o processo de secagem de alimentos por liofilização preserva em grande parte as características originais do produto *in natura* destacando-se o teor de vitamina C concentrada após o processo.

SOUZA et al. (2011) estudaram a cinética de reidratação do abacate em pó liofilizado em diferentes geometrias. As polpas cortadas em forma de disco, cubo, paralelepípedo e batida, foram liofilizadas, trituradas e peneiradas para obtenção do pó. A cinética de reidratação foi determinada por meio de um equipamento que possibilitou a determinação de água absorvida em função do tempo. Duas equações semiempíricas, equação de Peleg e Weibull, foram utilizadas de forma a ajustar aos dados experimentais de reidratação. As equações utilizadas se mostraram eficazes para representar a cinética de reidratação do pó do abacate liofilizado; embora o pó originário do disco de abacate liofilizado tenha apresentado a menor taxa de reidratação, também apresentou o maior teor de teor de água de saturação.

VIEIRA et al. (2012) analisaram a liofilização de fatias de abacaxi, a cinética de secagem e a qualidade do produto, utilizou-se abacaxis do tipo Havaí, variedade Smooth Cayenne, foram fatiados transversalmente em espessuras de 0,5, 1,0 e 1,5 cm. As fatias foram congeladas nas temperaturas de -14, -24 e -34 °C, sendo, em seguida, conduzidas ao liofilizador. Existe uma forte dependência da cinética de secagem e dos atributos de qualidade de fatias de abacaxi liofilizadas em função das condições utilizadas durante a etapa de congelamento, mesmo sendo este classificado como congelamento lento. Por outro lado, a taxa de congelamento não é a única variável que tem influência sobre a cinética de secagem e os atributos de qualidade. A combinação de temperatura e teor de água, tanto durante a liofilização propriamente dita quanto durante a etapa de reidratação, têm influência sobre a

transição vítrea do material que, por sua vez, afeta a extensão do colapso estrutural sofrido pelo produto.

MORAES et al. (2012) compararam a desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização e avaliaram o impacto sensorial conferido por esses frutos exercido na bebida e na aceitação pelos consumidores, sendo utilizados os frutos: maracujá, maracujá-do-mato, resíduo da acerola, abacaxi, melão, tamarindo e manga cv. Tommy Atkins; além da diferenciação entre os valores finais de teor de água, foi possível perceber que a secagem convencional apresenta também algumas vantagens em relação ao método por liofilização, no que diz respeito ao aroma e ao sabor das frutas secas obtidas, e integridade física se comparado ao fruto *in natura*; de maneira geral, todas as amostras de chá foram consideradas aprovadas do ponto de vista sensorial uma vez que obtiveram notas acima de sete para a maioria dos atributos sensoriais.

2.4.2- Camada de espuma

A secagem em camada de espuma denominado também por camada de espuma, secagem em leito de espuma é um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espuma pela incorporação de bolhas de gás, estabilizados pela incorporação de aditivos e posteriormente secagem do material em camada fina de espuma. A formação de espuma pode ser realizada pela incorporação de gás, de três formas: por um pulverizador poroso imerso no líquido; batimento na interfase gás-líquido (mais utilizado) e por agitação (mais lento e pouco usado) (SILVA et al., 2008; KADAM et al., 2010).

Este processo consiste, basicamente, de três etapas: transformação do suco ou da polpa em espuma estável, através da utilização de aditivos (emulsificantes, estabilizantes, espessantes); desidratação do material em camada fina até massa constante em temperaturas relativamente baixas (menor ou igual a 70 °C) (SANKAT e CASTAIGNE, 2004), e desintegração da massa seca em escamas e, posteriormente, moído e convertido em pó (FURTADO et al., 2010).

No geral, a estrutura, a capacidade de expansão e a estabilidade da espuma, desempenham papel fundamental na circulação de água durante a secagem e, conseqüentemente, na qualidade do produto final (BAG et al., 2011). Uma dificuldade que tem sido experimentada com este processo é a falta de estabilidade da espuma durante o

ciclo de aquecimento pois, se a espuma não permanece estável, ocorre desagregação, seguida de prejuízo grave à operação de secagem.

Espumas estáveis conservam sua estrutura porosa, o que ajuda na melhoria das propriedades de reconstituição do produto seco (THUWAPANICHAYANAN et al.; 2012).

Os fatores que mais influenciam o poder de formação e a estabilidade de espuma são: teor de sólidos totais; tensão superficial; temperatura da amostra durante a formação de espuma; tempo de batimento; tipo e quantidade dos agentes formadores e estabilizadores de espumas; tamanho das gotículas das emulsões (pequenas geram maior estabilidade) e viscosidade newtoniana (maior estabilidade para maiores viscosidades). Estes fatores podem estar relacionados aos fenômenos de sedimentação, floculação e quebra ou rompimento da emulsão por causa da coalescência das gotículas dispersas (KADAM et al. 2010).

Neste sentido, diversos estudos têm sido conduzidos a fim de caracterizar os produtos obtidos e determinar as melhores condições de operação (temperatura de secagem, tipo e concentração de estabilizantes) em frutas como manga, jaca, tamarindo, ceriguela, carambola, jenipapo, araçá-boi, banana, cupuaçu, pitanga e umbu, dentre outras (FURTADO et al., 2010; THUWAPANICHAYANAN et al., 2008; RAJKUMAR et al., 2007a; ALEXANDRE et al., 2007; BASTOS et al., 2005; GALDINO et al., 2003; KARIM e WAI, 1999a).

VERNON-CARTER et al. (2001), SANKAT e CASTAIGNE (2004) e DANTAS et al. (2008) estudando o processo de secagem em leito de espuma para tamarindo, banana e jaca respectivamente, observaram, na cinética de secagem, perda do teor de água à medida em que avança o tempo de secagem, para todas as temperaturas estudadas, com redução maior para as temperaturas mais elevadas. A secagem da polpa de tamarindo e de jaca ocorre no período de taxa decrescente, mostrando que a difusão é provavelmente o mecanismo físico que governa o movimento do teor de água do interior das amostras para sua superfície, ou seja, a velocidade da secagem é controlada pela velocidade de difusão do líquido através do sólido, não apresentando um período de taxa constante definido, comportamento observado na maioria dos produtos biológicos (BROD, 2003).

RAJKUMAR et al. (2007b) realizaram experimentos com a desidratação da polpa de manga cv. Alphonso nas temperaturas de 60, 65, 70 e 75 °C utilizando misturas dos aditivos albumina do ovo (5, 10 e 15%) com metilcelulose (0,5%) e três espessuras da camada de espumas (1, 2 e 3 mm) em esteira de Teflon. A expansão máxima da espuma foi obtida com uma agitação de 20 minutos. Constataram, ainda, que as alterações dos componentes

bioquímicos após a secagem desta polpa formulada foram menores que na polpa sem aditivos, com tempo de secagem de 35 e 75 minutos, respectivamente.

GURJÃO et al. (2008) estudaram a cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo processo de secagem em camada de espuma (7,5 % de Emustab). Verificou-se que o tempo de secagem variou de 3 a 4 horas para que o produto atingisse o teor de água final de 7 a 10% (b.u), nas temperaturas entre 60 e 80 °C; enfim, a secagem ocorreu tanto a taxa constante como a taxa decrescente, sugerindo que a difusão do teor de água não é o único mecanismo que governa este processo, tal comportamento foi constatado também por ALEXANDRE (2005) ao estudar a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de pitanga, e por BASTOS et al. (2005) ao avaliarem a cinética de secagem de manga da variedade cv. Tommy Atkins, pelo método de camada de espuma.

PINTO (2009) testou maltodextrina, emustab, superliga Neutra e albumina nas concentrações de 5, 10, 15 e 20 % como aditivos para produzir espuma de polpa de jenipapo visando à secagem e concluiu que o emustab e a maltodextrina foram em todas as concentrações estudadas os aditivos que melhor mantiveram a estabilidade das espumas a 25 e a 50 °C.

FURTADO et al. (2010) estudaram a cinética de secagem da polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma (foam-mat) em estufa de circulação de ar forçada nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C através do ajuste de diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais e testaram, três diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais de teor de água, concluindo que o modelo matemático de Midilli e Kucuk, foi o que melhor descreveu o comportamento da secagem.

KANDASAMY et al. (2012) realizaram estudo para a produção de mamão em pó usando glicerol mono-estearato como agente de formação de espuma sob técnica de secagem foam-mat. Usou-se concentração diferente de monoestearato de glicerol (1, 2, 3 e 4 % w / w) e tempo de batimento de 5, 10 e 15 min, secaram as espumas nas temperaturas de 60, 65 e 70 °C; a expansão da espuma foi significativamente influenciada pela concentração de celulose e os níveis do agente de formação de espuma a nível de 1%; a menor temperatura de secagem resultou em maior tempo de secagem.

2.5- Isoterma de equilíbrio higroscópico

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, capaz de afetar as propriedades físicas, químicas e microbiológicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos, ocorre devido à interação entre a água e o meio. É possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no alimento e sua conservação. O teor de água livre é expresso pela atividade de água (a_w) que é dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor de água pura, mesma temperatura, ou seja, teor de água relativa em equilíbrio com o produto na temperatura considerada (PARK et al., 2008).

As isotermas de sorção podem ser definidas como a representação analítica da variação do teor de água de um produto em função de seu teor de água relativa. São ferramentas importantes no dimensionamento do processo de secagem de alimentos, na determinação de condições de embalagem e no armazenamento. Elas são obtidas a partir de dados de adsorção (ganho do teor de água) e dessorção (perda do teor de água), respectivamente mas podem ser preditas através de modelos matemáticos classicamente utilizados com esta finalidade, amplamente encontrados na literatura (FALADE et al., 2004; AKANBI et al., 2006; ASSUNÇÃO e PENA, 2007; FURMANIAK et al., 2007).

As isotermas de sorção exercem particular importância no projeto do processo de desidratação de alimentos, especialmente na determinação do ponto final de secagem garantindo viabilidade econômica e segurança microbiológica. Seus dados permitem que se calculem o tempo de vida-de-prateleira do produto e a escolha de tipo de embalagem adequada para armazená-lo. Modelos matemáticos são usados para descrever a sorção de água com base nas teorias de adsorção química (AROGBA, 2001; HINZ, 2001; HOSSAN et al., 2001).

De acordo com RESENDE et al. (2002) os produtos agrícolas interagem com o ambiente cedendo ou absorvendo água, tendendo a uma relação de equilíbrio entre seu teor de água e teor de água do ambiente. O teor de água de equilíbrio é obtido a partir do momento em que a pressão parcial de vapor de água no produto se iguala a do ar que o envolve. Já para SILVA et al. (2007), referido mecanismo de troca de vapor de água entre um produto e o ambiente é de grande importância no seu processamento, especificamente durante a secagem e o armazenamento.

Nas amostras em pó a qualidade e a vida útil têm forte dependência com seu teor de água, que exerce influência sobre a palatabilidade, digestibilidade, estrutura física e manuseio.

Praticamente, todos os processos deteriorantes que ocorrem com os alimentos também são influenciados pela concentração e mobilidade da água presente (ALEXANDRE et al., 2007).

As isotermas da adsorção de muitos alimentos são não lineares e apresentam, em geral, forma sigmóide e têm sido classificadas como isotermas do tipo II, sendo que no caso dos frutos predominam formas com concavidade voltada para o eixo das abcissas, até níveis intermediários de teor de água relativa passando a uma forma exponencial em regiões de teor de águas relativas elevadas. Alimentos ricos em componentes solúveis, açúcares, arroz, café e ácido cítrico cristalino são em geral, do tipo III. As isotermas dos tipos I, IV e V, não apresentam interesse maior no caso de alimentos (LIMA, 2006).

Existem, na literatura, diversos modelos para a representação das isotermas de sorção, geralmente empíricos e úteis na caracterização dos produtos, como os modelos de GAB, Peleg, Oswin e Halsey.

ASCHERI (1999) usou o modelo de GAB para ajustar os dados experimentais das isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C, de microcápsulas de óleo essencial de laranja, obtendo coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99.

RIGHETTO (2003) verificou, ao determinar, pelo método gravimétrico, as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C, do suco de acerola verde desidratado por secagem por aspersão e por liofilização, curvas com formato sigmoidal bom ajuste do modelo de GAB aos dados experimentais.

O modelo de Peleg foi empregado por CAVALCANTI et al. (2006) ao estudarem as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, de cajá em pó produzido com adição de 20 % de maltodextrina, pelo processo de secagem por aspersão.

PARK et al. (2008) fizeram algumas considerações termodinâmicas das isotermas e chegaram a conclusão que a isoterma é uma propriedade importante para os materiais biológicos para todo tipo de processamento e armazenamento. De acordo com as considerações termodinâmicas das isotermas e as equações empíricas mais usuais na literatura, a teoria do BET ainda é a mais completa teoria de adsorção existente na literatura. Uma das importantes aplicações das equações de isotermas relevantes é a energia de ligação de água que é traduzida na energia de adsorção; a outra consideração é acerca dos valores de monocamada molecular de água, que indicam a relação com as reações químicas que determinam a deterioração dos materiais biológicos, através das áreas expostas da matriz sólida.

SILVA et al. (2008) avaliaram o comportamento higroscópico do açaí e do cupuaçu em pó, através das isotermas de adsorção, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin.

GOMES (2009) constatou, determinando as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C da polpa de buriti em pó, obtida da secagem por aspersão e coletada na câmara de secagem que os modelos de GAB, Peleg e Oswin se ajustaram bem aos dados experimentais.

FERREIRA et al. (2010) analisaram o comportamento higroscópico da casca do maracujá amarelo; através das isotermas de adsorção e dessorção de teor de água a 25 e 40°C, constatou-se que o modelo GAB mostrou-se apropriado para ser utilizado na predição das isotermas de sorção do produto as quais foram classificadas como do tipo III, típicas de produtos ricos em açúcares, sendo caracterizado como não higroscópico.

FERREIRA et al. (2011) determinaram as isotermas de sorção de sementes da pimenta Cumari Amarela, nas temperaturas de 30, 35 e 40 °C e nos níveis de atividades da água de 30 a 90 %, usando o método estático. Vários modelos matemáticos foram ajustados aos valores experimentais e os autores concluíram que as isotermas possuem formato sigmoidal, característico de curvas do tipo II; em uma atividade de água constante o aumento da temperatura promove redução do teor de água de equilíbrio; o modelo recomendado para a pimenta Cumari amarela é o modelo de Oswin para os processos de dessorção.

CLEMENTE et al. (2011) analisaram o comportamento higroscópico de quatro marcas diferentes de mistura sólida para refresco de manga, aos dados experimentais, os modelos matemáticos de BET, GAB, Oswin e Henderson & Pabis para as isotermas de adsorção. Verificou-se também que as misturas sólido para refresco das quatro marcas estudadas são consideradas altamente higroscópico.

MOREIRA et al. (2013) verificou o comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. Os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais foram BET, GAB, Henderson e Oswin nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. O melhor ajuste aos dados experimentais foi obtido pelo modelo de GAB; o modelo de GAB apresentou erros médios de 4,092 a 5,175 % e valores de R^2 entre 0,9986 a 0,9993 para as temperaturas estudadas; as isotermas do pó da polpa de manga liofilizada apresentaram formato característico do tipo III.

2.6- Microscopia eletrônica de varredura

Microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um instrumento muito versátil e usado rotineiramente para a análise microestrutural de materiais sólidos. Apesar da complexidade dos mecanismos para obtenção da imagem, o resultado é uma imagem de muito fácil interpretação (GONCALVEZ, 2004).

A utilização de microscopia eletrônica de varredura (MEV) demonstra a possibilidade de visualização de imagens com alta ampliação (até 300.000 X) e resolução permitindo a observação e o registro de imagens tridimensionais (PICON et al., 2006).

O MEV é um recurso especialmente útil na caracterização de amostras biológicas não resistentes a grandes diferenças de pressão e qualquer outro tipo de amostra em que a metalização pode gerar artefatos. Um dos objetivos do MEV é a análise de superfícies irregulares possibilitando uma análise qualitativa de vez que a análise quantitativa acurada de sua superfície é quase impossível, pela dificuldade de padronizar amostras biológicas. Através de diversas técnicas de microscopia eletrônica de varredura, informações detalhadas sobre a morfologia, condutividade e até mesmo os modos de fratura, podem ser obtidos em escalas nanométricas (DIKIN et al., 2006).

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada para diversos fins, como para fiscalizar a qualidade do café torrado e moído, fraudado por cereais (AMBONI et al., 1999); para observar a camada de cera de maçãs refrigeradas (CASTRO NETO et al., 2002) e visando avaliar danos mecânicos em melões, ocasionados pelo congelamento (RESENDE e CAL-VIDAL, 2002).

BAG et al. (2011) analisaram espumas produzidas com polpa de bael (*Aegle marmelos* L.) e concluíram que a diminuição no tamanho das bolhas confirma as informações obtidas no teste de estabilidade, cujo o aumento da estabilidade é diretamente proporcional à concentração de emulsificante, haja vista que o colapso das espumas instáveis promove a fusão de pequenas bolhas levando à formação de bolhas maiores, conforme observado nas amostras contendo 0 e 2,5 % de emulsificante, que são as menos estáveis.

PINTO (2012) analisou a morfologia de extratos de carotenoides encapsulados em pó por secagem em camada de espuma nas temperaturas de 60, 70, 80 e 90°C e verificou, para todas as amostras a não uniformidade das estruturas obtidas em todas as temperaturas de secagem, todas as estruturas apresentavam cavidades oriundas provavelmente em razão do espaço deixado pelas bolhas de ar, o que pode contribuir para a porosidade do material.

CRUZ (2013) realizou a caracterização morfológica da polpa em pó de goiaba e verificou por meio das fotomicrografias que todas as amostras apresentaram cavidades em

sua estrutura oriundas, sem dúvidas dos espaços deixados pelas bolhas de ar, o que contribui para a porosidade da polpa de goiaba em pó.

2.7- Análise sensorial

As instituições de pesquisa como, principalmente, as indústrias de alimentos, têm buscado identificar e atender os anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado importante ferramenta neste processo envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial, em várias etapas de seu processo de fabricação. É uma ciência que objetiva principalmente estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição (MINIM, 2006).

Segundo MINIM (2006) a análise sensorial é utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações características de alimentos e outros materiais, da forma como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

Diferentes métodos de avaliação são utilizados para se determinar o perfil sensorial, a aceitação, a preferência e a intenção de compra acerca de determinados produtos. Segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), os métodos sensoriais podem ser divididos em analíticos (discriminativos e descritivos) e afetivos.

Os testes sensoriais discriminativos ou de diferença são considerados métodos objetivos utilizados em análise sensorial de alimentos, bebidas e água, com os efeitos da opinião dos indivíduos minimizados; medem atributos específicos pela discriminação simples indicando, por comparações; se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras; os testes discriminativos ou de diferença mais empregados em análise sensorial são o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla ou diferença do controle.

Os métodos descritivos descrevem os componentes ou parâmetros sensoriais e medem a intensidade com que são percebidos. Em geral, a equipe sensorial define previamente os termos relativos às propriedades mais relevantes do produto e sua sequência de avaliação; na análise descritiva o provador também avalia, através de uma escala, o grau de intensidade com que cada atributo está presente; os julgadores devem ser treinados a usar a escala de forma consistente, em relação à equipe e às amostras, durante todo o período de avaliação. As técnicas descritivas mais utilizadas são o perfil de sabor, perfil de textura, a análise descritiva

quantitativa (ADQ) e o tempo intensidade; as técnicas descritivas de espectro e de perfil livre também têm sido utilizadas.

Nos métodos afetivos é o julgador que expressa seu estado emocional ou reação afetiva, ao escolher um produto pelo outro. É a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito às suas preferências, gosto e opiniões; as escalas mais empregadas são: a intensidade, a hedônica, da ideal e a de atitude ou de intenção; os julgadores não precisam ser treinados, bastando apenas ser consumidores frequentes do produto em avaliação; os testes afetivos em função do local de aplicação podem ser de laboratório, localização central e uso doméstico; basicamente, os testes afetivos podem ser classificados em duas categorias: de preferência (escolha) e de aceitação (categoria).

3.0- MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida no Laboratório de Alimentos e Química do Instituto Federal do Maranhão (IFMA) na cidade de Açailândia e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

3.1- Processamento

3.1.1 - Matéria-prima

Utilizou-se, para a realização desta pesquisa, biribá em estágio de maturação maduro como indicado na Figura 3.1, adquirido da Tribo do Açaí, localizada na BR 222 na cidade de Açailândia- Ma. Utilizaram-se os aditivos Emustab, superliga neutra e Matodextrina, adquiridos em mercado de Açailândia.



Figura 3.1- Biribá estágio de maturação maduro

3.1.2 – Seleção, higienização e descascamento

Na seleção, além do estágio de maturação, foi verificada também, a integridade dos frutos.

Os frutos foram lavados em água potável corrente visando a retirada de excesso de sujidades; em seguida, lavados com detergente neutro com o objetivo de reduzir a flora

microbiana e imersos em água clorada a 50 ppm de cloro ativo, por 15 minutos; posteriormente foram enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso de clor; após a higienização as frutas foram descascadas manualmente com facas de aço inoxidável.

3.1.3 – Despoldamento e refino

O despoldamento foi realizado em uma despoldadeira horizontal provida de peneira com malha de 4 mm de abertura, marca Tortugan; em seguida, passou-se a polpa por uma outra peneira de 2mm de abertura para eliminar pequenas frações de fibras não trituradas, tornando a polpa mais homogênea.

3.1.4- Embalagem e armazenamento

A polpa foi colocada em sacos de polietileno de baixa densidade com volume de 2 litros, após o que foi, armazenada em freezer comum a -18°C para congelamento até o momento da realização dos experimentos, conforme visto na Figura 3.2.



Figura 3.2 - Polpa de biribá

3.2- Caracterização física, química e físico-química da polpa integral

3.2.1- Caracterização física

3.2.1.1 - Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada com o auxílio do equipamento Aqualab CX-2T, Decagon a 25°C, apresentando erro de $\pm 0,003$ no valor final.

3.2.1.2- Cor

A cor foi determinada por leitura direta na amostra, utilizando-se espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, com sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10°, foi calibrado com placa preta e placa branca padrão (X = 80,5, Y = 85,3, Z = 90,0) conforme instruções do fabricante. Os parâmetros determinados foram: L* que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100); a* que representa a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*) e b* a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

3.2.1.3- Densidade

Utilizando o método picnométrico na temperatura de 25 °C, realizou-se a determinação, que consiste na medida da massa de um volume conhecido do líquido em um picnômetro de 25 mL; calculou-se, então, a relação entre a massa e o volume das amostras; os dados foram expressos em g/cm³.

3.2.2- Caracterização química

3.2.2.1 - Lipídeos

O material gorduroso foi extraído com hexano em refluxo durante 6h, em aparelho de Soxhlet da quimis modelo QM308M8; posteriormente, o material gorduroso retido no balão foi para estufa da marca Fan, modelo 320 Se a 105 °C, durante 2 horas, de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.2.2.2 - Proteínas

Sua determinação se deu por meio do método de Kjeldahl, que se baseia em três etapas de determinação de nitrogênio: digestão, destilação e titulação; neste método a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é transformado em amônia e, finalmente, quantificado, conforme referido pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.2.2.3 - Pectina

A pectina foi determinada segundo a metodologia descrita por RANGANA (1979) cujos resultados são expressos em percentagem de pectato de cálcio; este método se baseia na neutralização de cargas dos resíduos de ácidos urônicos livres pelos íons cálcio, provocando a geleificação da pectina e sua precipitação.

3.2.2.4 - Vitamina C

O ácido ascórbico (mg/100 g), foi determinado por titulometria utilizando-se solução de 2,6 diclofenolindofenol-sódio (DCFI) até obtenção de coloração róseo-claro permanente; a metodologia utilizada foi a descrita pela AOAC (1997) e modificado por BENASSI e ANTUNES (1998) utilizando, como solução extratora, o ácido oxálico.

3.2.2.5- Amido

O teor de amido das amostras foi determinado segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008); os resultados foram expressos em g/100g.

3.2.2.6- Açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares totais, redutores e não redutores, foram determinados em triplicata, de acordo com as metodologias descritas no manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), o qual consiste da redução do cobre presente na solução de Fehling através de açúcares invertidos. O conteúdo de açúcar presente na amostra foi obtido pelo volume de solução de açúcar necessário para reduzir completamente a solução de Fehling de volume conhecido.

Os resultados dos açúcares totais e redutores foram expressos em % de glicose e os açúcares não redutores, em % sacarose.

3.2.2.7 - Cinzas

As cinzas ou minerais foram determinadas por incineração, seguindo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). Determinou-se a perda de massa do material seco submetido a aquecimento em mufla da marca Quimis e modelo Q318M a temperatura de 550°C, até completa incineração; os resultados foram expressos em percentagem.

3.2.3- Caracterização físico-química

3.2.3.1- pH

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada através de leitura direta, em um phmetro da Quimis modelo Q400MT previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008); os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.2.3.2- Sólidos solúveis totais (°Brix)

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada através de leitura direta com um refratômetro do tipo Abbe, colocando-se uma gota da solução no prisma e se fazendo a leitura direta em °Brix, a leitura do °Brix foi corrigida em função da temperatura da amostra com base na tabela contida no manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.2.3.3- Acidez total titulável

De acordo com a metodologia descrita no INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), a análise da acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução 0,1N de hidróxido de sódio utilizando-se como indicador para verificação do ponto de viragem a solução alcoólica a 1% de fenolftaleína cujos resultados foram expressos em percentagem.

3.2.3.4- Teor de água e sólidos totais

Determinou-se o teor de água das amostras pelo método gravimétrico, conforme descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), no qual aproximadamente 5g da amostra foram levados à estufa a 105°C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem.

3.2.3.5- Relação SST/ATT

A relação SST/ATT foi calculada através da razão entre os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT) de acordo com o manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.3 - Comportamento reológico da polpa

A determinação do comportamento reológico da polpa de biribá (*Rollinia mucosa*) foi feita a partir de leituras de viscosidade aparente, tensão de cisalhamento e taxa de deformação em viscosímetro do modelo Brookfield DV-II+PRO, nas temperaturas de 10, 20 30 e 40 °C, nas velocidades de rotação de 30 a 200 rpm e o Spindle utilizado foi o de número 29; as leituras foram feitas depois de transcorridos os primeiros 30 segundos de cisalhamento.

3.3.1- Viscosidade aparente

Para avaliação dos dados obtidos da viscosidade aparente da polpa com as diferentes temperaturas (10, 20 30 e 40 °C), foram utilizadas 13 rotações 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180 e 200 rpm; para o tratamento estatístico aplicou-se o esquema fatorial 3x13x3 (temperatura da polpa, velocidade de rotação, repetições) com a comparação entre as médias pelo teste de Tukey utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2006).

Os valores de viscosidade aparente e da taxa de deformação foram ajustados ao modelo de Sisko (Equação 3.1). O qual foi usado por NINDO et al. (2005) e KECHINSKI et al. (2011) para mostrar o comportamento da viscosidade aparente de polpas e purê de frutas.

$$\eta = K_s \cdot \dot{\gamma}^{n_s - 1} + \eta_\infty \quad (3.1)$$

Onde:

η - viscosidade aparente (Pas);

K_s - índice de consistência de Sisko (Pas);

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

η_∞ - viscosidade a taxa de cisalhamento infinita (Pas);

n_s - índice de comportamento do fluido (adimensional).

3.3.2- Modelos reológicos

Aos valores experimentais de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação foram ajustados os modelos reológicos de Casson, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk, Lei da Potência e Vocado, conforme observado nas Equações: 3.2, 3.3, 3.4, 3,5; para o ajuste dos modelos reológicos aos dados experimentais usou-se o programa STATISTICA versão 5.0.

3.3.2.1- Lei da Potência ou Modelo de Ostwald-de-Waele

$$\tau = K \cdot (\dot{\gamma})^n \quad (3.2)$$

Onde:

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).

3.3.2.2- Casson

$$\tau^{1/2} = K_{OC} + K_C \dot{\gamma}^{1/2} \quad (3.3)$$

Onde:

- τ - tensão de cisalhamento (Pa)^{1/2};
 $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹);
 K_c - viscosidade plástica de Casson (Pa s)^{1/2};
 K_{oc} - tensão de cisalhamento inicial (Pa)^{1/2}.

3.3.2.3 - Modelo Herschel-Bulkley

$$\tau - \tau_{OH} = K_H \dot{\gamma}^{n_H} \quad (3.4)$$

Onde:

- τ - tensão de cisalhamento (Pa);
 $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹);
 τ_{OH} - tensão de cisalhamento inicial (Pa);
 K_H - índice de consistência (Pa sⁿ);
 n_H - índice de comportamento do fluido (adimensional);

3.3.2.4- Modelo Mizrahi-Berk

$$\tau^{1/2} = K_{OM} + K_M \dot{\gamma}^{N-1} \quad (3.5)$$

Onde:

- τ - tensão de cisalhamento (Pa);
 $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹);
 k_{oM} - tensão de cisalhamento inicial (Pa);
 k_M - índice de consistência (Pasⁿ);
 n_M - índice de comportamento do fluido (adimensional).

3.3.2.5- Modelo de Vocadlo

$$\tau = (\tau_{oV}^{\frac{1}{n}} + K_V \dot{\gamma}) n_V \quad (3.6)$$

Onde:

- τ - tensão de cisalhamento (Pa);

τ_{0V} - tensão de cisalhamento inicial (Pa);

K_V - índice de consistência (Pasⁿ);

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

n_V - índice de comportamento do fluido (adimensional).

Foram utilizados, como critério de determinação de melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculados conforme a Equação 3.7:

$$P = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_{exp} - X_{teor}}{X_{exp}} \right| \quad (3.7)$$

Onde:

P - desvio percentual médio (%);

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente;

X_{teor} - valores preditos pelo modelo;

n - número de dados experimentais.

3.4 - Determinação do perfil de minerais na polpa integral

Obtiveram-se as cinzas da polpa *in natura*, as quais foram levadas ao equipamento da Shimadzu modelo EDX-720, Figura 3.3, para determinação de K, Ca, P, S, Fe, Zn, Cu por energia dispersiva utilizando-se um espectrômetro de fluorescência de raios X.



Figura 3.3- Espectrômetro de fluorescência de raios X

3.5- Elaboração da espuma

Para se realizar uma secagem em camada de espuma é necessário definir antes do processo qual a composição da formulação a ser desidratada. Nesse processo foram incorporados, à polpa de fruta, aditivos, como emulsificante e estabilizante. Faz-se a homogeneização dos ingredientes e bate-se para formar uma espuma estável e realizar a secagem em camada fina, resultando em amostras em pó.

Utilizaram-se 1,5, 2,5 e 3,5 % dos aditivos Emustab (emulsificante), Superliga Neutra (estabilizante) e Maltodextrina-DE 10 (encapsulante), em proporções iguais em relação à massa da polpa integral e, com a utilização de batedeira doméstica, fez-se o batimento para formação da espuma, por 25 minutos, período em que se determinaram a densidade e a expansão das espumas em diferentes tempos de batimento, a cada 5 minutos, com a finalidade de verificar o tempo de batimento da polpa com os aditivos e se as características das espumas estão adequadas para secagem, segundo VAN ARSDEL et al. (1964); a densidade da espuma deve apresentar valor mínimo de $0,1 \text{ g/cm}^3$ e o máximo compreendido entre $0,5$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$ e expansão volumétrica acima de 100%.

Tem-se, na Tabela 3.1, o percentual de aditivo e polpa utilizado para elaboração das espumas com 1,5 (Tratamento 1), 2,5 (Tratamento 2) e 3,5% (Tratamento 3) para acompanhamento da cinética de secagem pelo método camada de espuma.

Tabela 3.1- Percentual de aditivo e polpa utilizado para elaboração da espuma

Percentual (%)	Emustab	Superliga	Maltodextrina	Polpa
Tratamento 1	0,5	0,5	0,5	98,5
Tratamento 2	0,8	0,8	0,8	97,5
Tratamento 3	1,2	1,2	1,2	96,5

3.5.1- Densidade da espuma

Foi realizada em triplicata a cada 5 minutos de batimento, através do método picnométrico, consistindo na medida da massa de um volume conhecido do líquido em um picnômetro de alumínio de 100mL.

Calculou-se, então, a relação entre a massa e o volume das amostras; os dados foram expressos em g/cm^3 (Equação 3.8).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.8)$$

Onde:

ρ =densidade;

M= massa(g);

V= volume (ml).

3.5.2- Expansão volumétrica/Over-run

Com os dados da densidade das espumas e da polpa calculou-se a expansão no decorrer dos 25 minutos de batimento, conforme equação (3.9).

$$E.V = \frac{\rho_p - \rho_e}{\rho_e} \times 100 \quad (3.9)$$

Onde:

ρ_p = densidade da espuma;

ρ_e = densidade da polpa.

Para avaliação estatística dos dados de densidade e expansão volumétrica, aplicou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x5x3 (aditivos, intervalos de tempo e repetições) utilizando-se o ASSISTAT versão 7.5 Beta.

3.6- Cinética de secagem

A cinética de secagem foi realizada usando-se dois métodos de secagem: a liofilização e o camada de espuma; no primeiro usou-se somente a polpa integral e foi desidratado sobre vácuo e temperaturas de -56 °C; já no segundo se empregaram três percentuais de aditivos (1,5, 2,5 e 3,5%) em proporções iguais de Emustab, Superliga neutra e Maltodextrina) e temperaturas de secagem mais elevada (40, 50 e 60 °C).

3.6.1- Cinética de secagem pelo método liofilização

Para a liofilização da polpa integral foi utilizado um liofilizador de bancada modelo L101 da Liobras, que consiste basicamente de uma câmara de secagem acrílica cilíndrica e transparente; na parte superior da câmara, há uma tampa em aço inox que acopla oito torneiras de silicone para o encaixe dos frascos (cones) de vidro com o sistema de alívio de vácuo e, no interior da câmara de secagem, existe um suporte em aço inoxidável para quatro bandejas de inox, conforme Figura 3.4.

Seguindo a metodologia descrita por SOUZA (2011) foram colocados, em cada bandeja em média 200 gramas de polpa homogeneizada, os quais foram levadas para congelar em um freezer comum a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 40 horas. Decorrido este tempo, as bandejas foram colocadas imediatamente no liofilizador, que já havia sido ligado 40 minutos antes para que o condensador alcançasse a temperatura adequada. Ajustaram-se-se todos os anéis de vedação e ligou-se a bomba a vácuo e no painel de controle ligou-se o botão de vácuo, o qual depois de iniciar o vácuo na câmara, aguardar alguns minutos, o painel indicava vácuo menor que $500\text{ }\mu\text{Hg}$ e temperatura de $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Marcou-se, então, o tempo e se procedeu-se a cinética de liofilização, pensando as três bandejas com polpa em intervalos de uma hora e, com a menor variação de peso, aumentou-se o intervalo de tempo das leituras até atingir o equilíbrio.

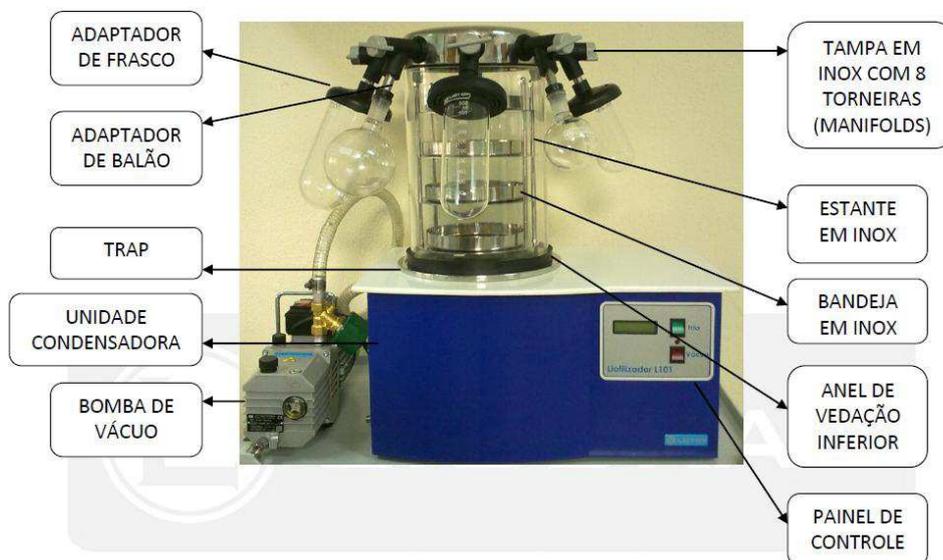


Figura 3.4 – Liofilizador L101-Liobras

Finalizando este processo a polpa apresentou estrutura porosa e quebradiça e foi facilmente reduzida a pó, após remoção das bandejas, rapidamente e trituração por 1 minuto em liquidificador doméstico e só então acondicionada em sacos de polietileno.

3.6.2- Cinética de secagem pelo método camada de espuma

Com o tempo de batimento definido em 15 minutos, momento em que a densidade não mais baixou, se elaboraram novas espumas para serem desidratadas em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C; as espumas foram espalhadas em placas de Petri com espessura de 1,5 cm e submetidas à cinética de secagem até peso constante. Os produtos desidratados foram retirados com uma espátula de aço inoxidável e triturados em liquidificador para obtenção do pó, pois este apresentou granulometria fina, mas não homogênea, procedeu-se, portanto, conforme o recomendado por alguns autores (SILVA et al., 2008; KADAM et al., 2010; SANKAT & CASTAIGNE, 2004).

As cinéticas de secagem foram determinadas pesando-se as amostras (espumas) durante todo o tempo de secagem, em intervalos regulares, até o teor de água de equilíbrio o qual foi determinado quando havia pesagens consecutivas iguais na segunda casa decimal.

Determinou-se o teor de água inicial e final das amostras por meio do método padrão utilizando-se a estufa a 105 °C ± 3 °C, por 24 horas, de acordo com (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008); o teor de água e a matéria seca foram calculados por meio das Equações 3.10 e 3.11:

$$\%Xbu = \frac{M_{H2O}}{M_{seca}} \quad (3.10)$$

$$\%Xbs = \frac{M_{H2O}}{M_{seca} + M_{H2O}} \quad (3.11)$$

Onde:

- %X b.s = teor de água em base seca;
- %X b.u = teor de água em base úmida;
- H₂O = massa de água;
- M_{seca} = massa de matéria seca.

Com os dados experimentais das secagens calcularam-se os valores de razão do teor de água, de acordo com a equação (3.12).

$$RX = \frac{X_{b.s} - X_e}{X_{b.s(inicial)} - X_e} \quad (3.12)$$

Onde:

- RX = razão do teor de água (Adimensional);
 X_e = teor de água de equilíbrio em base seca;
 $X_{b.s}$ = teor de água em base seca;
 $X_{b.s(inicial)}$ = teor de água inicial em base seca.

Realizaram-se a análise e a representação dos dados experimentais da secagem utilizando-se os modelos os modelos semiteóricos de Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Logarítmico, Midilli e Page, Equações 3.13 a 3.17:

Cavalcanti Mata

$$RX = a_1[\exp(-bt^{a_2}) + a_3\exp(-bt^{a_4}) + a_5] \quad (3.13)$$

Henderson e Pabis

$$RX = a \exp(-Kt) \quad (3.14)$$

Logarítmico

$$RX = a \exp(-Kt) + c \quad (3.15)$$

Midilli

$$RX = a \exp(-Kt^n) + b t \quad (3.16)$$

Page

$$RX = \exp(-K t^n) \quad (3.17)$$

Onde:

- RX= razão do teor de água (adimensional);
T= tempo (min);
a, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , b, c e n = parâmetros constantes do modelo.

Os parâmetros dos modelos foram obtidos por análise de regressão linear empregando-se o método numérico Quasi-Newton, mediante aplicação dos dados no Software Statistica 7.0.

Como critério de seleção, para expressar o modelo que melhor representou o processo de secagem, foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2) e o DQM (Desvio Quadrático Médio) em que, quanto menor o valor de DQM segundo ERTEKIN e YALDIZ (2004) melhor é a representação do modelo empregado.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{exp} - RX_{pre})^2}{N}} \quad (3.18)$$

Onde:

RX_{exp} = razão do teor de água obtida experimentalmente;

RX_{pre} = razão do teor de água predita pelo modelo matemático;

N = número de observações ao longo da cinética de secagem.

3.7- Caracterização da polpa de biribá amostras em pó

A polpa de biribá em pó obtida a partir da liofilização e da secagem em camada de espuma, foi caracterizada quanto aos seguintes parâmetros: teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, vitamina C, lipídeos, proteínas, açúcares totais, redutores e não redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo, cinzas e perfil de minerais, conforme metodologia descrita no item 3.2; além dessas análises avaliou-se o rendimento e a morfologia dos pós.

Para o tratamento estatístico de todos os parâmetros aplicou-se o esquema fatorial 3x3x3 (percentual de aditivos, temperatura de secagem, repetições) com a comparação entre as médias pelo teste de Tukey utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2006).

3.7.1- Rendimento

O rendimento foi calculado pela razão entre a massa do pó após o período de secagem e a massa da espuma, determinada conforme a equação (3.19).

$$\text{Rendimento} = \frac{m_{p\acute{o}}}{m_e} \times 100 \quad (3.19)$$

Onde:

$m_{p\acute{o}}$ = massa do pó, g;

m_e = massa da espuma, g.

3.7.2- Morfologia dos pós

A morfologia das partículas foi determinada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Laboratório de Caracterização de Materiais da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa/CCT/UFCG) de acordo com os procedimentos descritos por SILVEIRA (1989). As amostras foram fixadas em porta amostras metálicas (stubs), com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional; em seguida, foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura (HITACHI TM-1000, Shimadzu) com aumentos de 500, 1000, 2000 e 5000 vezes; a aquisição das imagens foi realizada pelo software LEO, versão 3.01.

3.8- Isoterma de equilíbrio higroscópico

Determinaram-se as isotermas de equilíbrio higroscópico do biribá em pó (teor de água de equilíbrio versus atividade de água) para todas as amostras; para isto, utilizou-se o método especial indireto estático, segundo CAPRISTE e ROTSTEIN (1982), na temperatura de 25°C, com variação de ± 1 °C; a leitura da atividade de água da amostra foi feita em triplicata utilizando-se o equipamento Aqualab modelo 3TE da Decagon Devices; quando a amostra adsorveu água até ficar estável foi levada à estufa a 70 °C até peso constante para determinação do teor de água de equilíbrio, determinado em base seca pela relação entre a massa de água e a massa seca das amostras (Equação 3.20).

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} \times 100 \quad (3.20)$$

Onde:

X_e = Teor de água de equilíbrio (% base seca);

M_e = massa da amostra no equilíbrio;

M_s = massa seca da amostra.

3.8.1- Ajuste matemático para as isothermas de equilíbrio higroscópico

Foram ajustados, aos valores experimentais das isothermas de equilíbrio higroscópico do biribá em pó, os modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, representados pelas Equações 3.21 a 3.24, respectivamente; o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi feito com o software STATISTICA 7.0, utilizando-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton.

Como critério para avaliação do ajuste de cada modelo aos dados experimentais utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) dado pelo software, além do e o desvio percentual médio (P) calculado pela Equação 3.7.

3.8.1.1- GAB

$$X_E = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.21)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

X_m - teor de água na monocamada molecular;

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

3.8.1.2- Halsey

$$X_e = \left(\frac{-a}{\ln(a_w)} \right)^b \quad (3.22)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

3.8.1.3- Oswin

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.23)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

3.8.1.4- Peleg

$$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (3.24)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

K_1, K_2, n_1 e n_2 = constantes do modelo.

3.9 - Aceitação sensorial e a intenção de compra do refresco de biribá

3.9.1- Elaboração do refresco

A fim de avaliar a potencialidade de uso da polpa de Biribá em pó como ingrediente alimentício, foram preparados refrescos a partir da polpa de Biribá em pó reconstituída.

A formulação do refresco foi obtida pela mistura de 30 % de polpa em pó, 6 % de sacarose e 64 % de água, segundo a metodologia descrita por (CRUZ, 2013); os ingredientes foram homogeneizados em liquidificador e após o preparo os refrescos foram armazenados a 5°C para posterior avaliação da aceitabilidade sensorial.

3.9.2- Análise sensorial

Realizou-se o teste de aceitação sensorial avaliando os atributos sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra. O painel sensorial foi composto de 40 julgadores treinados do sexo masculino e feminino, com faixa etária média de 19 anos, recrutados entre alunos do curso técnico em alimentos do IFMA (Instituto Federal do Maranhão) situado na cidade Açailândia-MA. Estes receberam esclarecimento no procedimento das avaliações.

As amostras foram codificadas com algarismos de três dígitos, escolhidos aleatoriamente e apresentadas aos provadores, juntamente com água, biscoito água e sal e o formulário de avaliação (Figura 3.4). Os provadores foram informados a fazer uma pausa entre uma análise e outra servindo-se desses dois produtos no sentido de minimizar os efeitos do sabor residual deixado na boca pela amostra anteriormente, segundo MININ (2006).

Os julgadores analisaram as amostras pelo teste de aceitação e intenção de compra. Para o teste de aceitação utilizou-se uma escala estruturada de 1 a 5 em que: 1- Desgostei muito; 2- Desgostei; 3- Não gostei/ Nem desgostei; 4- Gostei e 5- Gostei muito e para o teste de intenção de compra foi utilizado-se a escala: 1- Certamente não compraria; 2- provavelmente não compraria; 3-Talvez comprasse-talvez não comprasse; 4- Provavelmente compraria e 5- Certamente compraria.

Para a análise dos resultados dos testes sensoriais utilizou-se o programa ASSISTAT para calcular a análise de variância e as médias dos tratamentos, foram compradas aplicando-se o teste de Tukey. Para determinar o grau de concordância entre os consumidores com relação às notas atribuídas, utilizou-se o CONSENSOR (SILVA et al., 2010).

Calculou-se, ainda, o índice de aceitabilidade em percentual de acordo com a metodologia descrita por TEIXEIRA et al. (1987) conforme Equação (3.25).

$$IA(\%) = \frac{(y \times 100)}{z} \quad (3.25)$$

Onde:

IA= Índice de aceitabilidade;

Y= Nota média obtida para o produto;

Z= Nota máxima dada ao produto

<u>TESTE DE ACEITAÇÃO</u>	
Amostra: _____	Data: _____
Nome: _____	sexo: M () F () Idade: _____
Por favor, avalie a amostra servida utilizando a escala abaixo e indique o quanto você gostou do produto	
SABOR	AROMA
() 5- Gostei muito	() 5- Gostei muito
() 4- Gostei	() 4- Gostei
() 3- Não gostei/ Nem desgostei.	() 3- Não gostei/ Nem desgostei.
() 2- Desgostei	() 2- Desgostei
() 1- Desgostei muito	() 1- Desgostei muito
APARÊNCIA	COR
() 5- Gostei muito	() 5- Gostei muito
() 4- Gostei	() 4- Gostei
() 3- Não gostei/ Nem desgostei.	() 3- Não gostei/ Nem desgostei.
() 2- Desgostei	() 2- Desgostei
() 1- Desgostei muito	() 1- Desgostei muito
<u>INTENÇÃO DE COMPRA</u>	
Avalie a amostra e indique o parecer de 1 a 5 que melhor define sua intenção de compra com relação ao produto	
() 5- certamente compraria	() 2-provavelmente não compraria
() 4-provavelmente compraria	() 1-Certamente não compraria
() 3-talvez comprasse- talvez não comprasse	
Comentários: _____	

Figura 3.5 - Formulário utilizado na análise sensorial para o teste de aceitação e intenção de compra dos refrescos de biribá.

4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Caracterização física, química e físico-química da polpa integral de biribá

Na Tabela 4.1 são apresentados os valores médios e o desvio padrão da caracterização química, física e físico-química da polpa integral de biribá.

Tabela 4.1 – Caracterização química, física e físico-química da polpa integral de biribá

PARÂMETRO	MÉDIA ± DESVIO
Teor de água (% b.u)	83,40 ± 0,03
Sólidos totais (%)	16,38 ± 0,03
Sólidos solúveis totais (°Brix)	17,00 ± 0,00
SST/ATT	32,69 ± 0,01
pH	4,67 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,52 ± 0,01
Lipídeo (g/100g)	0,17 ± 0,06
Proteína (mg /100g)	4,80 ± 0,02
Pectina (g/100g de ácido pécico)	0,72 ± 0,03
Vitamina C (mg/100g)	9,00 ± 0,7
Açúcares totais (%)	23,50 ± 0,99
Açúcares redutores (%)	11,75 ± 0,87
Açúcares não redutores (%)	11,16 ± 0,90
Atividade de água (25°C)	0,93 ± 0,38
Luminosidade (L*)	65,26 ± 0,18
Intensidade de vermelho (+a*)	-2,61 ± 0,10
Intensidade de amarelo (+b*)	13,62 ± 0,50
Amido (g/100g)	6,00 ± 0,02
Densidade (g/ml)	1,10 ± 0,01
Cinzas (%)	0,22 ± 0,69

Na Tabela 4.1 o teor de água de 83,40 % em base úmida se encontra-se na mesma ordem de grandeza para frutas similares, como o relatado por MARCELLINI et al. (2003) que encontraram 88,33% b.u. de teor de água para graviola estudando a sua comparação físico-química e sensorial com a atemoia e a pinha, ambas produzidas e comercializadas

no estado de Sergipe; contudo, para a mesma polpa integral de atemoia, MELO (2012) encontrou valores inferiores (71,19% b.u.), o mesmo ocorrendo com a pinha (75,55% b.u.), em estudos realizados por MARCELLINI et al. (2003). No entanto, valores próximos aos obtidos para a polpa de biribá foram encontrados por SOUZA (2011), MATOS (2007), FELIPE (2008), TACO (2011) para a polpa de cupuaçu, respectivamente, 86,96, 84,28, 88,11 e 84,8% b.u. e por SOARES (2009), ao determinar o teor de água de 86,96% b.u para a polpa de Araça-boi. Esses valores só vem confirmar as afirmações feitas por MAIA et al. (2009) que diz que a água é responsável por mais de 70% da composição da fruta e, em alguns casos, corresponde a mais de 90% do total, podendo ter valores diferentes entre as mesmas variedades dependendo dos tratamentos culturais.

O teor dos sólidos totais da polpa de biribá (16,38%) foi superior aos obtidos por QUEIROZ et al. (2004) para figo da índia (cactácea), 11,82% e BUENO et al. (2002) goiaba e mamão 10,8 e 10,5% e inferior aos por GOUVEIA et al. (2007) valor encontrado de 29,11 para pinha e aos dados de MELO (2012) para atemoia, 28,81%.

O teor de sólidos solúveis totais é um indicador do grau de doçura das frutas e tende a aumentar com o grau de maturação pois, com o amadurecimento, o amido é hidrolisado e seus açúcares complexos vão se transformando em açúcares simples diminuindo a acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O teor de sólidos solúveis totais obtido foi 17, semelhante aos verificados por LEMOS et al. (2012) quando analisaram as propriedades físico-químicas e químicas de duas variedades de jaca são superior aos encontrados para polpa de cupuaçu e manga por VIANA (2010), FEICHER et al. (2009), respectivamente. Na produção de frutas as condições climáticas, exercem influência na formação dos sólidos solúveis sendo uma provável causa desta diferença entre os valores (CODEVASF, 2013).

A relação SST/ATT é utilizada para avaliar o índice de maturação dos frutos, quanto maior a razão maior o estado de maturação, propicia uma boa avaliação do sabor das frutas, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares e de acidez. CASTRO (2005) constatou que o valor para a polpa de biribá é praticamente a metade para a polpa de atemoia determinada por MELO (2012). FEISCHER et al. (2009) nos estudos de manga Haden encontraram 32,19, próximo ao desta pesquisa, 32,69.

Verifica-se que o valor médio para o pH foi 4,67, próximo ao obtido por LEMOS et al. (2012) para Jaca mole (4,75) e jaca dura (4,70) e em manga por VIDAL et al. (2006) e ALMEIDA et al. (2009) 4,7 e 4,59. MELO (2012) e MARCELLINI et al. (2003) estudando a polpa de atemoia obtiveram 4,59 e 4,53, respectivamente. De acordo com a classificação de BARUFFALDI e OLIVEIRA (1998) esses produtos são considerados

pouco ácido ($\text{pH} > 4,5$), o pH interfere de maneira significativa no desenvolvimento de microrganismos.

Para o percentual de acidez em ácido cítrico verificou-se 0,52, podendo-se considerar, como fruta de baixa acidez, quando comparadas com frutas ácidas, como, por exemplo, o maracujá-amarelo, que apresenta 5,25% (FARIAS et al., 2007) o araçá-boi de 3,62, segundo SOARES (2009). Em SOUSA (2013) a acidez total titulável da polpa de pequi integral foi 0,66 % de ácido cítrico, próximo ao determinado por SOUZA FILHO (2002) camu-camu (0,62 g/100g). SILVA et al. (2012) obtiveram teores de acidez de 0,57 g de ácido cítrico/100g ao estudar a composição físico-química das polpas de caju e manga.

O teor de lipídeos encontrado foi de 0,17 % próximo ao da polpa de cupuaçu determinado por MATOS (2007) e AGUIAR (1996). Em relação às proteínas obteve-se 4,8% igual ao valor encontrado por BARBOSA et al. (2007a) para o fruto xique-xique, diferentemente dos dados para a polpa de atemoia (1,36). MELO (2012) e TEIXEIRA et al. (2006) graviola (0,7 %). LIMA et al. (2007) encontraram, estudando a composição química do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) de 3%.

Tem-se o teor de pectina, 0,72 %, considerando-se assim um fruto com elevado teor de pectina quando comprado com 0,84 % obtido por GRIZOTTO et al. (2005), 0,98% para manga Keitt por VIDAL et al. (2006) e 0,07 % para fruto de madacaru, por BARBOSA et al. (2007).

O teor de ácido ascórbico encontrado foi de 9 mg/100g superior ao de SACRAMENTO et al. (2008) 0,53 mg/100g para frutos de araçá-boi cultivados na região sul da Bahia, porém, CHEN et al. (2007) obtiveram, para Tangor Murcott, 52,2 mg/100g MENDEIROS et al. (2009) para polpa de atemoia, 15,84 mg/100g e SOUTO et al. (2010) para frutos de abacaxi pérola tratados termicamente 10,55 mg/100g. Essas diferenças ocorrem entre outros fatores devido à variabilidade genética, condições climáticas, solo, localização geográfica, fertilização, estação do ano e estágio de maturação.

Os teores de açúcares totais, redutores e não-redutores desta pesquisa foi de 23,5, 11,75 e 11,16 %, respectivamente. Superiores, portanto, aos valores verificados por BRANCO et al. (2007) para laranja em que o açúcar total foi 10,53 e 7,58 % de glicose e SILVA et al. (2010) em polpa de bacuri 11,63 e 8,75 %. GOUVEIA et al. (2007) encontrou açúcar redutor em pinha 20,365%. A polpa de biribá, tal como a de atemoia (15,59%) é uma fonte de açúcar redutor, porém apresenta baixo valor quando comparada com frutas com alto teor de açúcares redutores como a tâmara 78,2% (AL FARSI e LEE, 2008).

O valor médio de atividade de água para a polpa de biribá a 25 °C foi de 0,932 menor que o valor obtido por SILVA et al. (2009) para a atemoia sendo 0,998 e também por ALMEIDA et al. (2009) para manga rosa. Este alto valor da Atividade de água requer o uso de tecnologias de conservação a fim de minimizar o crescimento microbiano e evitar deterioração da fruta.

Um dos atributos de qualidade e preferência do consumidor é a coloração; através da análise de cor da polpa integral de biribá, obteve-se L* 65,26 (luminosidade), +a* -2,61 (verde) e +b*13,62 (amarelo), os quais indicam tendência de polpa mais clara tendência a verde e amarelo, nesta ordem, L, a e b. O valor de luminosidade foi semelhante ao do araçá-boi, segundo SOARES (2009) e inferior ao encontrado em polpa de atemoia oriundas de Sergipe, 85,3 por SILVA et al. (2009). Nota-se que houve predominância da intensidade de amarelo em relação à intensidade de vermelho; MELO et al. (2008) também verificaram este comportamento quando analisaram a coloração de polpa de melões.

A densidade a 25°C foi de 1,10 g/cm³, valor igual ao do Araçá-boi, determinado por SOARES (2009) e superior aos da polpa de cupuaçu analisadas por SOUZA (2011) e ARAÚJO et al. (2002) a polpa de mangaba, por DUARTE et al. (2003) e bacuri por MUNIZ et al. (2006).

Obteve-se, para o percentual de cinzas um valor de 0,22 próximo ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2004) em polpa de madacaru e inferior ao do tamarindo (1,9%) referenciado como fruto com maior teor de cinzas na TACO (2011) e ao estudo de RAMOS e SOUZA (2011) em frutos de pequi oriundos dos estados do Maranhão e Piauí com teores variando entre 2,26 e 3,18 %.

Na Tabela 4.2 se encontra o percentual de minerais encontrado na polpa integral de biribá, como macronutrientes, potássio, cálcio, fósforo e enxofre e como micronutriente tem-se ferro, zinco, cobre.

Dentre os elementos avaliados, o potássio foi o que apresentou maior concentração na polpa de biribá seguido do Cálcio, Fósforo e Enxofre; a presença dos elementos P e S pode ser um indicativo de proteínas na amostra; resultado similar ao encontrado por KELMER (2012) ao estudar a caracterização química e elementar e proteica da polpa de graviola.

ALMEIDA et al. (2009) ao fazer avaliação de macro e micronutrientes em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro concluíram que dentre os doze minerais (Na, Ni, Co, Se, Ca, Mg, Fe, P, Cu, Zn, K, Mn) estudados nas 11 espécies de frutas tropicais, o

Potássio é o mineral mais abundante (143,67 a 790,11mg.100g⁻¹) seguido do Cálcio (8,52 a 127,66 mg.100g⁻¹).

Tabela 4.2- Percentual de Minerais encontrado na polpa integral de biribá

MINERAIS	PERCENTUAL DE MINERAL (%)
K	0,18800 ± 0,09
Ca	0,02500 ± 0,08
P	0,00100± 0,04
S	0,00020± 0,01
Fe	0,00030± 0,01
Zn	0,00013 ± 0,00
Cu	0,00011 ± 0,00

LEMOS et al. (2012) ao estudar as características físico-químicas de jaca, concluíram que entre os parâmetros de minerais o ferro obtido foi 0,31 mg/100g, 0,27 mg/100g e 0,40 mg/100g, para as variedades jaca dura no estádio verde e maduro e jaca mole estádio maduro, respectivamente, e para fósforo a variedade jaca mole (20,36 mg/100g) e as variedades em estudo (26,96 mg/100g e 28,66 mg/100g). O teor de cálcio encontrado para a variedade jaca dura no estádio maduro foi 51,11mg /100g, e as variedades jaca dura no estádio verde foi 17,41mg/100g e jaca mole (25,93 mg/100g).

Sabe-se que a composição mineral em frutas pode ser influenciada por vários fatores, como condições climáticas (luz, temperatura e teor de água), composição química do solo, diferenças genéticas e práticas agrícolas (OLIVARES et al., 2004)

4.2- Comportamento reológico da polpa integral

Na Tabela 4.3 tem-se a análise de variância dos valores da viscosidade aparente (mPas) nas temperaturas de 10, 20 30 e 40 °C em função das treze velocidades de rotação (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200 RPM).

Constata-se que não houve diferença estatisticamente significativa a 1% de probabilidade pelo teste F em cada velocidade de rotação para as diferentes temperaturas porém ocorreu diferença dentro de uma faixa de temperatura nas várias velocidades de rotação, ou seja, à medida em que se aumentou a velocidade, a viscosidade aparente

apresentou tendência de diminuição, significando que essas amostras se comportam como fluido pseudoplástico. Esse comportamento é típico de polpas de frutas, no qual evidencia que a viscosidade aparente diminui com o aumento da velocidade de rotação, comportamento observado por EVANGELISTA et al. (2003). Diferente desse, PAGLARINI et al. (2012) constataram, estudando a reologia de polpa de bacupari (*Rheedia gardneriana* Tr.) tendência de aumento da viscosidade com o aumento da temperatura (10 a 50 °C) nas velocidades de rotação de 0,5 e 1,0 rpm, devido à presença de pectina e alto teor de açúcares.

Tabela 4.3 - Viscosidade aparente (m.Pas) da polpa de integral de biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) e temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C

Velocidade de rotação (RPM)	Temperaturas (°C)		
	10	20	30
30	6866,67 aA	6833,33 aA	6711,00 aA
40	5750,00 bA	5583,33 bA	5483,33 bA
50	5026,66 cA	4853,33c A	4746,66 cA
60	4227,66 dA	4061,33 dA	4055,66 dA
70	3752,30 eA	3609,66 eA	3576,33 eA
80	3420,60 efA	3254,33 fA	3225,00 fA
90	3133,30 fgA	2963,00 fgA	2933,33 fgA
100	2886,66 gA	2720,00 gA	2700,00 ghA
120	2530,66 hA	2306,00 hA	2372,33 hiA
140	2269,00 hiA	2124,00 hiA	2109,33 ijA
160	2045,66 ijA	1962,33 jlA	1927,00 ijA
180	1877,66 j A	1775,66 ijA	1733,33 lmA
200	1733,33 J A	1611,66 jA	1605,00 mA

DMS para colunas = 350,8127 mPa s; DMS para linhas = 270,5096 mPa s ; MG = 3406,67308 mPa s; CV = 3,72 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação;
Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

Verifica-se que na rotação de 30 para 200 RPM nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C houve redução da viscosidade aparente, da ordem de 25, 23 e 24%, sendo o valor médio entre as viscosidades das quatro temperaturas para a rotação de 30 RPM 6819,418 m.Pas e para a rotação de 200 RPM 1650,417 m.Pas. Esses valores são semelhantes aos estudos de TORALLES et al. (2006) ao verificarem que, com o aumento da taxa de deformação,

ocorreu diminuição de 35 % e 16,9 % na viscosidade aparente para o purê de pêssego homogeneizado e centrifugado.

VRIESMANN et al. (2009) encontraram viscosidades aparentes a 25 °C em soluções de amido (6%) obtidas a partir da polpa de cupuaçu, de 100.0000 mPa s a 10.000 mPa s para taxas de deformação na faixa de 0,1 a 1s⁻¹. OLIVEIRA et al. (2011) relataram valores de viscosidade aparente para polpa de goiaba, a 35 °C, entre 400.000 e 200.000 mPa s para taxas de deformação entre 0 e 10 s⁻¹.

HAMINIUK et al. (2006) verificaram, ao estudar a reologia em polpa de araçá (11,40 °Brix; teor de água 87,18%) que a viscosidade aparente a 30 °C variou entre 1.2000 a 3.000 mPa s para taxas de deformação entre 0 e 10 s⁻¹ sendo que esses valores são inferiores aos encontrados nas polpas biribá estudadas.

Com base nos resultados obtidos a polpa de biribá apresentou em todas as temperaturas comportamento pseudoplástico, sendo comum em polpa de frutas. Polpas com comportamento pseudoplástico também foram verificadas por OLIVEIRA et al. (2012) para a polpa de morango com 6,80 °Brix e teor de água de 89,4% nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C; por VIDAL et al. (2006) para a polpa de manga centrifugada nas temperaturas variando entre 10 e 60 °C e por OLIVEIRA et al. (2011) para as polpas de gabioba e goiaba para temperaturas de 20 a 35 °C.

Na Figura 4.1 estão mostradas as curvas da viscosidade aparente (m.Pa) em função da taxa de deformação (S⁻¹) para a polpa de biribá em diferentes temperaturas e velocidades de rotação utilizando-se o modelo de Sisko; percebe-se que, com o aumento na taxa de deformação, houve redução da viscosidade aparente.

Na Tabela 4.4 estão os parâmetros do modelo de Sisko, coeficientes de determinação (R²) e desvios percentuais médios (P) para a polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C.

Verifica-se que na taxa de cisalhamento infinita (η_{∞}) o índice de consistência de Sisko (K_s) e o índice de comportamento do fluido do modelo (n_s) não se apresentaram com tendência de acréscimo nem redução definida. Os coeficientes de determinação (R²) foram superiores a 94% em todas as temperaturas e os desvios percentuais médios (P) inferiores a 8%, indicando bom ajuste do modelo aos dados experimentais, porém o melhor foi quando se obtiveram os dados na temperatura de 10°C em que o R² foi 99,62% e P (2,60).

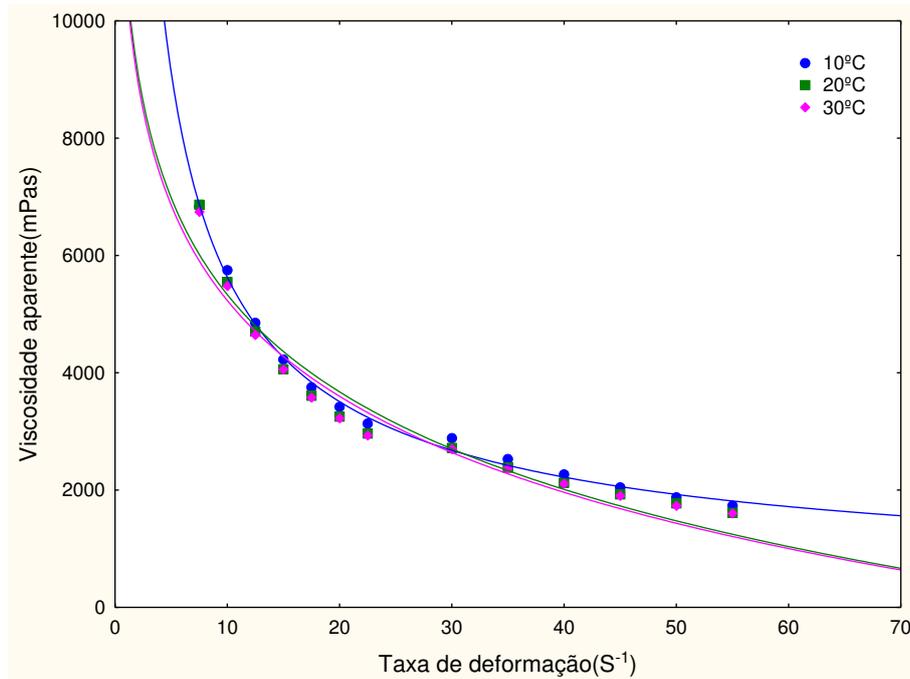


Figura 4.1 - Viscosidades aparentes em função da taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Sisko

MUÑOZ et al. (2007) ao ajustarem o modelo de Sisko aos dados experimentais da viscosidade a 20 °C de dispersões aquosas elaboradas com goma *Acácia tortuosa* com diferentes concentrações (15, 20, 25, 30 e 40%), obteve para a viscosidade a taxa de cisalhamento infinita (η_{∞}) a 40% 166×10^{-3} Pa s, índice de consistência do modelo de Sisko (K_s), 364×10^{-3} Pa sⁿ, os índices de comportamento do fluido do modelo de Sisko (n_s) todos foram menor que um, variando entre 0,18 e 0,33 e os coeficientes de determinação superiores a 99% indicando também bom ajuste do modelo.

RINCÓN et al. (2009) estudando as propriedades reológicas a 20 °C de dispersões aquosas elaboradas com goma *Cedrela odorata* em diferentes concentrações (10, 15, 20 e 40%) encontraram: $\eta_{\infty} \leq 0,24$ Pa s, $K_s \leq 1,49$ Pa sⁿ, $n_s < 1,0$ e $R^2 > 99\%$.

KECHINSKI et al. (2011) avaliaram o comportamento reológico de purês de mirtilo (*Vaccinium ashei*) contendo diferentes concentrações de goma xantana (1,6, 2,0, 2,5, 3,0 e 3,3%) e de frutose (6,6, 10,0, 15,0, 20,0 e 23,4%) nas temperaturas de 27, 40, 60, 80 e 93 °C e obtiveram valores de $\eta_{\infty} \leq 0,30$ Pa s, K_s variando entre 23,28 a 57,10 Pa.sⁿ, $n_s < 1,0$ e $R^2 > 97\%$ confirmando também bom ajuste do modelo.

Tabela 4.4 - Parâmetros do modelo de Sisko, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para a polpa integral de Biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C

Temperatura (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
	η_∞	K_s	n_s		
10	238,5204	28413,14	0,278290	99,62	2,60
20	524402,3	-513566	0,004599	94,60	8,92
30	743233,8	-732529	0,003191	94,92	8,62

η_∞ - taxa de cisalhamento infinita, K_s - índice de consistência de Sisko e n_s - índice de comportamento do fluido.

Na Figura 4.2 tem-se a viscosidade aparente (mPa) da polpa integral de biribá em função da taxa de deformação, em que aconteceu uma relação inversamente proporcional, ou seja a medida em que se aumenta a velocidade de rotação a viscosidade diminui; isto também aconteceu nas pesquisas de RIGO et al. (2010) ao analisarem a reologia de polpa de butiá nas temperaturas de 10 a 60 °C. De acordo com os autores, esta característica é de fluidos pseudoplástico; além disto, eles relatam que, quanto menor a viscosidade menor também é a perda de carga durante o escoamento diminuindo os custos de potência com o bombeamento e, conseqüentemente, os custos energéticos.

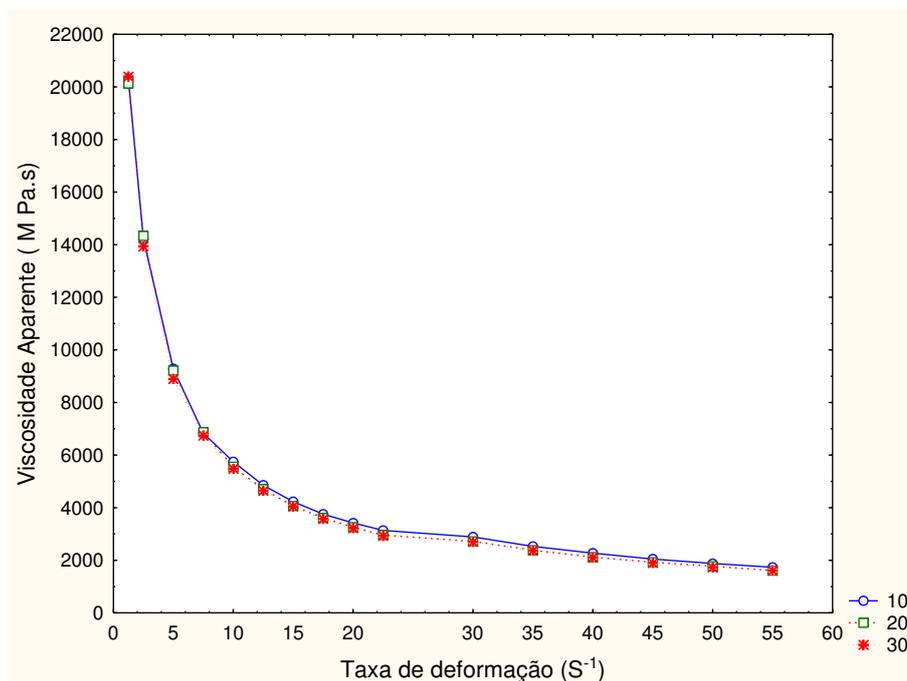


Figura 4.2 – Viscosidade aparente (mPa) da polpa integral de biribá em função da taxa de deformação

Nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 tem-se a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de Biribá nas temperaturas de 10,

20 e 30 °C com ajuste pelo modelo de Casson, Herschel-Bulkey, Mizrahi-Berk, Ostewald-de-Waelle e Vocadlo, respectivamente.

Percebe-se que todas as curvas apresentaram resultados semelhantes, a relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento não é constante, confirmando que a polpa de biribá se trata de um fluido não newtoniano de caráter pseudoplástico, ou seja, com a elevação da taxa de deformação houve aumento na tensão de cisalhamento. Comportamento observado por VIDAL et al. (2006) em estudo de polpa de manga Keitt centrifugada, esses autores afirmam que o modelo de Mizrahi-Berk foi o que o melhor se ajustou aos dados experimentais. SILVA et al. (2008) verificaram que a polpa de jenipapo nas concentrações de 6; 7,5; 9; 10,5 °Brix também tem comportamento não newtoniano. Nas três temperaturas analisadas (10, 20 e 30°C) , as curvas ficarão muito próximas significando que as viscosidades não diferiram entre si; SOUSA (2013) encontrou este mesmo resultado quando estudou a reologia de polpa de pequi, teores de água de 55, 60, 65 e 70 %, nas temperaturas de 25, 30, 35, 40, 45 e 50 °C.

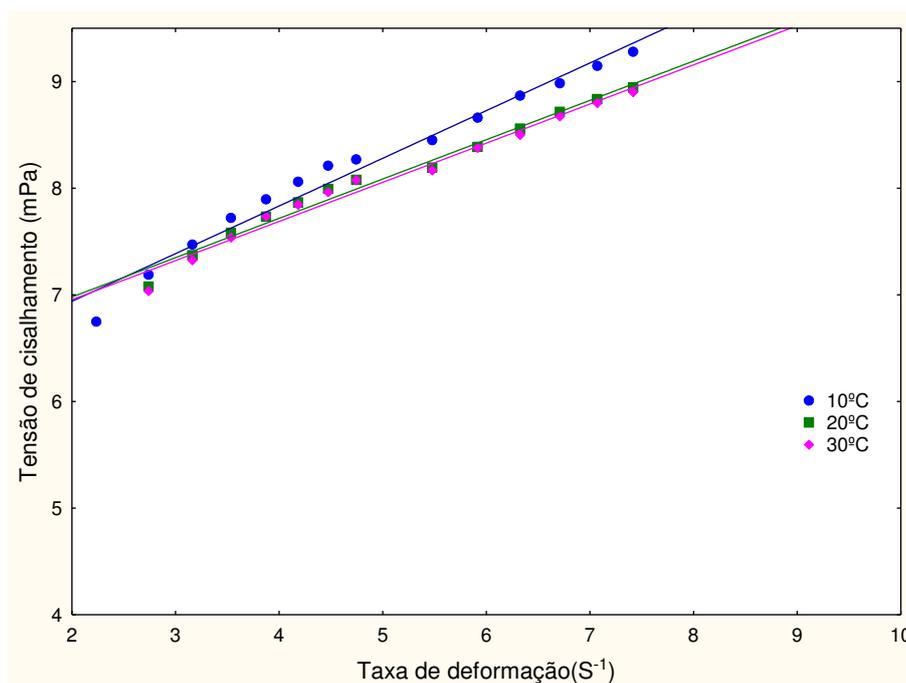


Figura 4.3 – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Casson

Nas Tabela 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 se encontram os parâmetros do modelo reológico de Casson, Herschel-Bulkey, Mizrahi-Berk, Ostewald-de-Waelle e Vocadlo,

coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C.

Observa-se, na Tabela 4.5, que nas diferentes temperaturas a polpa apresentou tensão de cisalhamento inicial (K_{oc}) no intervalo de 6,21 a 6,22 mPa s^{0,5} para 10 e 30 °C; constata-se que o parâmetro viscosidade plástica de Casson (K_c) apresentou tendência de diminuição com aumento da temperatura da polpa os valores de K_c estes variaram de 0,41 a 0,36 mPa s^{0,5} sendo a menor viscosidade; esta é uma medida indicativa da resistência interna de um fluido à sua própria movimentação e pode ser usada como indicação da concentração e interação dos sólidos no fluido.

Os coeficientes de determinação (R^2) para o modelo de Casson foram superiores a 97% e os desvios percentuais médios (P) inferiores a 0,94% podendo-se considerá-los como um bom modelo na predição dos dados reológicos da polpa de biribá em temperaturas diferentes. BALESTRA et al. (2011) também verificaram ao analisar o comportamento reológico a 25 °C, de polpas de maçã, pera e pêssigo, que o modelo de Casson se ajustou adequadamente aos dados experimentais com $R^2 \geq 0,84$. BRANCO e GASPARETTO (2003) identificaram o comportamento reológico de suco de laranja concentrado congelado (-0,5 a -19,4 °C) e identificaram que o modelo de Casson apresentou bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,99$).

Tabela 4.5 – Parâmetros do modelo reológico de Casson, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C

Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	P (%)
	K_{oc}	K_c		
10	6,213116	0,418302	98,51	0,94
20	6,242056	0,368811	98,25	0,74
30	6,220385	0,367061	97,77	0,84

K_{oc} - tensão de cisalhamento inicial e K_c viscosidade plástica de Casson

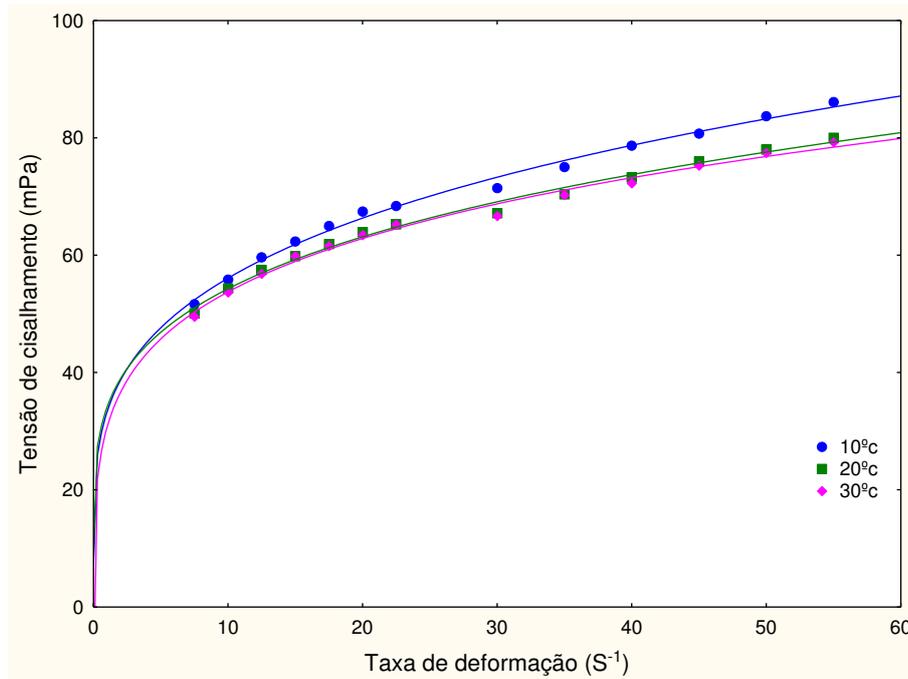


Figura 4.4 – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley

Na Tabela 4.6 estão os parâmetros de ajuste do modelo de Herschel-Bulkley aos dados experimentais da polpa de biribá em diferentes temperaturas. Os valores encontrados são: tensão de cisalhamento inicial (τ_{0H}), índice de consistência (k_H) e índice de comportamento de fluxo (n_H).

Tabela 4.6 – Parâmetros do modelo reológico de Herschel-Bulkley, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de Biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C

Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	P (%)
	τ_{0H}	K_H	n_H		
10	7,251276	25,93554	0,274798	99,4	0,97
20	9,139728	24,86496	0,258811	99,2	1,07
30	13,5387	44,11138	0,183312	99,4	1,11

τ_{0H} - tensão de cisalhamento inicial, k_H - índice de consistência e n_H índice de comportamento de fluxo.

Nota-se que a amostra representativa na maior valor de tensão de cisalhamento inicial (τ_{0H}) ocorreu na temperatura de 20 °C (9, 13 mPa. s). Sem tendência de

comportamento com a variação de temperatura para tensão de cisalhamento e o índice de consistência (K_H), obtendo-se, na temperatura de 30 °C, o maior índice de consistência (K_H) 44,11 mPa sⁿ.

O índice de comportamento (n_H) do fluido apresentou tendência de redução quanto ao aumento da temperatura. AUGUSTO et al. (2012) identificaram, na polpa de seriguela, que seu comportamento pode ser bem descrito pelo modelo de Herschel-Bulkley nas temperaturas de 0, 20, 40, 60 e 80 °C, com o valor do índice de comportamento do fluido variando entre 0,25 e 0,48.

O modelo de Herschel-Bulkley apresentou coeficientes de determinação (R^2) acima de 99,7% e desvios percentuais médios (P) inferiores a 1,11, sendo possível afirmar que o modelo em questão pode ser usado para prever o comportamento da polpa analisada. HAMINIUK et al. (2006) constataram, analisando a polpa de amora preta nas temperaturas de 10 a 60 °C, coeficiente de determinação igual a 99%. BEZERRA et al. (2009) constataram ao estudarem as propriedades reológicas da polpa de morango, que o melhor modelo foi o de Herschel-Bulkley, o qual apresentou os menores valores de erro experimental (0,08 a 2,67%), para as temperaturas investigadas (10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C).

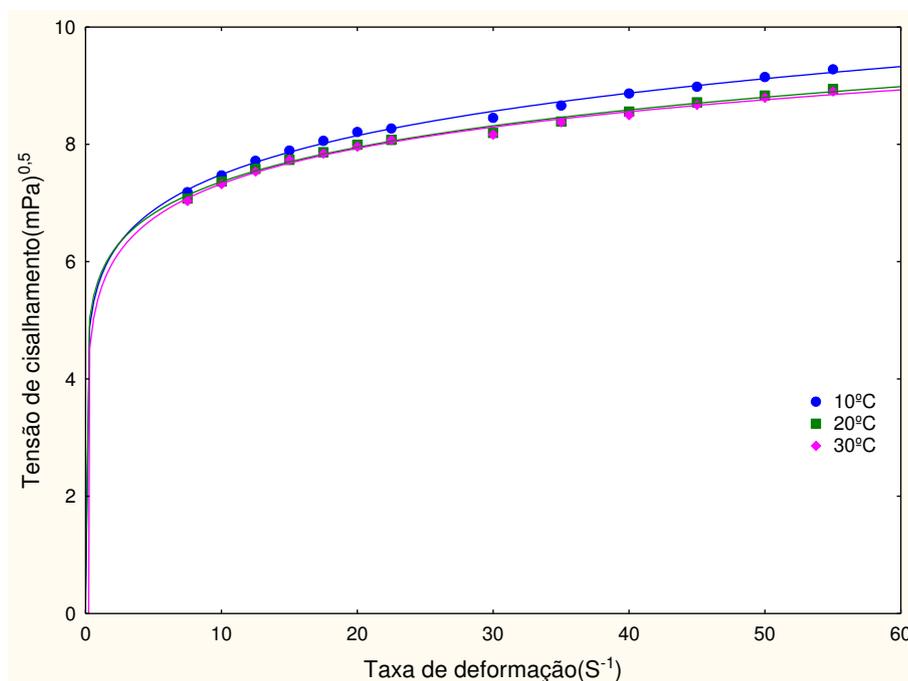


Figura 4.5 – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

De acordo com a Tabela 4.7, para o modelo de Mizrahi e Berk, a raiz quadrada da tensão inicial (K_{OM}), o índice de consistência (K_M) e o índice de comportamento do fluido (n_m) não apresentaram tendência definida com o aumento da temperatura. Os dados n_m em todas as temperaturas foram inferiores a 1, comum para a maioria das polpas. Valores aproximados foram encontrados por BEZERRA et al. (2001) ao verificar a reologia da polpa de manga integral, de 0,29 a 0,54 para o parâmetro de Mizrahi-Berk (MB).

Os coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 99%; os desvios percentuais médios apresentaram valores no intervalo de 0,39 a 0,54%. Com esses resultados pode-se afirmar que o modelo de Mizrahi-Berk (MB) se ajustou bem aos dados experimentais. FERNANDES et al. (2008) afirmaram que o modelo reológico de Mizrahi-Berk foi o que apresentou os melhores ajustes para polpa de umbu-cajá cujo coeficiente de determinação (R^2) foi superior a 0,98 e os erros percentuais médios (P) foram menores que 2,5%. PELEGRINE et al. (2002) apresentaram, avaliando o comportamento de polpa de abacaxi e manga, que o modelo de Mizrahi-Berk indicou coeficiente de determinação (R^2) de 0,99. FERREIRA et al. (2002) verificaram, avaliando a polpa de goiaba, que o modelo de Mizrahi-Berk foi o que melhor descreveu o comportamento reológico dessa polpa, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,9876 indicando o bom ajuste do modelo aos dados experimentais.

Tabela 4.7 – Parâmetros do modelo reológico de Mizrahi-Berk, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C

Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	P (%)
	K_{OM}	K_M	n_M		
10	0,204933	5,449010	0,125840	99,40	0,47
20	0,433377	5,288396	0,117378	99,20	0,52
30	-13,3489	18,78519	0,041652	99,08	0,54

K_{OM} - Raiz quadrada da tensão inicial, K_M - índice de consistência e n_m - índice de comportamento do fluido.

Nota-se, na Tabela 4.8, que os parâmetros do modelo Ostwald-de-Waelle índice de consistência (K) e índice de comportamento do fluido (N) apresentaram oscilações com o aumento da temperatura e que o maior K, 32,48 Pasⁿ foi para a polpa na temperatura de 30

°C e na qual obteve-se o menor n , 0,185. Consta-se que todas as amostras apresentaram valores inferiores a 1 (um), o que se trata de fluidos não newtonianos com características pseudoplásticas. FERREIRA et al. (2008) encontraram valores de n para as temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C variando de 0,23 a 0,42.

Em relação aos coeficientes de determinação (R^2) foram, em todas as amostras, superiores a 99%, sendo o valor mais elevado obtido para a temperatura de 10°C; os valores dos desvios percentuais médios (P) foram inferiores a 1,15 %.

GUEDES et al. (2010) também constataram para a polpa de melancia, que o modelo de Ostwald-de-Waele pode ser utilizado satisfatoriamente para descrever o comportamento reológico nas temperaturas de 10 a 60 °C e concentrações 8, 17, 26 e 35 °Brix, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,974. FERREIRA et al. (2008) constataram, ao analisar as propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu, que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Ostwald-de-Waele com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,94.

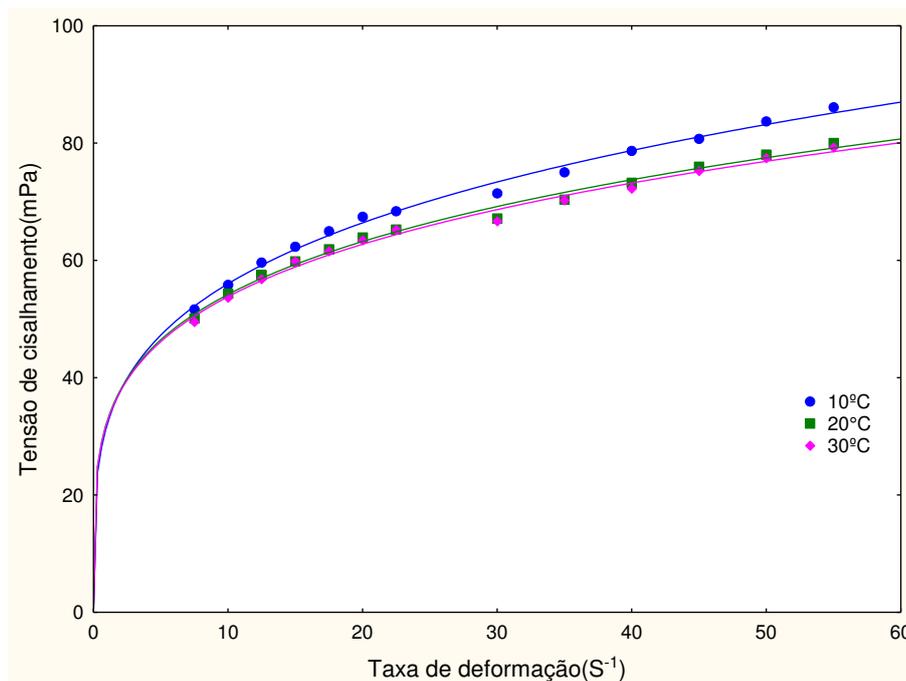


Figura 4.6 – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da potência)

Tabela 4.8 – Parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waele, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C

Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	P (%)
	K	N		
10	31,81848	0,245631	99,4	0,93
20	32,28516	0,222300	99,12	1,05
30	32,485224	0,221860	99,04	1,15

K- índice de consistência e N- índice de comportamento do fluido

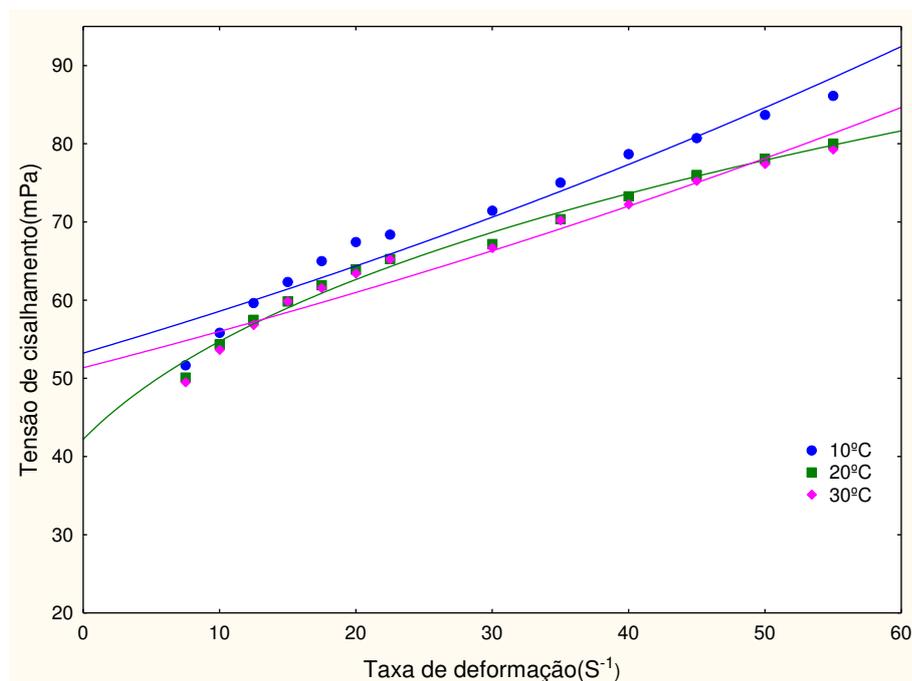


Figura 4.7 – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C com ajuste pelo modelo de Vocadlo

Percebe-se a tensão de cisalhamento inicial, índice de consistência e índice de comportamento do fluido para o modelo Vocadlo na Tabela 4.9. Nos quais não houve qualquer comportamento definido em relação às temperaturas analisadas.

Observa-se que os valores da tensão de cisalhamento inicial (τ_{0v}) e índice de consistência apresentaram comportamento de elevação com acréscimo da temperatura, ao

contrário do índice de comportamento do fluido que fez decrescer com a elevação da temperatura.

Os coeficientes de determinação (R^2) foram mais baixos quando comparados com os ajustes dos outros modelos, entre 94 a 98%; tal como para os desvios percentuais médios (P) obteve-se até 2,89%; tem-se, então, que este modelo não representou, de forma satisfatória a polpa de biribá com diferentes temperaturas avaliadas. Resultados que divergem dos relatados por KOOCHKEI et al. (2013) ao estudarem as propriedades da goma extraída de sementes de Shahri Qodume (*Lepidium perfoliatum*) em diferentes concentrações (0,5, 1, 1,5 e 2%) e temperaturas 5, 25 e 65 °C demonstraram que o modelo de Vocadlo apresentou bom ajuste aos dados com coeficientes de determinação (R^2) chegando a 99%.

Tabela 4.9 – Parâmetros do modelo reológico de Vocadlo, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral de biribá nas temperaturas de 10, 20 e 30°C

Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	P (%)
	τ_{0V}	K_V	n_V		
10	11,46146	5,722990	0,003379	95,01	2,89
20	11,20056	5,521210	0,003482	98,78	1,31
30	11,13832	5,290284	0,003676	94,097	2,76

τ_{0V} - tensão de cisalhamento inicial, K_V - índice de consistência e n_V - índice de comportamento.

De acordo LEWIS (1990) para valores de $n < 1$ a viscosidade aparente decresce com o aumento do gradiente de velocidade, caracterizando o fluido como pseudoplástico; para $n > 1$, é caracterizando como dilatante e para $n = 1$ o fluido é Newtoniano. Observando os valores encontrados para o índice de comportamento do fluido (n , n_h e n_m), o qual é uma grandeza adimensional, verifica-se que foram todos inferiores a 1; assim, a polpa de biribá é classificada como um fluido não-newtoniano de caráter pseudoplástico, como as demais polpas de fruta.

4.3- Densidade e capacidade de expansão das espumas

Na Tabela 4.10 encontram-se os valores médios de densidade das espumas (g/cm^3) nos diferentes tratamentos, em função dos cinco tempos de batimento (5, 10, 15, 20 e 25 minutos). Observa-se que houve diferença estatisticamente significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade para as três concentrações de aditivos em um mesmo tempo de batimento. Tem-se diminuição da densidade com o acréscimo dos aditivos durante todo o tempo, devido à incorporação de ar durante a etapa de agitação uma vez que a alta velocidade de agitação promove aumento na taxa de cisalhamento, favorecendo a divisão das bolhas de ar, resultando na incorporação de maior quantidade de gás à mistura e, portanto, na diminuição da densidade da espuma de polpa.

Analisando cada concentração de aditivo nos diversos tempos, percebe-se que houve diferença estatisticamente significativa durante os 15 minutos iniciais; após este momento as densidades permanecem constantes; nota-se ainda, que a menor densidade $0,2005 \text{ g/cm}^3$ foi adquirida em 25 minutos quando utilizou-se 3,5% de Emustab, Superliga neutra e Maltodextrina.

Por outro lado, as médias encontradas para a densidade da espuma estão numa faixa entre $0,3977 \leq \rho \leq 0,2005$, permanecendo dentro dos valores considerados ideais por SOARES et al. (2001) de 0,1 a $0,6 \text{ g/cm}^3$ e por BATES (1964) de $0,5 \text{ g/cm}^3$. Segundo VAN ARSDEL et al. (1964) a densidade da espuma deve apresentar mínimo de $0,1 \text{ g/cm}^3$ e o máximo compreendido entre 0,5 e $0,6 \text{ g/cm}^3$.

GURJÃO et al. (2008) encontraram, para a polpa de tamarindo com o aditivo Emustab como agente espumante comercial (7,5%), uma densidade aparente entre 0,40 e $0,50 \text{ g/cm}^3$. SOARES et al. (2001) encontraram, trabalhando com os aditivos Super liga Neutra e Emustab em polpa de acerola, pelo método de secagem em camada de espuma, densidade de $0,51 \text{ g/cm}^3$, após 20 minutos de batimento.

Tabela 4.10 – Valores médios da densidade (g/cm^3) da espuma de biribá obtidos com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento

Tempo (min)	Aditivo (%)		
	1,5	2,5	3,5
5	0,397 aA	0,294 aB	0,225 aC
10	0,348 bA	0,279 bB	0,213 bC
15	0,328 cA	0,271 cB	0,215 bC
20	0,326 cdA	0,2749 cB	0,205 cC
25	0,323 dA	0,274 cB	0,205 cC

DMS para colunas =0.0037; DMS para linhas= 0.0032; MG =0.27863; CV = 0.56%. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Estão na Tabela 4.11 os valores médios da expansão (%) da espuma de Biribá em função da concentração dos aditivos 1,5; 2,5 e 3,5% (Super Liga Neutra, Emustab e Maltodextrina) e de diferentes tempos de batimento.

De acordo com VAN ARSDEL et al. (1964) a capacidade de expansão da espuma deve ser acima de 100%, no estudo realizado os valores variaram de 193,54 a 408, 26% indicando que um valor mínimo de emulsificante é suficiente para elaboração de espuma de boa qualidade para secagem em camada de espuma.

Nota-se que os dados da capacidade de expansão da espuma com diferentes percentuais de aditivos e agitadas em um tempo diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados são mais elevados com o aumento da concentração de aditivos, ou seja, na concentração 3,5% em 25 minutos, causando assim menor densidade da espuma, sinal de que houve maior incorporação e retenção de ar, ocasionando maior expansão da espuma. Segundo RAJKUMAR et al. (2007) o melhor tempo de batimento da espuma é obtido quando a espuma apresenta a maior expansão volumétrica e, conseqüentemente, o menor valor da densidade.

Tabela 4.11 – Valores médios da expansão (%) da espuma de biribá obtido com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento

Tempo (min)	Aditivo (%)		
	1,5	2,5	3,5
5	213,87 aC	243,87 cB	344,76 dA
10	193,54 bC	264,86 bB	374,46 cA
15	212,97 aC	273,85 aB	375,57cA
20	216,21 aC	272,26 aB	403,51 bA
25	214,84 aC	271,00 aB	408,26 aA

DMS para colunas =3.9696; DMS para linhas= 3.3612; MG =285.59428; CV = 0.59 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

4.4-Cinética de secagem

Tem-se na Figura 4.8 as curvas de secagem da polpa de Biribá obtidas pela secagem usando-se a liofilização e com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Henderson & Pabis e Page.

Nestas nota-se uma relação do teor de água (adimensional) e tempo de secagem (minutos). O processo de secagem se dá na ausência do período da sua taxa constante; assim ocorre neste processo a difusão de água do interior do produto para sua superfície, sendo este o mecanismo físico predominante ao longo do processo, concordantes com esta observação acham-se os resultados de MENGES e ERTEKIN (2006) para a secagem de caju e maçã.

A ausência do período de secagem a taxa constante pode ter ocorrido em virtude da natureza do teor de água, pois, mesmo havendo teor de água superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), apresentando uma pressão de vapor abaixo da pressão de vapor da água pura, fato também observado em estudos de secagem de espuma de banana (THUWAPANICHAYANAN et al., 2008).

O tempo requerido para reduzir o teor de água até o equilíbrio foi de 3000 minutos ou 41 horas; percebe-se que, praticamente, não houve diferença entre os modelos ajustados aos dados experimentais.

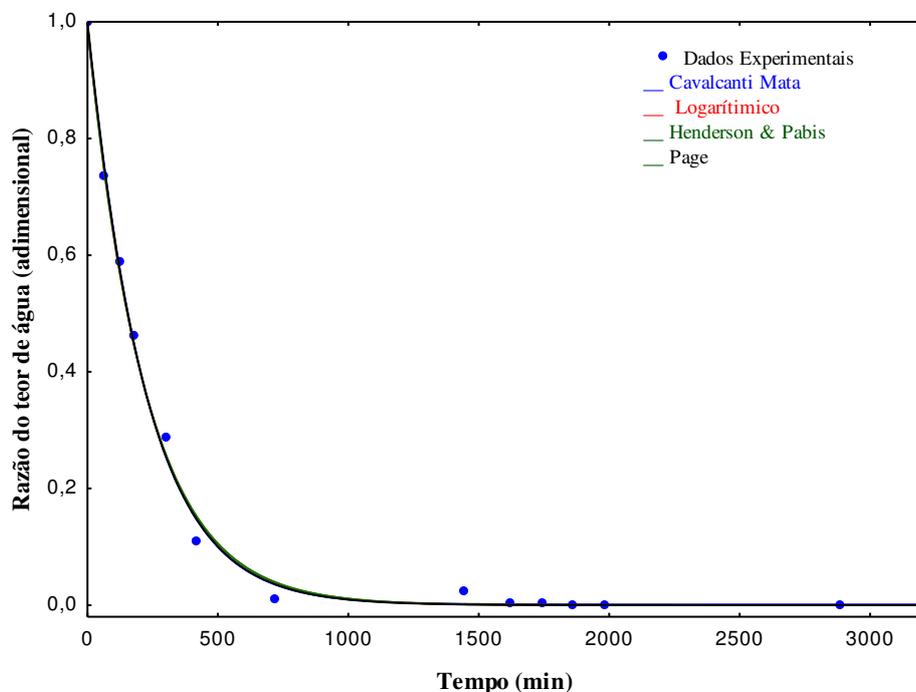


Figura 4.8 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtidas pela desidratação usando a liofilização e com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Henderson & Pabis e Page

Na Tabela 4.12 tem-se os parâmetros do ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Henderson & Pabis e Page, desvio quadrático médio (DQM) e coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada por liofilização, percebendo-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Cavalcanti Mata com DQM de 0 e R^2 de 99,66%.

Tabela 4.12 – Parâmetros do ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Henderson & Pabis e Page, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de Biribá desidratada por liofilização

Modelos Matemáticos	Parâmetros						Coefficientes	
Cavalcanti Mata	a1	a2	a3	a4	a5	a6	DQM	R^2 (%)
	0,5973	0,0036	1,0373	0,3907	1,0374	0,0009	0	99,66
Logarítmico	a		k		c		DQM	R^2 (%)
	0,9959		0,0044		-0,0001		0	99,65
Henderson & Pabis	a			k			DQM	R^2 (%)
	0,9958			0,004494			0	99,65
Page	K			n			DQM	R^2 (%)
	0,0040			1,0206			0	99,65

Tem-se, nas Figuras 4.9 a 4.23 as curvas da cinética de secagem da polpa de biribá obtidas pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Midilli, Henderson & Pabis e Page; os dados estão na forma adimensional da razão do teor de água em função do tempo de secagem em minutos.

Em todas as curvas percebe-se comportamento análogo, ou seja, estas são influenciadas pela temperatura com redução gradativa nos tempos de secagem sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem, a perda do teor de água é mais rápida no início do processo. A máxima eliminação de água (ponto de equilíbrio), ocorreu em 10, 23 e 26 horas para as temperaturas respectivas 60, 50 e 40°C, sendo menores em temperaturas mais elevadas.

Observações semelhantes foram realizadas por ALEXANDRE et al. (2006), ao estudarem a cinética de secagem em camada de espuma de pitanga nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. DANTAS et al. (2008) e FURTADO et al. (2010) verificaram respectivamente,

que a secagem de polpa de jaca e seriguela a 80°C atingiu o equilíbrio higroscópico mais rapidamente do que quando realizada a 60°C e 70°C.

Da mesma forma, PINTO (2012) observou esta relação ao secar extrato de carotenóides obtidos de polpa de pequi pelo método de secagem em camada de espuma e SILVA et al., (2008) estudando a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

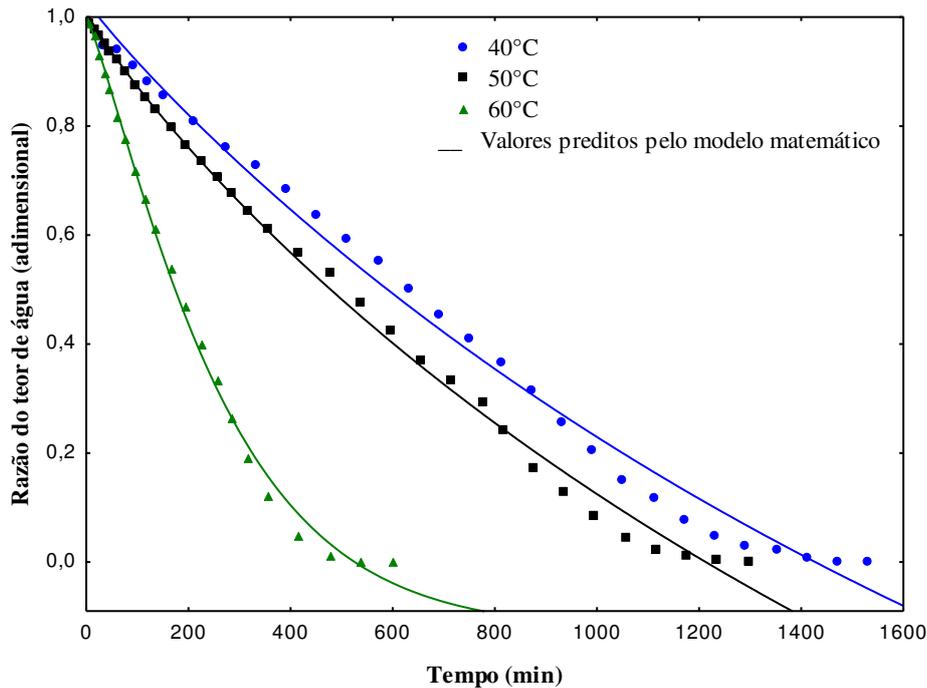


Figura 4.9 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata

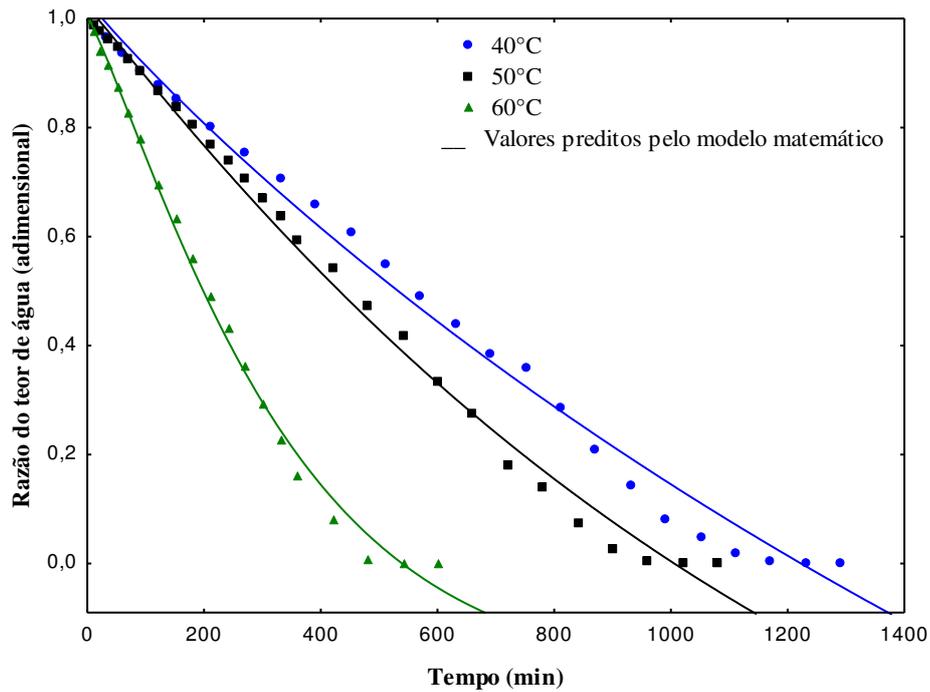


Figura 4.10 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata

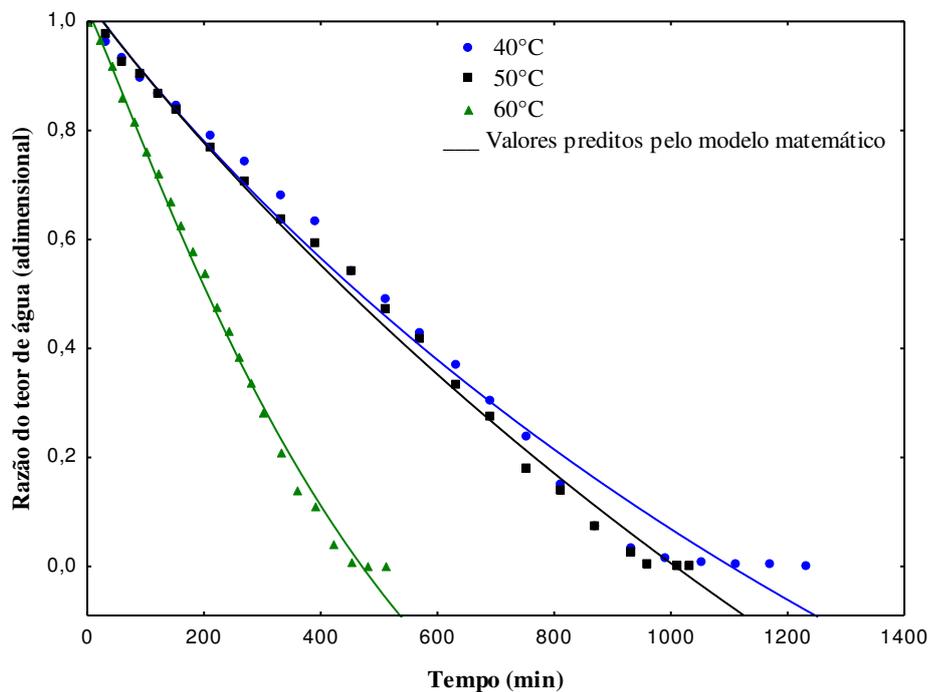


Figura 4.11 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Cavalcanti Mata

Na Tabela 4.13 se encontram os parâmetros do ajuste do modelo de Cavalcanti Mata, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de

biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C. Percebe-se que não houve comportamento definido com a temperatura de secagem nem com o percentual de aditivos para os parâmetros a , a_1 , a_5 e a_6 , mas elevação de a_2 e a_3 com acréscimo da temperatura, além de relação inversamente proporcional para a_4 , ou seja, os valores de a_4 diminuem com elevação da temperatura.

O Desvio quadrático médio (% DQM) e o coeficiente de determinação (R^2) variam, respectivamente, de 17,65% e 99,74% quando se usam 3,5% de aditivos e temperatura de 40 °C para 6,19% e 99,07% ao se usar 1,5% de aditivos e temperatura de 60 °C. Com base nesses parâmetros afirma-se que o Modelo de Cavalcanti Mata é o que melhor ajusta os dados experimentais, por apresentar os maiores R^2 e menores DQM.

Esses resultados são semelhantes ao de MELO et al. (2013) ao analisar a secagem em camada de espuma da polpa do fruto de mandacaru com coeficiente de determinação superior a 0,99 e os menores desvios quadráticos médios, iguais a 0,0001. GOUVEIA et al. (2011), obtiveram $R^2 > 0,99$, ao ajustar este modelo à curva de secagem do feijão preto desidratado em secador de bandeja nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

FERNANDES (2010) obteve, ao estudar a secagem em camada de espuma da polpa de cajá integral com adição de três diferentes concentrações do emulsificante Emustab (1, 2 e 3%), e uma concentração fixa do aditivo Super Liga Neutra (2%), secadas nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, $R^2 > 0,99$ e DQM $> 0,01$. LISBÔA (2010) encontrou ao estudar a secagem em camada de espuma da polpa de figo-da-índia integral adicionada de 2% de Emustab, 0,5% de Super Liga Neutra e 5% de Extrato de Soja, desidratada a 90 °C para este modelo, valores de $R^2 = 0,99$ e DQM = 0,0156.

Com o modelo de Cavalcanti Mata, MELO et al. (2008b) também o consideraram como o melhor modelo na estimativa de curvas de secagem da uva cv. Crympson, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C encontrando $R^2 > 0,9$. UNGULINO (2007) obteve, ao estudar a secagem de passa de jaca desidratada osmoticamente nas concentrações de 40 e 50°Brix, nas temperaturas de 45,60 e 75°C, valor de $R^2 > 0,99$. MENDEIROS (2007) ao determinar a cinética de secagem da polpa de mangaba formulada nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, apresentou coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvios médios inferiores a 0,1.

MARQUES et al. (2007) também indicaram, ao ajustar este modelo às curvas de secagem de caju, com prétratamento osmótico nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, excelente ajuste com coeficientes de determinação superiores a 0,99. CARVALHO et al.

(2007) obtiveram R^2 igual a 0,9562, ajustando este modelo à curva de secagem da polpa de umbu-cajá adicionada de amido modificado na temperatura de 70°C.

Tabela 4.13 – Parâmetros do ajuste do modelo de Cavalcanti Mata, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Concentração de aditivo	Temperatura de secagem	Parâmetros						Coeficientes	
		a1	a2	a3	a4	a5	a6	DQM (%)	R^2 (%)
1,5%	40 °C	1,496701	0,000604	0,711376	1,744259	0,972128	-2,20875	14,85	99,178
	50 °C	1,117051	0,000978	0,862317	1,289775	0,912780	-1,39588	7,76	99,686
	60 °C	1,055222	0,001125	0,915560	1,087079	1,214472	-1,04113	6,19	99,742
2,5%	40 °C	-1,15410	0,000616	0,464876	2,818791	0,932702	-0,632195	14,16	99,074
	50 °C	0,286337	0,000770	0,945128	1,651980	1,052770	-0,916725	11,09	99,479
	60 °C	1,190635	0,000953	1,196538	0,521302	0,543369	-0,709014	7,04	99,635
3,5%	40 °C	0,876783	0,000759	0,682207	2,062164	0,960176	-1,89568	17,65	98,543
	50 °C	3,017927	0,000773	0,951149	1,153603	0,802342	-1,82502	9,91	99,496
	60 °C	1,506372	0,000845	1,144027	1,545251	0,693225	-2,02861	7,90	99,575

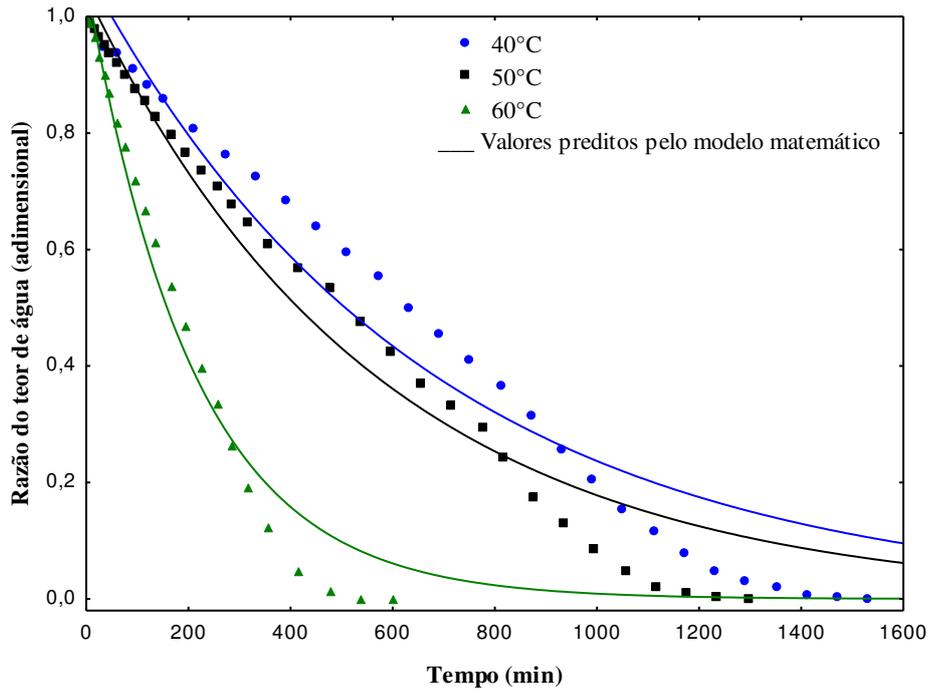


Figura 4.12 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Henderson & Pabis

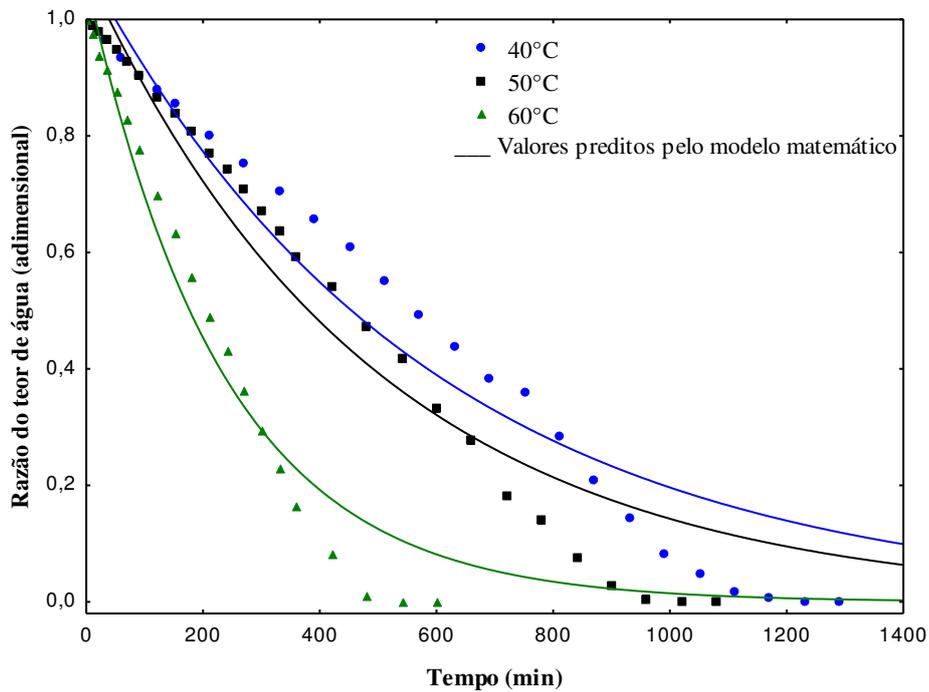


Figura 4.13 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Henderson & Pabis

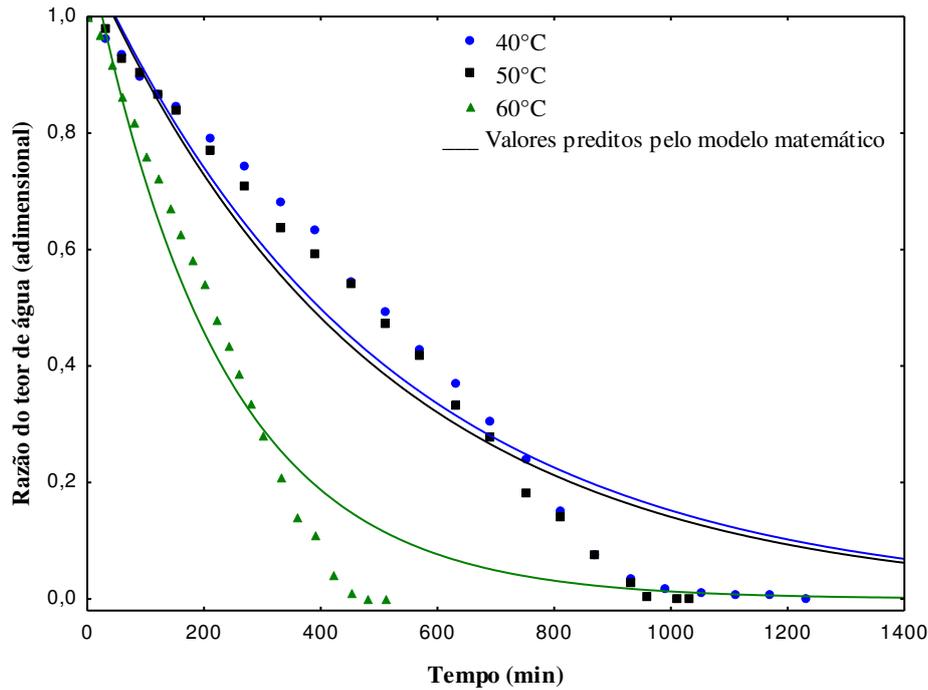


Figura 4.14 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Henderson & Pabis

Estão na Tabela 4.14 os parâmetros do ajuste do modelo de Henderson & Pabis, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de Biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C, na qual os valores do parâmetro a diminuíram e k elevou-se com o aumento da temperatura. Como verificado por KAYA et al. (2007) ao estudarem a cinética de secagem de maçã nas temperaturas de 35, 45 e 55 °C, na velocidade do ar de 0,2m.s⁻¹ e teor de água relativa de 40% por DANTAS (2010) em estudo de polpa de manga Tommy Atkins com variação de temperatura de 60 para 70 °C e ALEXANDRE et al. (2006) estudando a secagem de polpa de pitanga adicionada de agentes emulsificantes, estabilizantes e espessantes, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, FREITAS et al. (2007) ao analisar a cinética de secagem de manga em fatias nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e por SILVA et al. (2008) ao verificar a cinética de secagem de polpa de tamarindo adicionada de 5% de albumina nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C.

MELO et al. (2013) contataram ao analisar o ajuste do modelo do modelo de Henderson & Pabis que o parâmetro K resultou em valores próximos à unidade, o que está de acordo com seu significado físico que representa a condição inicial de secagem, comportamento idêntico ao desta pesquisa.

Tabela 4.14 – Parâmetros do ajuste do modelo de Henderson & Pabis, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Concentração de aditivo	Temperatura de secagem	Parâmetros		Coeficientes	
		a	k	DQM (%)	R^2 (%)
1,5%	40 °C	1,078744	0,001516	36,52	94,487
	50 °C	1,042120	0,001767	19,74	96,844
	60 °C	1,021855	0,004761	20,97	97,783
2,5%	40 °C	1,089365	0,001713	34,48	93,640
	50 °C	1,083130	0,002027	36,36	94,818
	60 °C	1,069377	0,004288	24,58	96,668
3,5%	40 °C	1,100492	0,001980	35,78	93,686
	50 °C	1,097918	0,002053	35,36	93,912
	60 °C	1,000756	0,004470	32,49	94,235

Para o DQM foram obtidos resultados variando entre 36,52% a 19,74% e $97,783 < R^2 > 93,640\%$, próximos aos encontrados por SILVA et al. (2008) ao estudar a cinética de secagem de polpa de tamarindo em camada de espuma em temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C, respectivamente iguais a 0,9721; 0,9706; 0,9736; de maneira diferente tem-se as pesquisas de BABALIS et al. (2006) que, ao analisar a secagem de figo da índia nas temperaturas de 55 a 85°C e velocidade de ar de secagem de 1ms^{-1} , encontrou-se $R^2 > 0,99$.

DOYMAZ (2004 a) ao avaliar a cinética de secagem de amora, na temperatura de 50 °C e velocidade do ar de secagem de $1,0\text{ m s}^{-1}$, encontraram R^2 igual a 0,984 e DQM 0,03435. DOYMAZ (2004 b), ao trabalhar com a secagem de ameixas na temperatura de 65 °C encontrou para os modelos de Page e Henderson & Pabis, valores de coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,03, enquanto GOYAL et al. (2006) também obtiveram, ao avaliar a cinética de secagem de manga, para os modelos de Page e Henderson & Pabis $R^2 > 0,98$.

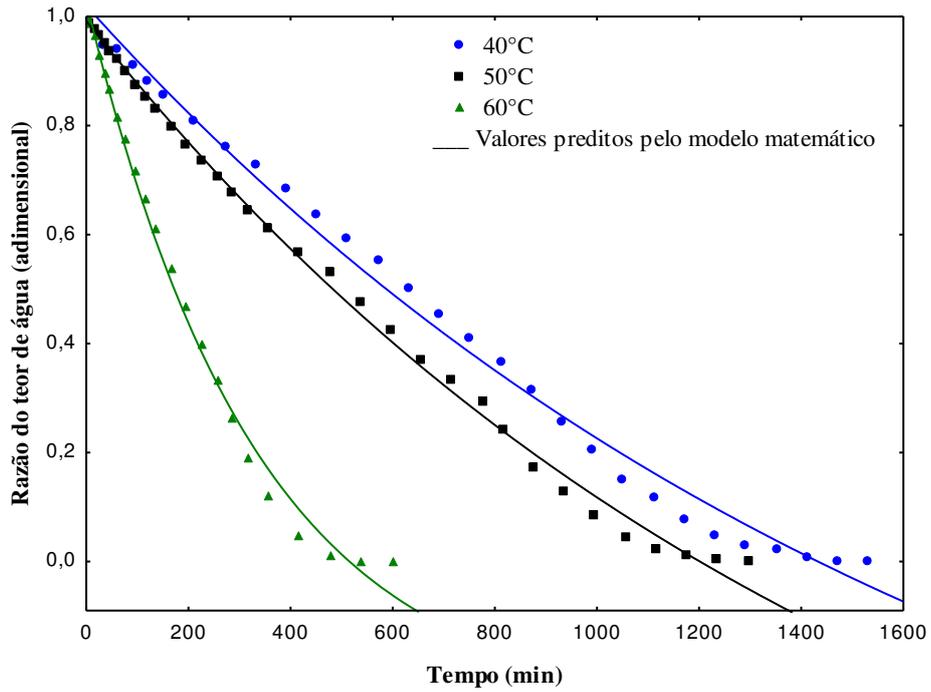


Figura 4.15 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Logarítmico

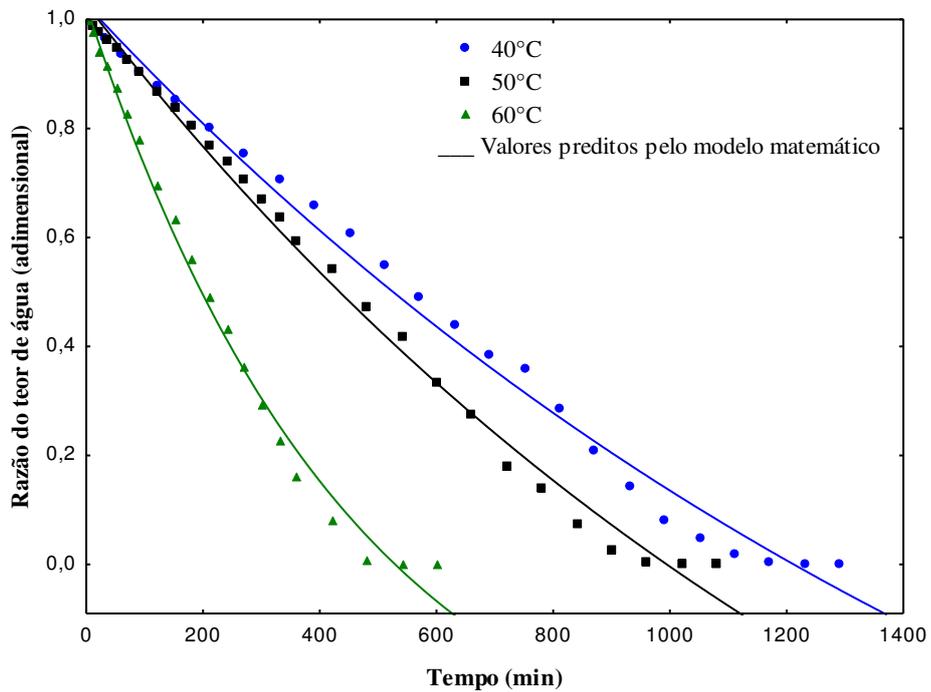


Figura 4.16 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Logarítmico

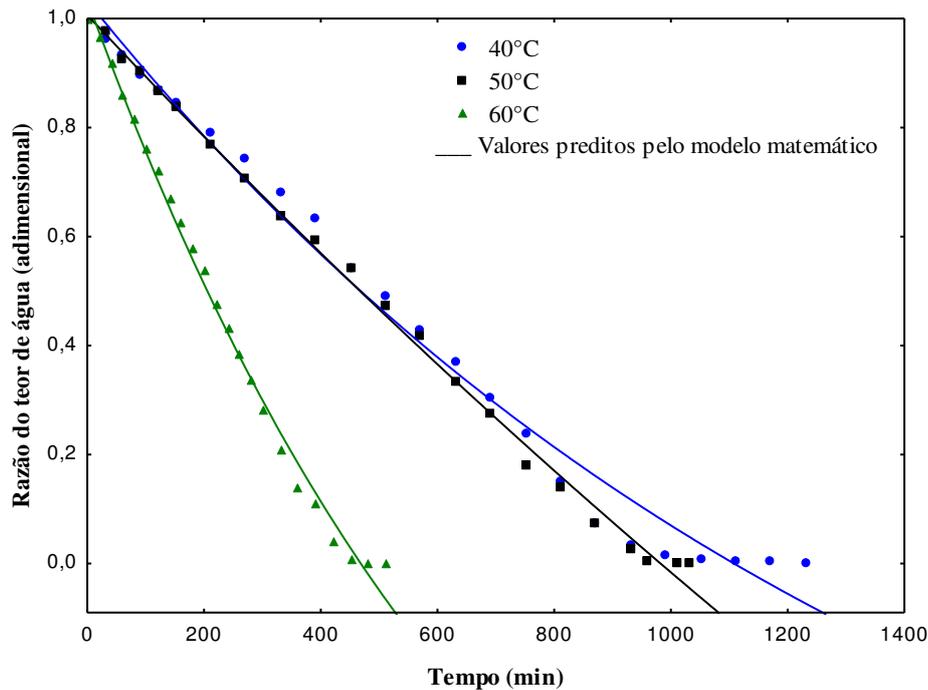


Figura 4.17 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Logarítmico

Na Tabela 4.15 se encontram os parâmetros do ajuste do modelo de Logarítmico, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de Biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Nota-se que o parâmetro a diminui com o aumento da temperatura de secagem comportamento este semelhante ao encontrado por SILVA FILHO (2012), ao analisar a cinética de secagem de manga, e inverso ao apresentado por LIMA et al. (2007) no estudo da cinética de secagem de polpa de facheiro na faixa de temperatura entre 50 e 70 °C. Para o parâmetro k a relação foi diretamente proporcional, ou seja, aumentou quando a temperatura elevou-se; comportamento similar foi verificado por FREITAS et al. (2007) ao estudarem a cinética de secagem de manga em fatias nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e contrário ao encontrado por MOZELLE (2009) em estudo de secagem de caldo de cana em camada de espuma a 50, 60 e 70 °C. Em relação ao parâmetro c não percebe-se comportamento definido em relação a temperatura de secagem e concentração de aditivo utilizado neste estudo para elaboração de biribá em pó pelo método de secagem camada de espuma.

Tabela 4.15 – Parâmetros do ajuste do modelo de Logarítmico, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Concentração de aditivo	Temperatura de secagem	Parâmetros			Coeficientes	
		a	K	c	DQM	R^2 (%)
1,5%	40 °C	1,829682	0,000569	-0,809633	13,21	99,236
	50 °C	1,841199	0,000644	-0,849140	7,82	99,724
	60 °C	1,303955	0,003014	-0,275724	9,44	99,470
2,5%	40 °C	2,161456	0,000532	-1,13414	12,37	99,128
	50 °C	2,214976	0,000627	-1,18709	11,28	99,455
	60 °C	1,490143	0,002202	-0,464584	10,41	99,346
3,5%	40 °C	2,945545	0,000683	-0,912668	12,91	99,649
	50 °C	2,096373	0,000824	-4,08965	6,56	99,715
	60 °C	2,008078	0,001340	-1,18354	9,21	99,440

Os coeficientes de determinação (R^2) são superiores a 99% atingindo até 99,72% e desvio quadrático médio (DQM) é inferior a 13,21%.

REIS et al. (2011), verificaram, em estudos com secagem da pimenta Cumari do pará, nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C que apresentou os R^2 todos superiores a 0,99 e DQM inferiores a 0,01. Segundo MOHAPATRA e RAO (2005), valores inferiores a 0,01 de desvios quadráticos médios, são recomendados para a seleção de modelos.

Comportamento semelhante foi encontrado por CABRAL et al. (2006) em estudo de cinética de secagem de casca de manga Tommy Atkins encontrando $R^2 > 0,99$ nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e desvio quadrático médio inferior a 0,0040.

Esse modelo com três parâmetros, foi um dos que resultaram nos melhores ajustes apresentando os maiores R^2 e menores DQM em todas as temperaturas, sendo o segundo melhor modelo, pois Cavalcanti Mata apresentou seis parâmetros DQM inferiores ao deste modelo sendo Cavalcanti Mata selecionado como o melhor modelo que se ajustou aos dados experimentais.

Tem-se, nas Figuras 4.18 a 4.20, as curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando-se o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60°C com ajuste no modelo matemático de Midilli, nestas percebe-se comportamento diferente das curvas obtidas pelos demais modelos testados, ou seja, tem-se um cruzamento das curvas preditas pelo modelo de Midilli, porém não

encontrou-se na literatura, justificativa para este efeito, o qual também foi relatado nas pesquisas de AMARAL (2011) ao verificar técnicas para obtenção de coco da Bahia desidratado utilizando-se como prétratamento, a desidratação osmótica nas concentrações de 25, 35 e 45°Brix e temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C.

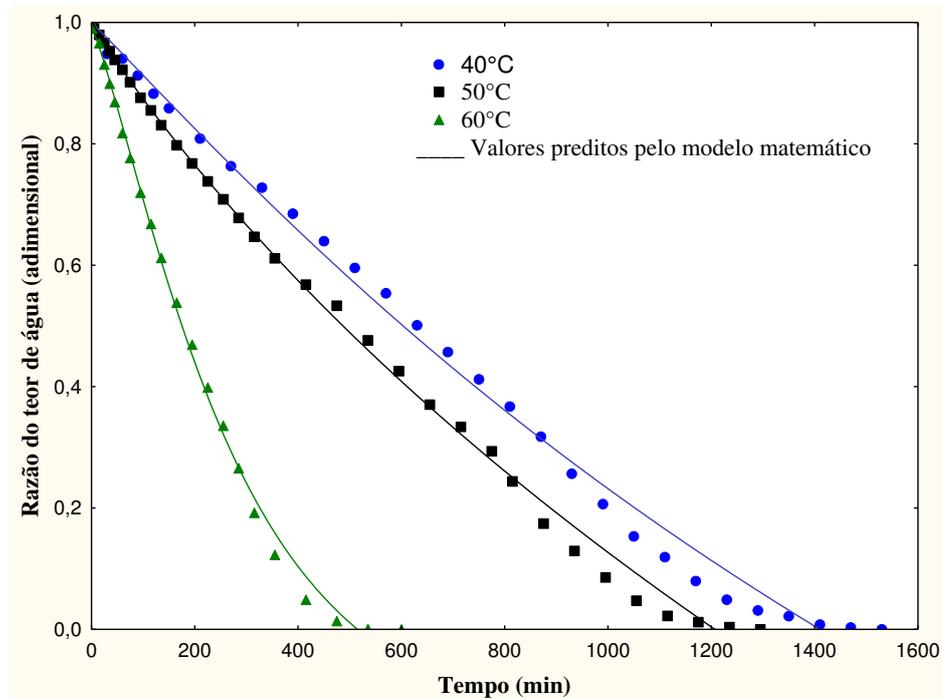


Figura 4.18 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Midilli

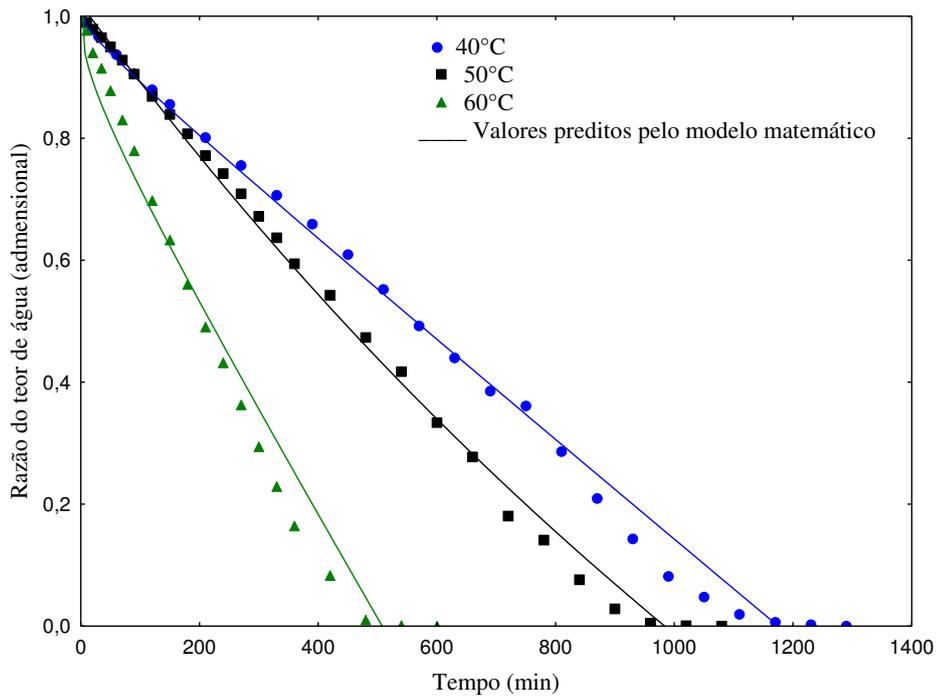


Figura 4.19 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Midilli

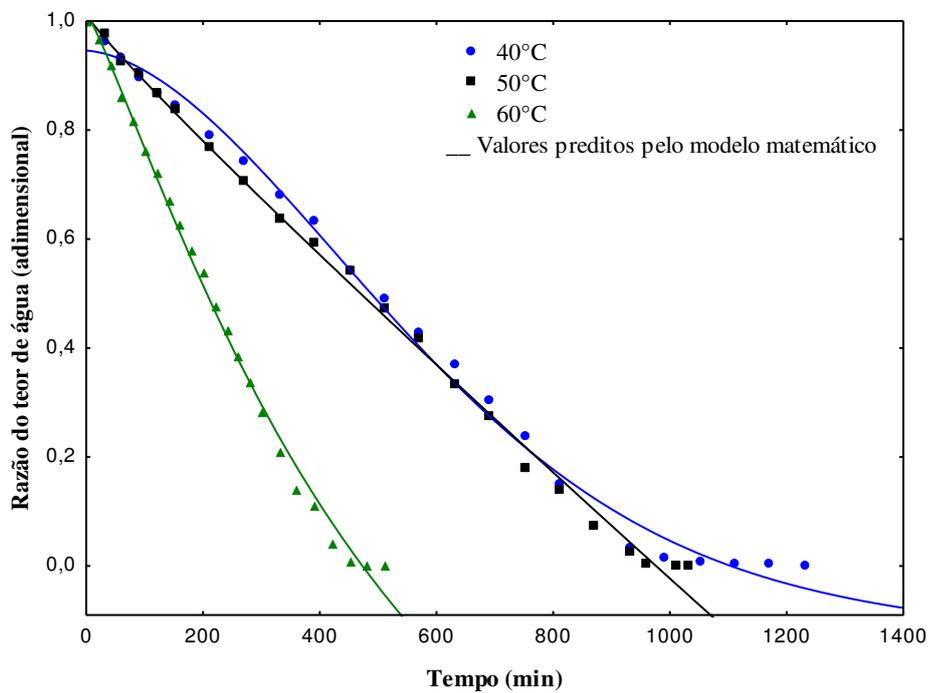


Figura 4.20 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Midilli

Na Tabela 4.16 verifica-se os parâmetros do ajuste do modelo de Midilli, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá

desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C percebendo-se que nenhum dos parâmetros em estudo, a, k, n e b apresenta comportamento específico com a variação de temperatura e concentração de aditivos utilizadas para elaboração de biribá em pó. Os valores de DQM são elevados, atingindo até 63, 45 e os R² variam entre 99,59 e 84,255. Analisando todos estes parâmetros e o comportamento das curvas preditas pelo modelo, verifica-se que esse não se ajusta, de forma satisfatória, aos dados experimentais da cinética de secagem pelo método camada de espuma e polpa de biribá.

Tabela 4.16 – Parâmetros do ajuste do modelo de Midilli, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R²) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Concentração de aditivo	Temperatura de secagem	Parâmetros				Coeficientes	
		a	K	n	B	DQM (%)	R ² (%)
1,5%	40 °C	0,755734	-0,057600	0,000000	-0,000447	63,45	84,255
	50 °C	1,003093	0,001567	0,908214	-0,000314	4,01	99,700
	60 °C	0,990857	0,001031	1,239331	-0,000176	6,54	99,712
2,5%	40 °C	1,03105	-0,036204	0,000000	-0,000664	35,44	94,292
	50 °C	1,018438	0,000768	1,025715	-0,000417	10,04	99,488
	60 °C	0,700405	-0,173658	0,000000	-0,001447	44,56	88,219
3,5%	40 °C	0,946027	0,000008	1,813466	-0,000069	10,55	99,373
	50 °C	1,012535	0,001291	0,748153	-0,000828	0	99,681
	60 °C	1,015179	0,000848	1,198220	-0,000552	0	99,597

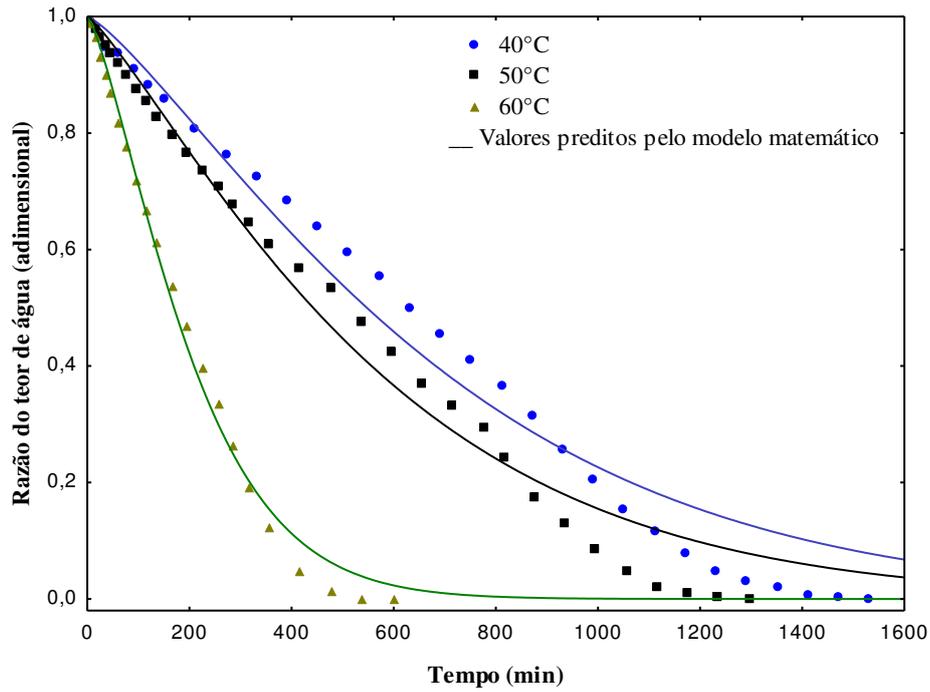


Figura 4.21 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Page

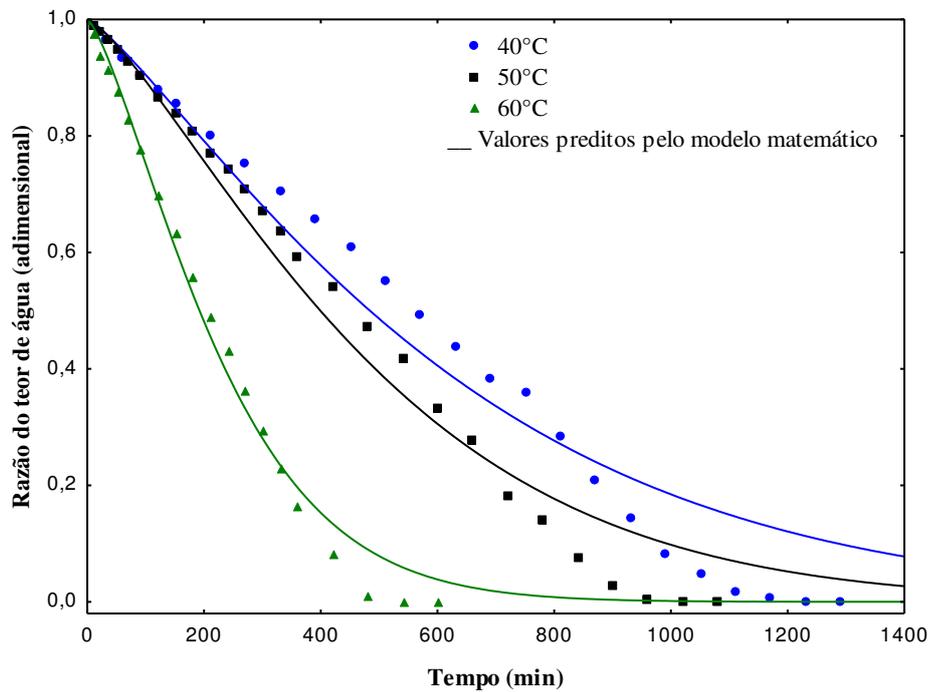


Figura 4.22 – Curvas de secagem da polpa de biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 2,5 % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Page

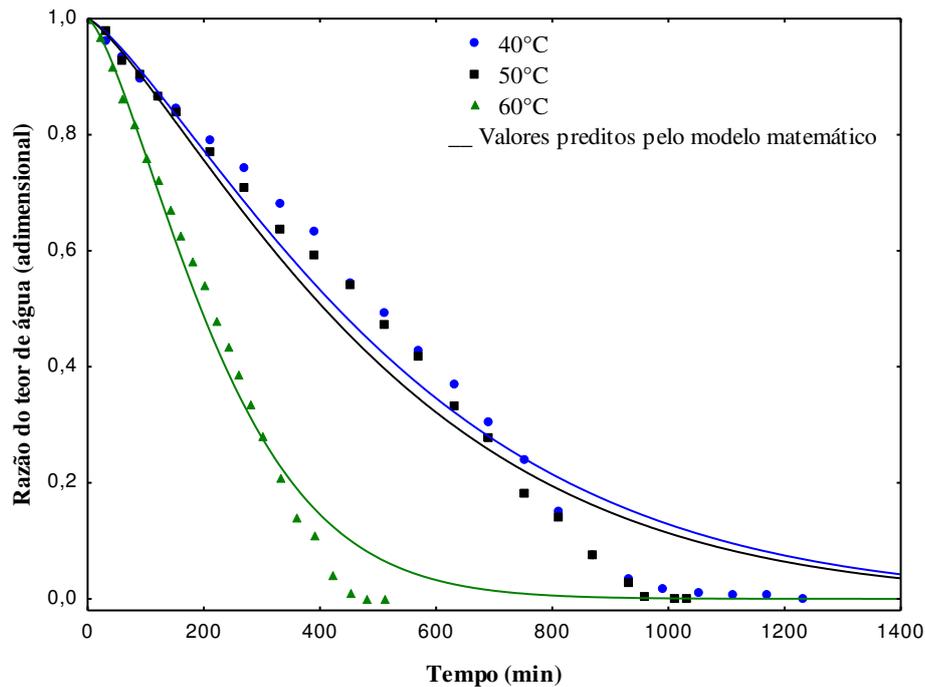


Figura 4.23 – Curvas de secagem da polpa de Biribá obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 3,5b % de aditivo e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C com ajuste no modelo matemático de Page

Percebem-se na Tabela 4.17, os parâmetros do ajuste do modelo de Page, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Nota-se que os parâmetros K e n apresentaram a mesma tendência de elevação com acréscimo de temperatura; os valores de DQM estão entre $10,38 < DQM > 28,14$ e $95,973 < R^2 > 99,441$, semelhante ao de DOYMAZ (2008) ao estudar a secagem de morango nas temperaturas de 50, 55 e 65°C com $R^2 > 0,99$, DANDAMRONGRAK et al. (2002) ao estudar a cinética de secagem de banana na temperatura de 50°C, encontraram $R^2 = 0,99$ e $DQM < 0,0150$.

FURTADO et al. (2010) também encontraram, para o modelo de Page $R^2 > 0,99$ ao estudar a secagem em camada de espuma da polpa de seriguela nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. ALEXANDRE et al. (2009) obtiveram, analisando secagem de abacaxi pérola em fatias nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, $R^2 = 0,97$.

Tabela 4.17 – Parâmetros do ajuste do modelo de Page, desvio quadrático médio (DQM) e Coeficiente de determinação (R^2) para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Concentração de aditivo	Temperatura de secagem	Parâmetros		Coeficientes	
		k	n	DQM	R^2 (%)
1,5%	40 °C	0,000236	1,166384	26,46	97,129
	50 °C	0,000427	1,213399	20,37	98,272
	60 °C	0,000709	1,340764	10,38	99,441
2,5%	40 °C	0,000348	1,228710	28,14	95,973
	50 °C	0,000389	1,317573	21,08	97,866
	60 °C	0,000541	1,360543	11,80	99,085
3,5%	40 °C	0,000279	1,288767	26,83	96,607
	50 °C	0,000324	1,375768	24,34	96,566
	60 °C	0,000382	1,423017	16,45	98,218

É possível verificar que o tempo necessário para desidratar polpa de biribá até o teor de água de equilíbrio, é diretamente influenciado pelo método e pela temperatura de secagem. Observa-se que o produto desidratado pelo método camada de espuma, obteve, na maior temperatura maior taxa de secagem e conseqüentemente alcançou teor de água de equilíbrio em menor tempo quando comparado com o liofilizado. Segundo BORGES et al. (2008) as altas taxas de secagem são alcançadas quando se eleva a temperatura ou velocidade do ar, ocasionando um aumento no coeficiente de difusão do teor de água e alcançando-se o mais rapidamente o teor de água desejado. Entretanto, de acordo com MARQUES (2008) o processo de liofilização se mostra eficiente frente as características sensoriais dos produtos apesar de proporcionar maiores tempos de secagem.

Os comportamentos das curvas de secagem observadas para o biribá independente do método aplicado, são típicos de secagem de material biológico em que a taxa de secagem ocorre, inicialmente, em período constante e decresce à medida que o volume de água vai diminuindo da matriz até atingir o período constante (MARQUES, 2008; PARK et al., 2001).

Observa-se, ainda, que todos os modelos utilizados são apropriados para descrever os dados de secagem de ambos os métodos podendo ser utilizados nas estimativas de curvas de secagem pelo método camada de espuma e liofilização de polpa de biribá, levando-se em consideração que os valores dos coeficientes de correlação foram

superiores a 84%, contudo os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais foram os de Cavalcanti Mata e Logarítmico com R^2 em torno de 99,742%, porém como utiliza-se para definição do melhor modelo o maior R^2 e menor DQM, pode-se afirmar que este comportamento se deu para o modelo de Cavalcanti Mata, nos dois métodos de secagem estudados. MELO et al. (2013) afirmam que tal comportamento é esperado em razão de, quanto maior o número de parâmetros de um modelo melhor é o ajuste.

4.5- Caracterização das amostras em pó

Verificam-se na Tabela 4.18, os valores médios da caracterização da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o processo de liofilização.

Tabela 4.18 – Valores médios da caracterização da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando a liofilização

PARÂMETRO	MÉDIA ± DESVIO
Teor de água (%b.u)	22,81 ± 1,05
pH	4,63 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	3,19 ± 0,02
Lipídeo (g/100g)	0,10 ± 0,00
Proteína (mg /100g)	3,24 ± 0,01
Vitamina C (mg/100g)	17,92 ± 0,21
Açúcares totais (%)	56,33 ± 0,37
Açúcares redutores (%)	40,93 ± 0,19
Açúcares não redutores (%)	14,63 ± 0,35
Atividade de água (25°C)	0,27 ± 0,01
Luminosidade (L*)	91,37 ± 0,14
Intensidade de vermelho (+a*)	1,11 ± 0,06
Intensidade de amarelo (+b*)	12,71 ± 0,08
Cinzas (%)	2,15 ± 0,09
Rendimento(%)	16,33 ± 2,28

O teor de água foi de 22, 81% e na atividade de água 0,27 ocorreu redução de 60,59% quando comparado com o teor da polpa *in natura*. MENEZES et al. (2008)

obtiveram ao analisar o valor nutricional da polpa de açaí liofilizada 4,92g/100g. O teor de água do pó liofilizado se mantém dentro dos padrões estabelecidos pela agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para produtos desidratados. A resolução RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005 da Anvisa preconiza que produtos de frutas secas ou desidratados devem apresentar no máximo 25% do teor de água (BRASIL, 2005 a).

A polpa em pó apresenta pH de 4,63 e acidez em ácido cítrico de 3,19, semelhante ao valor encontrado por MOREIRA et al. (2012) ao analisarem a manga liofilizada, 3,28%; e inferior ao encontrado por MENEZES et al. (2009), 8,50%, estudando o armazenamento da polpa da acerola liofilizada.

Em relação ao teor de lipídeos e proteínas, não houve grandes mudanças em relação à polpa *in natura*, enquanto para vitamina C, cinzas, açúcares totais, redutores e não redutores, constatou-se concentração desses valores, ou seja, como o teor de água foi reduzido ocorreu, conseqüentemente elevação desses parâmetros.

Na análise da cor da polpa *in natura*, segundo os parâmetros L*, a* e b* verificou-se predominância da cor branca (L*=91,37) e da amarela (b*=12,71) sobre a vermelha (a*=1,11), tal como nas pesquisas de MOREIRA et al. (2012) ao analisarem a polpa de manga liofilizada, sendo os valores de L*= 52,20, a*= -2,01 e b*= 19,20; o percentual de rendimento foi de 16,33%.

4.5.1- Características físicas, químicas e físico-químicas da polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma

Tem-se nas Tabelas 4.19 a 4.33, respectivamente, os valores médios do teor de água (% b.u), atividade de água, acidez total titulável, pH, ácido ascórbico, lipídeos, proteínas, açúcares totais, redutores e não redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo, rendimento e cinzas da polpa de biribá em pó, obtido pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

4.5.1.1- Características físicas da polpa em pó obtido por secagem em camada de espuma

Verifica-se, na Tabela 4.19, que os valores médios de atividade de água nas duas concentrações de aditivos, 1,5 e 2,5% e temperaturas de secagem os valores diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade; já para 3,5% de aditivos os

valores são iguais a 40 e 50 °C e diferentes a 60 °C. Analisando a temperatura de 40 °C constata-se que os valores foram iguais quando usou-se 1,5 e 2,5% de aditivos, tal como para 50 e 60 °C estatisticamente iguais aos valores das concentrações 2,5 e 3,5%.

Tabela 4.19 – Valores médios de atividade de água da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	0,419 aA	0,312 bB	0,312 aB
2,5	0,407 aA	0,357 aB	0,331 aC
3,5	0,369 bA	0,372 aA	0,335 aB

DMS para colunas = 0.0236; DMS para linhas = 0.0236; MG = 0.35659; CV = 3,18%. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Todos os valores de atividade de água apresentados na Tabela foram inferiores a 0,41 o que, de acordo com AZEREDO et al. (2004), trata-se de alimentos de baixa atividade de água ($a_w < 0,60$) nos quais não há crescimento de microrganismos, embora eles possam sobreviver. Segundo FRANCO e LANDGRAF (2008) alimentos com $a_w < 0,60$ são considerados microbiologicamente estáveis.

Na Tabela 4.20 tem-se a luminosidade para a polpa de biribá em pó, nota-se diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade nos valores não apenas nas concentrações de aditivos mas também nas temperaturas de secagem. Percebe-se que estes ficaram próximos a 100, indicando coloração branca, exceto para a concentração de aditivo 1,5% e temperatura de secagem 40°C. Pode ter ocorrido escurecimento enzimático já que nesta temperatura o processo de secagem se deu no maior tempo.

Parâmetro próximo de 100 também foi encontrado por SOUZA (2011) ao analisar as características físico-químicas da polpa de cupuaçu desidratadas em leite de espuma com adição de albumina, Emustab, Superliga neutra e maltodextrina nas concentrações 2,5, 5, 7,5 e 10% em massa e liofilizada sem aditivos.

Comparando os valores da polpa em pó com a polpa integral sugere-se que ocorreu uma elevação após a secagem; antes era 65,26 e depois passou a uma média de 78, devido ao uso dos aditivos utilizados na secagem em camada de espuma.

Tabela 4.20 – Valores médios de luminosidade (L*) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	44,68 cC	82,59 cA	80,64 bB
2,5	73,34 bC	86,39 aA	84,20 aB
3,5	83,52 aA	83,34 bA	80,38 bB

DMS para colunas = 0.6195; DMS para linhas= 0.6195; MG = 77.67815; CV = 0,38 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Verifica-se, na Tabela 4.21, predominância na coloração de intensidade de vermelho quando comparado com a polpa integral, que é verde, -2,61 e constata-se que nas concentrações de aditivos 1,5 e 3,5% houve redução da intensidade de vermelho com a elevação da temperatura. Percebe-se que os valores variaram de 7,59 na concentração de aditivo 1,5% e temperatura de secagem 40°C a 1,44 em 3,5% e 50°C.

Tabela 4.21 – Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	7,59 aA	1,77 aC	4,42 aB
2,5	1,87 cB	1,53 aC	2,28 bA
3,5	4,57 bA	1,47 aC	2,29 bB

MS para colunas = 0.2462 ; DMS para linhas= 0.2462 ; MG =2.99037 ; CV = 3.95 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Observam-se, na Tabela 4.22 os valores da intensidade de amarelo (+b*) da polpa de biribá em pó; ressalta-se que a menor e maior intensidade de amarelo ocorreram quando usou-se 1,5% de aditivos nas temperaturas de secagem de, respectivamente, 40 e 60 °C.

Verificam-se diferenças estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade entre as temperaturas estudadas, percebendo-se que com o aumento da temperatura de secagem ocorreu elevação dos valores da intensidade amarelo,

comportamento semelhante ao observado por QUEK et al. (2007) ao estudarem a influência da temperatura do ar de secagem em polpa de melancia nas temperaturas (145, 155, 165 e 175 °C).

Segundo DAMODARAM et al. (2010) o desenvolvimento de alterações na cor durante o processamento térmico de alimentos, é resultado principalmente de reações não enzimáticas e destruição dos pigmentos presentes.

Tabela 4.22– Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	9,70 bC	20,28 bB	25,36 aA
2,5	18,60 aC	20,29 bB	22,93 bA
3,5	19,23 aB	21,27 aA	21,87 cA

DMS para colunas = 0.7040; DMS para linhas = 0.7040; MG = 19.95185; CV = 1.67 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Observa-se, na análise de rendimento para obtenção de polpa em pó de biribá, Tabela 4.23, que nenhuma das médias diferiu estatisticamente entre as três concentrações de aditivos e temperaturas de secagem, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, notando-se um rendimento médio de 15,5 %, semelhante ao encontrado por VIANA JUNIOR (2010), em estudo de secagem convencional de banana em pó nas temperaturas de 55 e 80 °C, quando encontrou 15,10 e 14,60 respectivamente e RODRIGUES et al. (2006) ao analisarem o rendimento de maçã Fuji desidratada em secador convencional na temperatura de 70 °C, sendo os valores inferiores a 15,7%.

Diferentemente, desses tem-se os de SILVA FILHO (2012) verificando-se rendimento médio de 18,5% e que na temperatura de 50, 60 e 70 °C o rendimento das amostras em pó aumentou quando a espessura elevou-se de 0,5 a 1,5cm, na ordem de 9,66, 9,16 e 6,60, respectivamente.

Tabela 4.23 – Valores médios de rendimento (%) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	15,74 aA	15,67 aA	15,89 aA
2,5	15,60 aA	15,45 aA	15,40 aA
3,5	15,45 aA	15,21 aA	15,27 aA

DMS para colunas = 0.6926; DMS para linhas= 0.6926; MG = 15.21741; CV =2.18%. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

4.5.1.2- Características químicas da polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma

Os valores de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de biribá em pó estão na Tabela 4.24; verifica-se que os valores são superiores aos da polpa do fruto integral em razão da água evaporada concentrar o teor de ácido ascórbico, exceto quando o processo de desidratação acontece na temperatura de 60 °C.

Observa-se que, com o aumento da temperatura, os valores são significativamente menores, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para todas as concentrações de aditivos analisadas. Alguns pesquisadores obtiveram resultados diferente deste, ou seja, havendo elevação do teor de ácido ascórbico quanto maior for a temperatura de secagem. A superioridade dos valores de ácido ascórbico na maior temperatura de secagem se deve, provavelmente, ao menor tempo durante a desidratação, afirma MELO (2008).

Esta superioridade dos valores com o aumento da temperatura foi verificada por SILVA et al. (2008) para a polpa de tamarindo desidratada por secagem em camada de espuma nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. Os autores relacionam as maiores reduções ao maior tempo de exposição do produto ao ar de secagem e a elevada atividade de água e ao teor de água, presentes na amostra.

Segundo SINGH e LUND (1984) entre os fatores que influenciam a degradação de vitamina C, se encontram-se a temperatura, atividade de água, pH, presença de oxigênio

e íons metálicos. Sabe-se, também, que a estabilidade do ácido ascórbico decresce com o aumento da atividade de água UDDIN et al. (2001).

Embora a maior sensibilidade das vitaminas seja atribuída, geralmente, a fatores ambientais como luz, oxigênio e temperatura, a atividade de água também influencia, de maneira importante mas ainda insuficientemente compreendida, na degradação desses compostos. Em geral, as reações químicas são mais lentas na medida em que a atividade de água diminui, dado em que, durante a secagem a temperatura do produto aumenta ao passo que a atividade de água diminui, a constante de velocidade pode aumentar quando o efeito da temperatura é dominante, sendo que pode diminuir mais tarde, quando a influência da atividade da água inferior torna-se o fator dominante (GOULA ADAMOPULOS, 2005)

Tabela 4.24 – Valores médios de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	16,02 aA	15,68 aA	8,38 aB
2,5	10,15 bA	9,51 cA	7,85 aB
3,5	15,44 aA	13,87 bB	7,98 aC

DMS para colunas = 0.9797 ; DMS para linhas= 0.9797 ; MG =11.65729; CV = 4.03 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Percebem-se na Tabela 4.25 os valores dos lipídeos que estes não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade quando são usados diferentes concentrações de aditivos e temperaturas de secagem. Nota-se, ainda, que os valores são próximos ao encontrado na fruta *in natura* que foi de 0,17%. MENEZES et al. (2008) obtiveram ao analisar a popa de açaí liofilizada obtiveram 40,75g/100g.

Tem-se na Tabela 4.26 as quantidades de proteína das polpas em pó de biribá, e que em relação a todos os tratamentos os valores da proteína não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade sendo uma média de 2,2% comparando-se este com o percentual obtido para a polpa *in natura* contata-se que houve uma redução de pouco mais de 50%, o que pode ter ocorrido em razão de durante o processo de desidratação, ocorrer a desnaturação de algumas substâncias.

Quando esta desnaturação proteica, ocorre, os grupos hidrofóbicos das proteínas são expostos e se atraem mutuamente formando ligações cruzadas, do tipo dissulfeto, que promovem a formação de estruturas tridimensionais capazes de reter água e produzir modificações originando o ponto de gel, o qual ocorre após a proteína atingir a temperatura de desnaturação (ELLEPOLA e MA, 2006).

Conforme PEREDA et al. (2005) qualquer alimento que contenha proteínas e seja aquecido, mesmo em temperaturas amenas e durante pouco tempo, sofre perda de aminoácidos e, portanto, de seu valor nutritivo.

Tabela 4.25 – Valores médios de lipídeos (%) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	0,11 aA	0,09 aA	0,09 aA
2,5	0,09 aA	0,09 aA	0,09 aA
3,5	0,10 aA	0,08 aA	0,08 aA

DMS para colunas =0.0238; DMS para linhas= 0.0238; MG = 0.09150; CV =2,50 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Tabela 4.26 – Valores médios de proteínas (%) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	2,19 aA	2,19 aA	2,08 aA
2,5	2,14 aA	2,19 aA	2,24 aA
3,5	2,17 aA	2,31 aA	2,26 aA

DMS para colunas=0.1834; DMS para linhas=0.1834; MG = 2.20158; CV = 4 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Nota-se nos açúcares totais, Tabela 4.27, que quando se usaram 1,5 e 2,5% nas temperaturas de 50 e 60 °C os valores os valores estatisticamente foram iguais a 5% de

probabilidade; já com 3,5% de aditivos todos os valores foram, nas três temperaturas, diferentes estatisticamente. Analisando cada temperatura observa-se que a 40°C os valores nas concentrações 1,5 ; 2,5 e 3,5% são diferentes enquanto 1,5 e 2,5% são iguais a 50°C e a 60 °C nas concentrações de 1,5; 2,5 e 3,5% são estatisticamente iguais; verifica-se ainda que os percentuais são praticamente o dobro da polpa *in natura* (23,5%) e o maior valor foi obtido quando foram usados 3,5% de ativos e 60% enquanto o menos foi com 2,5% de aditivos a 40 °C.

Tabela 4.27 – Valores médios de açúcares totais (%) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	40,41 aB	44,67 aA	45,37 aA
2,5	37,04 cB	45,36 aA	45,70aA
3,5	39,21 bC	42,18 bB	46,22 aA

DMS para colunas =0.9575; DMS para linhas= 0.9575; MG = 42.89690; CV = 1.07 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Para os açúcares redutores analisando a Tabela 4.28, constata-se que variaram de 32,47% ao se usar 2,5% de aditivos e fez-se a desidratação a 40°C a 39,39 % para a concentração de aditivo 3,5% e 60 °C, sendo o valor médio de 36,8%, superiores aos encontrados por SOUZA (2011) ao analisar a qualidade da polpa de cupuaçu desidratada, 14,38%. BASTOS et al. (2005) verificaram, em estudos com polpa de manga desidratada a 70 e 85 °C, valores de açúcares redutores de 5,34 e 5,39% e inferiores aos de SOARES et al. (2001) em estudo com polpa de acerola desidratada pelo método de secagem em camada de espuma, 43,22%; MELO (2008c) em análise da polpa de mandacaru em pó em que percebe-se o maior percentual na Formulação 1 com 0,5 cm de espessura da camada de espuma (mm) e 70 °C, 83,94%.

Tabela 4.28 – Valores médios de açúcares redutores (% glicose) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	35,46 aB	37,31 bA	39,25 aA
2,5	32,47 bB	39,35 aA	39,68 a A
3,5	34,11 abC	37,19 bB	39,39 a A

DMS para colunas = 1.9771; DMS para linhas=1.9771; MG = 37.13807; CV =2,55 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Constatam-se na Tabela 4.29 que as médias dos valores de açúcares não redutores foram de 5,34% , inferiores ao encontrado por (SOUZA, 2011) estudando a qualidade do pó de polpa de cupuaçu de 30,44%. Percebe-se, ainda, uma tendência de aumento com a elevação da temperatura usada na desidratação. Para as concentrações 1,5 e 2,5% de aditivos os valores nas temperaturas de 50 e 60 °C são estatisticamente iguais e diferentes da concentração 3,5% cujos percentuais obtidos foram iguais quando a polpa foi desidratada na temperatura de 40 e 50 °C. Analisando os valores dos açúcares não redutores em cada temperatura observa-se que os valores são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 4.29 – Valores médios de açúcares não redutores (%) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	4,69 aB	5,81 aA	5,89 aA
2,5	4,33 aB	5,63 abA	5,70 aA
3,5	4,84 aB	4,74 bB	647 aA

DMS para colunas = 0.982; DMS para linhas= 0.982; MG =5.34848 ; CV = 8,81 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação

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

Na Tabela 4.30 estão os valores médios de cinzas (%) percebendo-se diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade nos valores obtidos com as concentrações de aditivos e as temperaturas utilizadas na desidratação; os valores variaram de 2,97 na concentração de 2,5% de aditivo a 2,3 em 3,5% de aditivos, ambos na

temperatura de 40 °C; os percentuais de cinzas foram dez vezes superiores quando comparados com a polpa integral, em virtude de parte da água existente no material ter sido evaporada.

Tabela 4.30 – Valores médios de cinzas (%) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	2,76 bB	2,85 aA	2,60 cC
2,5	2,97 aA	2,65 cC	2,91 aB
3,5	2,34 cC	2,74 bB	2,87 bA

DMS para colunas =0.0170; DMS para linhas=0.0170; MG = 0.0170; CV =1,30 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

4.5.1.3- Características físico-químicas da polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma

Na Tabela 4.31 percebe-se, nos teores de água, diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade entre as duas concentrações de aditivos 1,5 e 3,5% nas três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C, condições em que houve redução do teor de água com a elevação da temperatura. Analisando as três concentrações de aditivos nas temperaturas de 40 e 60°C observa-se que o valor para o teor de água foi estatisticamente igual quando usados 1,5 e 3,5% de aditivos enquanto para a temperatura de 50°C nos três percentuais os teores de água são iguais. De acordo com BRASIL (2005 a) o teor de água máximo para produtos de frutas desidratadas é de 25%, percebe-se que neste estudo as concentrações de aditivos 1,5 e 3,5% ficaram acima deste valor podendo causar alterações mais aceleradas.

Tabela 4.31 – Valores médios do teor de água (% b.u) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	27,95 aA	23,00 aB	20,77 b C
2,5	24,73 bA	23,91 aA	23,41 aA
3,5	27,18 aA	23,55 aB	20,85 bC

DMS para colunas = 2.0068 ; DMS para linhas=2.0068 ; MG = 23.9292 ; CV = 4,02 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Observam-se os valores de acidez total titulável na Tabela 4.32, que os valores diminuiram quando a temperatura variou de 40 a 60°C em todas as concentrações de aditivos, assim como nas pesquisas de SOUZA FILHO (2012) quando analisou a obtenção de manga Haden em pó pelo método secagem em camada de espuma e SILVA et al. (2008c), também observaram em estudo de desidratação com polpa de tamarindo pela secagem em camada de espuma.

Tabela 4.32 - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	3,46 aA	2,58 bC	2,79 aB
2,5	3,35 aA	3,27 aA	2,31 bB
3,5	2,77 bA	2,59 bB	1,48 cC

DMS para colunas = 0.1036 ; DMS para linhas=0.1036; MG =2.7228; CV = 1.83 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Verifica-se, analisando a influência da temperatura nos valores médios do pH que, de forma geral, houve aumento deste parâmetro com o aumento da temperatura de secagem. BASTOS et al. (2005) também verificaram este comportamento para desidratação em camada de espuma da polpa de manga nas temperaturas de 70 e 85 °C.

FELLOWS (2006) descreveu que, à medida em que o processo de desidratação avança, algumas substâncias, antes solúveis no alimento, alcançam à saturação e precipitam. É possível uma desnaturação baseada neste princípio tenha ocorrido durante a desidratação da polpa e, após a reconstituição do pó em água, algumas substâncias desnaturadas podem não ter voltado a se dissolverem, o que é possível ter refletido no pH das polpas resconstituídas (BASTOS et al., 2005). Além de que, conforme GAVA (2008) produtos desidratados quando reconstituídos ou reidratados sofrem perda de certos constituintes, principalmente de vitaminas, refletindo nos valores de pH; este constituinte variou de 3,98 para a concentração de aditivo 1,5% e temperatura de secagem 40 °C a 5,10 quando usados 3,5% de aditivos e temperatura de secagem de 60 °C.

Tabela 4.33 – Valores médios de pH da polpa de biribá em pó, obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Aditivos (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	50	60
1,5	3,98 cC	4,49 aB	4,56 bA
2,5	4,45 aC	4,50 aB	4,57 bA
3,5	4,40 bC	4,46 bB	5,10 aA

DMS para colunas =0.0244; DMS para linhas= 0.0244; MG =4.50444; CV = 0,46 %. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação.

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

Comparando os dados da caracterização física, química e físico-química das polpas de biribá em pó obtida por dois métodos de conservação, secagem em camada de espuma e liofilização, nota-se que a liofilização foi o método que não alterou, de forma significativa, as características da polpa *in natura*, porém apresenta o inconveniente de ser um método de secagem de alto custo quando comparado com a secagem em camada de espuma.

4.5.2- Perfil de minerais

Na Tabela 4.34 se encontra o percentual de mineral da polpa de biribá em pó obtidos por dois métodos de secagem, liofilização e camada de espuma, utilizando-se diferentes concentrações e temperaturas de secagem.

Os constituintes que se apresentam em maior percentual, são o potássio, cálcio e fósforo, seguidos do enxofre, da mesma forma que na pesquisa de KELMER (2012) ao analisar a caracterização química elementar e proteica de graviola seca em estufa a 50°C e liofilização; a presença dos elementos fósforo e enxofre em concentrações elevadas pode ser um indicativo de proteínas na amostra.

Apesar de se observar diferenças entre os percentuais dos dois métodos analisadas, não verificam diferenças entre os tratamentos aplicados para a secagem em camada de espuma; os valores do potássio, cálcio, fósforo, enxofre, ferro, zinco e cobre são, em média, 2,4; 0,24; 0,078; 0,026, 0,0052; 0,0013 e 0,0010, respectivamente.

ALMEIDA et al. (2009) obtiveram ao fazer avaliação de macro e microminerais em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro para ata, 390,61 mg.100g⁻¹ de potássio, 53,70 mg.100g⁻¹ de cálcio, 22,78 mg.100g⁻¹ de fósforo, 0,75 mg.100g⁻¹ de ferro, 0,22 mg.100g⁻¹ de cobre e 0,12 de zinco. Já para a graviola encontrou-se 227,67 mg.100g⁻¹ de potássio, 14,19 mg.100g⁻¹ de cálcio, 32,43 mg.100g⁻¹ de fósforo, 0,83 mg.100g⁻¹ de ferro, 0,15 mg.100g⁻¹ de cobre e 0,46 de zinco; resultados superiores a esses são encontrados nas pesquisas de LATERNE et al.(2006) para as mesmas frutas obtidas das florestas da Colômbia.

Isto pode ser justificado pois sabe-se que a composição mineral em frutas pode ser influenciada por vários fatores, como condições climáticas (luz, temperatura, teor de água), composição química do solo, diferenças genéticas e práticas agrícolas (OLIVARES et al. 2004)

Tabela 4.34 – Percentual de mineral encontrado na polpa de biribá em pó

Tratamentos	K	Ca	P	S	Fe	Zn	Cu
Liofilizado	1,8330 ± 0,09	0,2094± 0,08	0,0695± 0,04	0,0330± 0,01	0,0026± 0,0	0,0017± 0,0	0,0007± 0,0
1,5 - 40°C	2,3974± 0,10	0,2653±0,08	0,0662± 0,04	0,0179 ±0,01	0,0076± 0,0	0,0013± 0,0	0,0009± 0,0
1,5 - 50°C	2,4602 ± 0,10	0,2395±0,08	0,0740± 0,03	0,0243± 0,01	0,0051± 0,0	0,0014± 0,0	0,0011±0,0
1,5 - 60°C	2,2851± 0,10	0,2346±0,08	0,0957± 0,04	0,0147± 0,01	0,0047± 0,0	0,0012 ± 0,0	0,0010±0,0
2,5 - 40°C	2,5738± 0,10	0,2507± 0,08	0,0783± 0,04	0,0212±0,01	0,0054± 0,0	0,0014± 0,0	0,0010± 0,0
2,5 - 50°C	2,3248 ± 0,10	0,2512±0,07	0,0671± 0,03	0,0233±0,01	0,0068± 0,0	0,0013± 0,0	0,0008 ± 0,0
2,5 - 60°C	2,5505± 0,10	0,2428±0,08	0,0858±0,04	0,0241± 0,01	0,0041± 0,0	0,0015± 0,0	0,0011± 0,0
3,5 - 40°C	2,35 35± 0,09	0,2275±0,08	0,0865±0,04	0,0232± 0,01	0,0052± 0,0	0,0010± 0,0	0,0008± 0,0
3,5 - 50°C	2,3768± 0,10	0,2646±0,07	0,0705±0,04	0,0178 ±0,01	0,0063± 0,0	0,0012± 0,0	0,0010± 0,0
3,5 - 60°C	2,5152 ± 0,10	0,2415±0,08	0,0846± 0,04	0,0173± 0,01	0,0040± 0,0	0,0014 ± 0,0	0,0011± 0,0

4.5.3- Morfologia

Tem-se, na Figura 4.24, a fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método de liofilização obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X, na qual se percebe que não existe uniformidade na forma nem no tamanho das partículas, devido a trituração que é realizada no material desidratado com a finalidade de tornar a polpa em pó mais homogênea; resultado semelhante foi encontrado por SANTANA e GASPARETO (2009), em estudo com secagem por liofilização e método convencional de fibra alimentar do albedo, que revelam irregularidades das estruturas físicas do material orgânico.

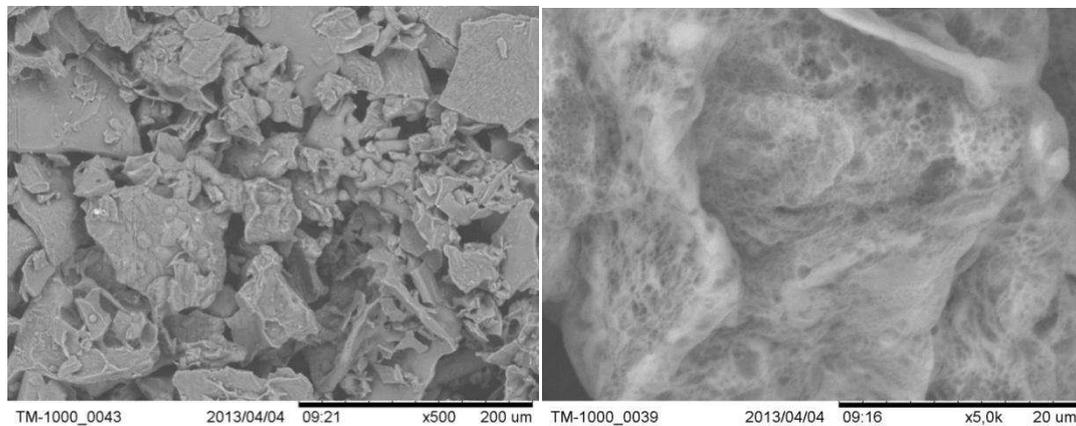


Figura 4.24 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método de liofilização obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

Nas Figuras 4.25 a 4.32 tem-se as fotomicrografias da polpa de biribá em pó, desidratada pelo método camada de espuma com 1,5, 25 e 3,5% de aditivos e em temperatura de 40, 50 e 60 °C, obtidas por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

Observa-se, em todas as imagens, o mesmo comportamento, ou seja, partículas com tamanhos variados, sem uniformidade na forma no tamanho das partículas, além de muitas imperfeições em toda a extensão da superfície, em razão do tipo de secagem em que é formada uma placa quando a água é evaporada; em seguida, faz-se uma raspagem e trituração causando numerosas imperfeições nas superfícies das partículas. SILVA FILHO (2012) obteve, estudando a obtenção e avaliação da qualidade de polpa de manga cv. Haden em pó, secada na temperatura de 50 °C, pelo método de secagem em camada de espuma resultados semelhantes aos desta pesquisa.

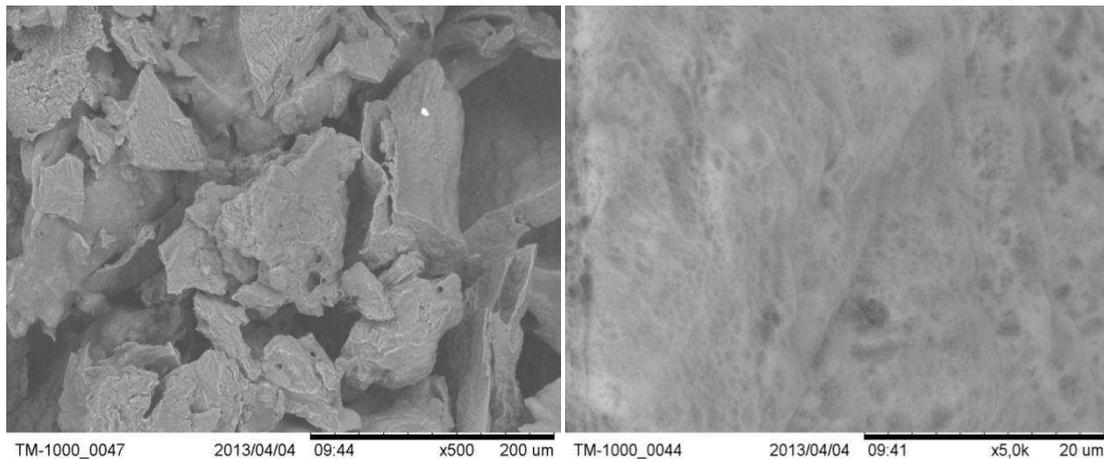


Figura 4.25 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

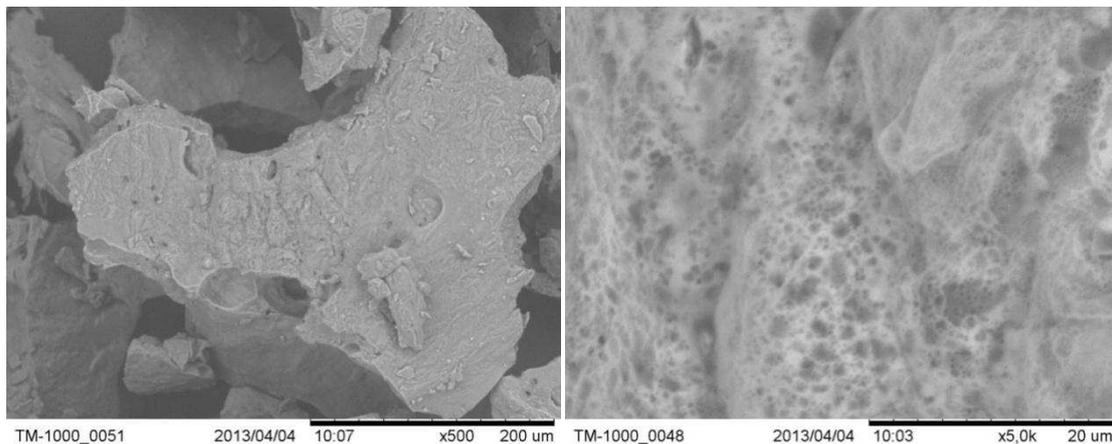


Figura 4.26 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

Apesar da falta de uniformidade para todas as amostras em todos tratamentos, verifica-se, por meio das fotomicrografias com aumento de 5000X obtidas por MEV, que elas apresentaram cavidades em sua estrutura, oriundas dos espaços deixados pelas bolhas de ar, o que contribui para a porosidade da polpa de biribá em pó. Desse modo é possível afirmar que as concentrações de aditivos utilizadas garantiram a estabilidade das espumas durante o processo de secagem em camada de espuma, favorecendo uma estrutura porosa que contribui para a solubilização deste produto, resultado que também foi relatado por CRUZ (2013) ao estudar as fotomicrografias de polpas de goiaba em pó pelo método de

secagem em camada de espuma com 2,5; 5; 7,5 e 10% de emulsificante e nas temperaturas de secagem, 60, 70 e 80 °C.

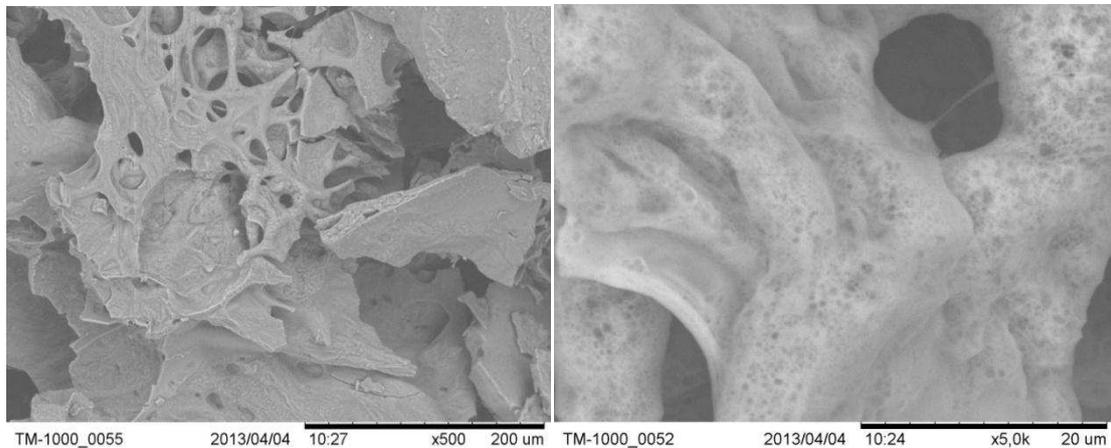


Figura 4.27 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

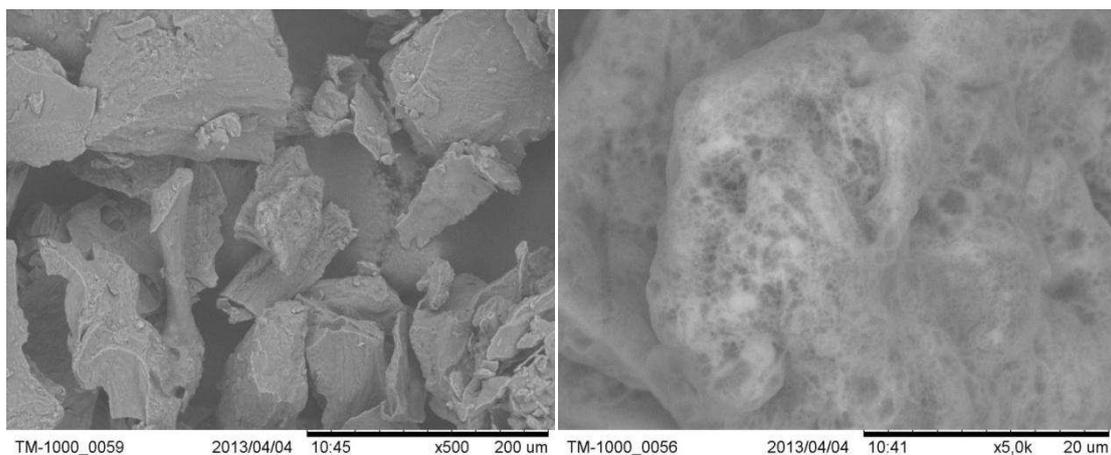


Figura 4.28 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

Diferente desses resultados, tem-se os de TONON (2009) ao analisar imagens das partículas de suco de açaí produzidas com 20% de maltodextrina pelo método spray drying sob diferentes temperaturas de secagem (138, 170 e 202 °C) cujas partículas apresentaram formato esférico, característica dos pós obtidos por spray drying enquanto as superfícies das microcápsulas foram predominantemente rugosas embora algumas

sejam lisas. Segundo THIES (2001) as depressões que surjem na superfície são formadas pela contração das partículas durante a secagem e o resfriamento.

MELO (2012) também obteve ao analisar a morfologia de polpa de atemoia secada por aspersão que as partículas formam agregados pegajosos semelhante aos estudos de BERNA (2009) que, ao desidratar em secador por aspersão a polpa de *Opuntia stricta* com adição de maltodextrina em diferentes relações agente carreador/suco (0,45; 0,9 e 1,8), relatou que somente foi possível identificar partículas esféricas quando a relação foi superior a 0,9, como relatado por VAREDO (2009) ao estudar a secagem por aspersão de polpa de romã com adição de fibras dietéticas solúveis obtidas do trigo e do milho.

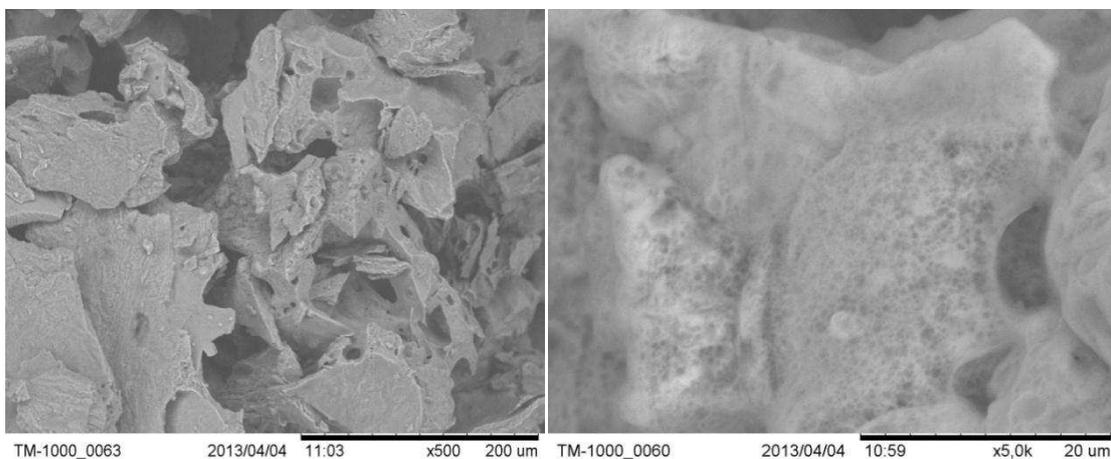


Figura 4.29 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

O processo de secagem em camada de espuma, além de permitir uma rápida remoção de água promove a obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação, aplicada em muitos alimentos sensíveis ao calor, como os sucos de frutas (BASTOS et al., 2005; KUDRA e RATTI, 2006; SANKAT e CASTAIGNE, 2004) características semelhantes às da polpa de biribá em pó, destacando-se, como vantagem deste processo, as menores temperaturas de desidratação e o menor tempo de secagem em virtude da maior área de superfície exposta ao ar e à velocidade de secagem, o que supera o fato da transferência de calor estar impedida por um grande volume de gás na massa de espuma.

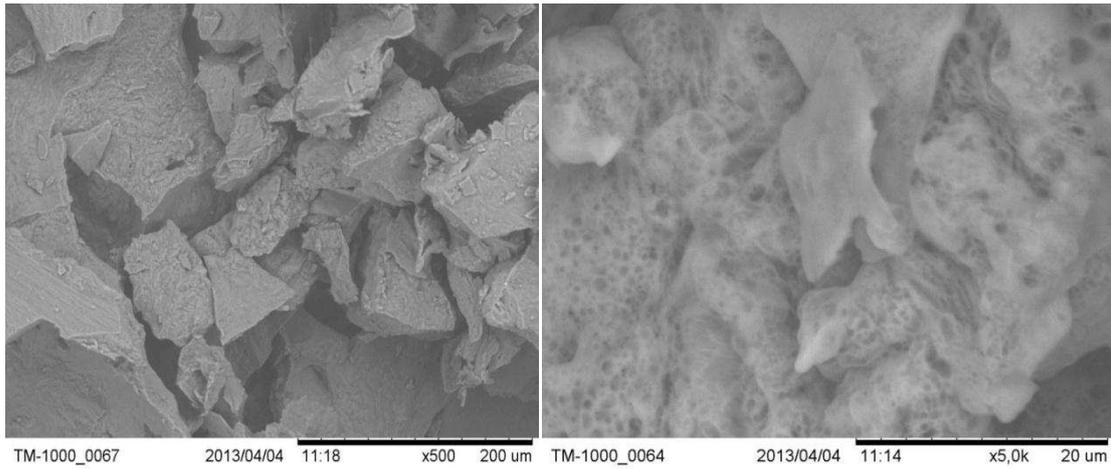


Figura 4.30 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

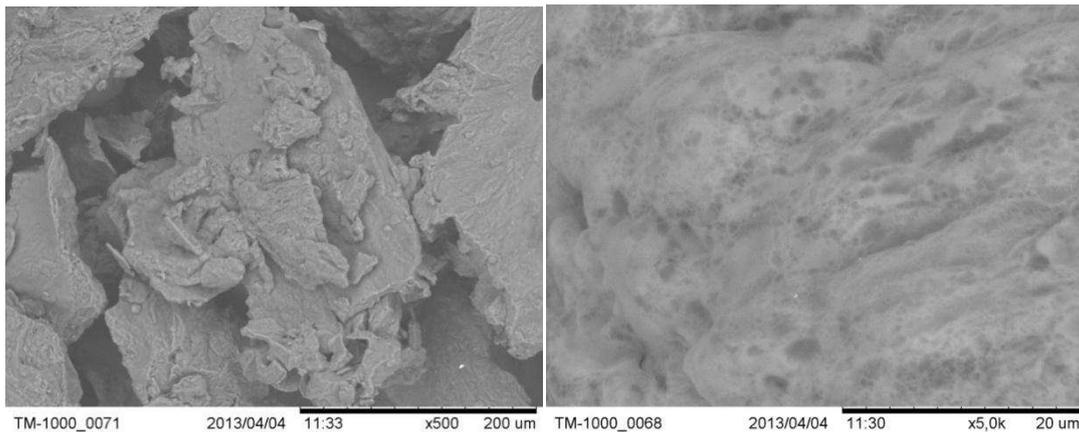


Figura 4.31 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 40 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

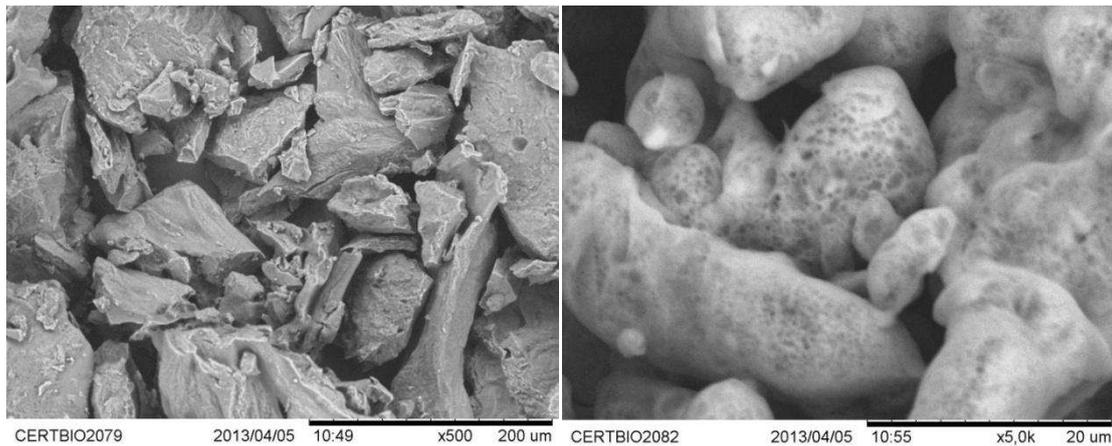


Figura 4.32 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó, desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 50 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

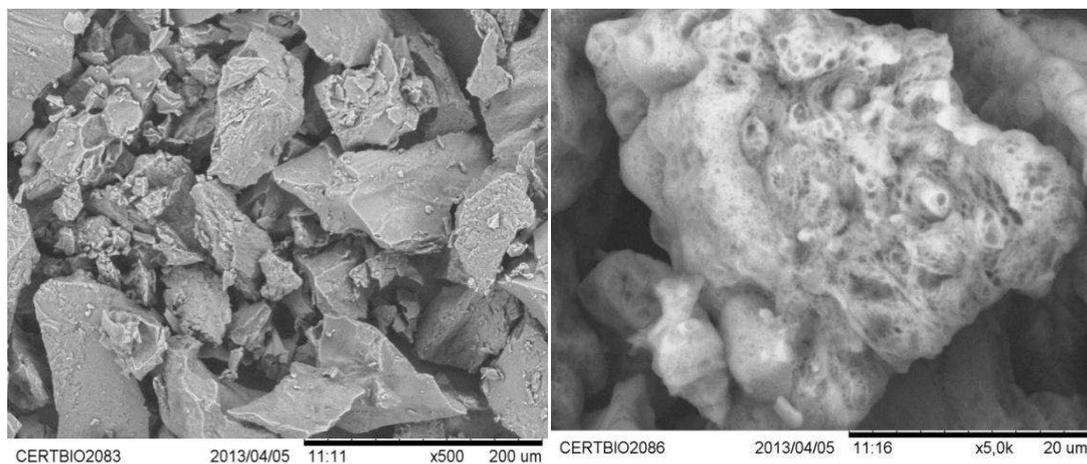


Figura 4.33 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 60 °C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X

4.6- Isotermas de equilíbrio higroscópico

Tem-se na Figura 4.34 as isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo processo de desidratação por liofilização e com ajustes pelos modelos de GAB, Halsey, Oswin e Peleg .

Observa-se aumento do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) com o aumento da atividade de água (a_w) além de um comportamento característico típico de isotermas do tipo III de conformidade com IUPAC (1985). Este comportamento da isoterma é próprio de alimentos

ricos em compostos solúveis, o qual foi observado por GABAS et al. (2007) estudando o efeito de maltodextrina e goma arábica polpa de abacaxi em pó, PEDRO et al. (2010) analisando o efeito do método de secagem sobre as isotermas de adsorção e calor isostérico da polpa de maracujá em pó, por SILVA et al. (2006) em análise da isoterma a 20 °C da polpa de camu-camu liofilizada, e por MOREIRA et al. (2013) ao estudarem o comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada.

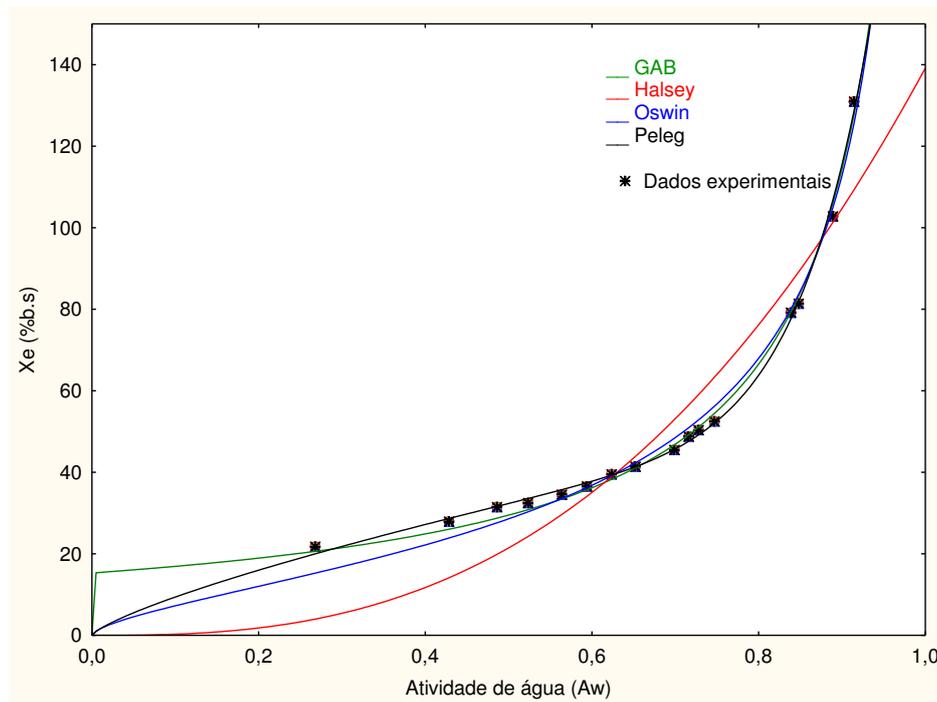


Figura 4.34 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C, das amostras em pó produzidas pelo processo de desidratação por liofilização e com ajustes pelo modelo de GAB, Halsey, Oswin e Peleg

Na Tabela 4.35 estão os parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, o coeficiente de determinação e o desvio percentual médio das amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá desidratada pelo método liofilização.

O modelo de GAB foi, dentre os ajustados, aquele que melhor representa a isoterma de equilíbrio higroscópico do pó de biribá, apresentando menores valores de erro médio, P 1,49 e altos coeficientes de determinação, R^2 (99,64%). Este modelo também foi o que melhor ajustou as isotermas de adsorção aos trabalhos de BEZERRA et al. (2010) nos pós da polpa de manga cv. Coité e cv. Espada, obtidos por liofilização; BEZERRA et

al. (2011) nos pós de polpa de manga rosa e Tommy Atkin e MELO et al. (2011) em polpa de buriti.

GOMES et al. (2002) ao estudar as isotermas de adsorção de teor de água da polpa de acerola em pó o modelo de GAB apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais podendo representar satisfatoriamente as isotermas de adsorção de teor de água da polpa de acerola em pó, com coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,96 e desvio médio relativo (P) menor que 10%, em todas as temperaturas estudadas.

As isotermas de sorção podem ser definidas como a representação analítica da variação do teor de água de um produto em função de seu teor de água relativa; possuem vasto número de aplicações na área de alimentos e representam o estado de equilíbrio de todos os processos nos quais moléculas de água se combinam reversivelmente com alimentos. As isotermas exercem particular importância no projeto do processo de desidratação, garantindo viabilidade econômica e segurança microbiológica (MENDEIROS et al., 2002).

RODRIGUES (2003) mencionou que estudos sobre isotermas de adsorção de teor de água são de grande importância, uma vez que, através dessas curvas se pode estudar o tipo de embalagem mais adequado à capacidade de adsorção de água pelo alimento e estimar o grau de desidratação do alimento perante as mudanças de temperatura possíveis de ocorrer durante o armazenamento.

Tabela 4.35 – Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa de biribá desidratada pelo método liofilização

Modelo	Parâmetros										R ² (%)	P (%)	
	Xm	c	K	a	B	Ln	k1	n1	k2	n2			
GAB	15,29403	1,195369	0,962613	-	-	-	-	-	-	-	-	99,64	1,49
HALSEY	-	-	-	115,6762	2,698363	-	-	-	-	-	-	87,91	8,43
OSWIN	-	-	-	28,58043	0,624700	-	-	-	-	-	-	98,88	2,56
PELEG	-	-	-	-	-	-	54,85306	0,766320	208,7883	11,09405	-	97,95	1,08

Nas Figuras de 4.35 a 4.37 tem-se as isotermas de adsorção de água a 25 °C, das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg e no apêndice H as curvas dos modelos GAB, Halsey e Oswin, ajustadas aos dados experimentais.

Em todas, nota-se aumento do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) com a elevação da atividade de água (a_w), resultado este também observado por COSTA et al. (2003), ao determinarem as isotermas de adsorção de água na temperatura de 25°C de pós de beterraba, abóbora e cenoura desidratados a 60 °C em secador do tipo leito de jorro. De forma semelhante, CAVALCANTI MATA et al. (2006) ao avaliarem as isotermas de adsorção, nas temperaturas de 10 a 50 °C, do cajá em pó, obtido por secagem por aspersão.

Constata-se um comportamento característico típico de isotermas do tipo III, visto que segundo AL-MUHTASEB et al., (2004) as isotermas que apresentam uma zona mais plana na sua primeira parte, ou seja, em formato de “J”, são típicas de alimentos ricos em componentes solúveis, como açúcares, característica de isoterma tipo III.

Percebe-se que as curvas de 50 e 60 °C são mais próximas e houve um distanciamento das curvas da temperatura de 40 °C, significando que o pó de biribá obtido na secagem com temperatura de 40°C é mais higroscópico.

Observando as isotermas graficadas com os dados dos pós obtidos pelos dois métodos de secagem, verifica-se que a variação do teor de água se apresenta linear até a atividade de água 0,65 e a partir deste valor assume comportamento exponencial. Isto indica que a polpa de biribá em pó necessita de maiores cuidados ao ser manipulado ou armazenado em ambientes com teor de águas relativas superiores a 65%, pois estará mais propício a deteriorações causadas por reações indesejáveis e a proliferação de microorganismos, principalmente quando atingir teor de águas de 70% ($a_w > 0,7$), quando o produto não mais poderá ser considerado microbiologicamente estável. Resultados semelhantes foram encontrados por SILVA et al. (2008) ao analisar o comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó obtidos por secagem em spray dryer, sem adição de coadjuvantes.

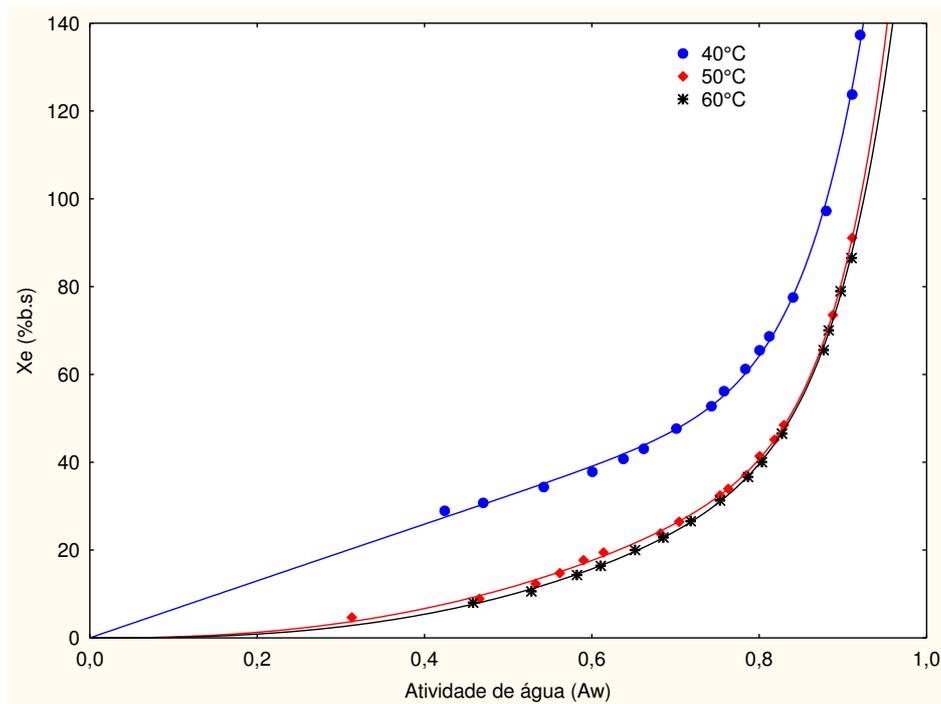


Figura 4.35 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg

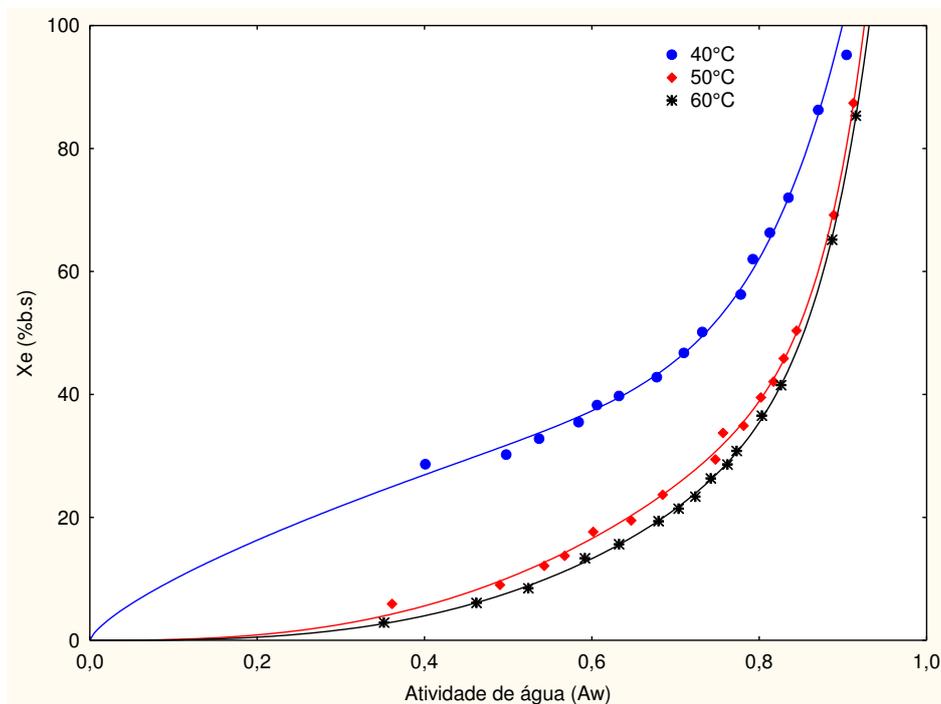


Figura 4.36 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg

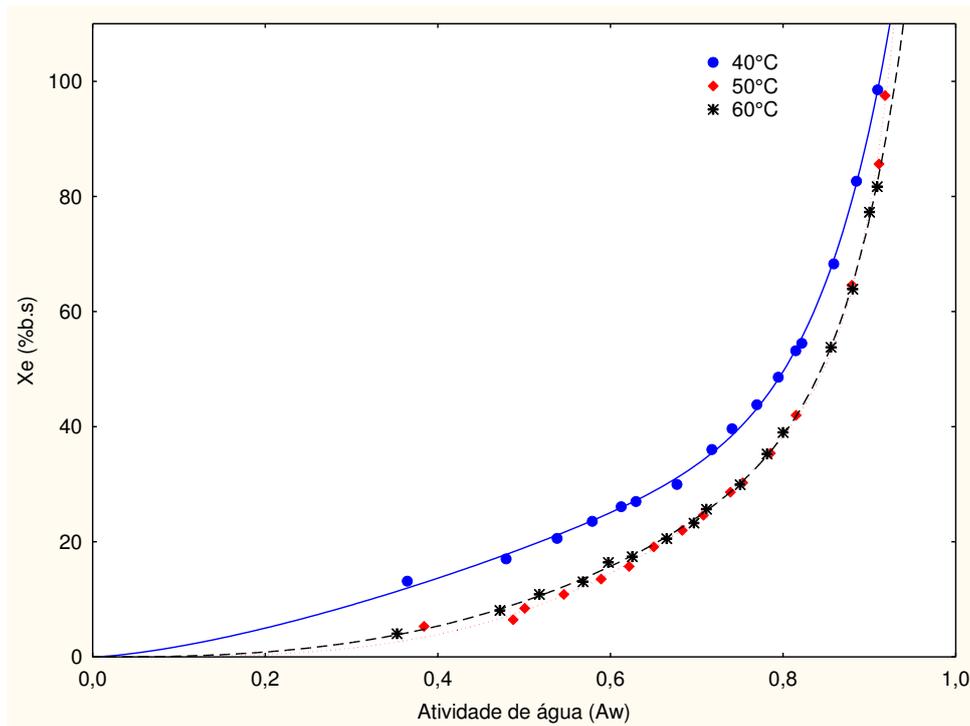


Figura 4.37 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C, das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg

Nas Tabelas 4.36 a 4.38 estão os parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratada pelo método camada de espuma.

Em todas, percebe-se comportamento análogo quanto aos valores dos parâmetros gerados por cada modelo, ou seja, para o modelo de GAB o X_m diminuiu, o K aumentou e °C não apresentou tendência com a elevação da temperatura. Para o modelo de Halsey o parâmetro b elevou-se, já os parâmetros a e \ln , tal como todos obtidos do modelo de Peleg, não tiveram comportamento definido com acréscimo na temperatura e, por fim, os parâmetros de Oswin a decreceram e b elevou-se com aumento na temperatura.

Avaliando os parâmetros do modelo de GAB verifica-se que os valores do teor de água de equilíbrio da monocamada (X_m) para as três concentrações de aditivos estudadas variaram de 10,06 a 15,05% b.s., apresentando redução com o aumento da concentração de aditivo; valores distintos foram encontrados por BEZERRA et al. (2010) para manga em pó.

MENDEIROS et al. (2006) verificaram, em cupuaçu em pó, que o X_m do modelo de GAB, diminui entre as temperaturas de 25 a 35°C apresentando valores de 3,99% e 3,39% b. s, respectivamente, inferiores aos da polpa de biribá em pó.

Os valores de $k > 1$ e $c > 2$, de acordo com a classificação de BLAHOVEC (2004) as isotermas de adsorção de teor de água são do tipo III em razão de terem apresentado valores de $0 < k \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$.

Segundo ALCÂNTARA et al. (2009) e BLAHOVEC (2004) para a representação das isotermas de adsorção de um alimento os parâmetros do modelo de Oswin e os valores devem ser $a > 0$ e $0 < b < 1$; neste estudo os valores dos parâmetros 'a' e 'b', estão de acordo com esta afirmação, como no estudo de MOREIRA et al. (2013). Os valores de R^2 são $\geq 99\%$, semelhante a PENA et al. (2010) ao determinarem a isoterma de adsorção de água para açaí em pó obtido pela secagem por aspensão, na temperatura de 30 °C.

Ajustes realizados para obtenção das isotermas através dos modelos matemáticos de GAB permitem um entendimento físico da teoria da adsorção (ANDRADE et al., 2011); através desse modelo é possível uma avaliação do teor de água da monocamada (X_m) dos alimentos.

Conforme GOULA et al. (2008) a quantidade de água na monocamada é aquela que proporciona, em determinada temperatura, maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do alimento; abaixo deste valor as taxas de reações de deterioração, exceto oxidação de gorduras insaturadas, são mínimas. O aumento da teor de água na monocamada com aumento da temperatura não é comum a todos os alimentos, comportamento que pode ser explicado visto que, de acordo com FERREIRA e PENA (2003) um aumento na temperatura pode provocar modificações na estrutura física do produto disponibilizando maior quantidade de sítios ativos com afinidade por moléculas de água ou aumentar a solubilidade de solutos presentes no produto, retendo mais moléculas de água na monocamada.

Os valores da constante C nos modelos de GAB para o pó da polpa de biribá quando segue uma tendência de diminuição com aumento da temperatura, é esperada e pode ser explicada visto que, de acordo com ALEXANDRE et al. (2007) as baixas temperaturas favorecem a força de interação entre adsorvato-adsorvente ocasionando incremento nos valores da constante C; de forma semelhante, os valores da constante K no modelo de GAB, diminuíram com o aumento da temperatura entre 25 e 35 °C.

TIMMERMANN (2003) afirma que a constante K do modelo de GAB aumenta com a força de interação entre adsorvato-adsorvente e valores maiores que 1 são fisicamente

inadequados indicando uma sorção infinita; neste trabalho todos os valores da constante foram inferiores a 1.

Tabela 4.36 – Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 1,5% de aditivos e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratadas pelo método camada de espuma

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R ² (%)	P (%)
		X _m	C	K			
GAB	40	15,28789	1,403714	0,962639		99,65	1,65
	50	10,89196	1,294676	0,977497		99,89	0,59
	60	10,06381	1,435621	0,982895		99,34	0,75
HALSEY		a	Ln	B		R ² (%)	P (%)
	40	-8,10965	1,644034	3,149280		87,86	9,50
	50	-8,72133	3,000295	4,525409		95,53	4,27
	60	-7,78131	2,762520	4,667043		96,38	3,89
OSWIN		a	B	-		R ² (%)	P (%)
	40	28,02340	0,635448	-		99,17	2,37
	50	12,28360	0,864101	-		99,86	0,65
	60	11,71127	0,874844	-		99,34	1,23
PELEG		k1	n1	k2	n2	R ² (%)	P (%)
	40	64,45397	0,994469	219,3302	12,80365	99,86	1,01
	50	182,3417	15,39290	59,32035	2,381120	99,94	0,45
	60	14,18846	0,284946	145,4251	7,545996	99,51	1,50

Tabela 4.37 – Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 2,5% de aditivos e temperaturas de 40,50 e 60 °C desidratadas pelo método camada de espuma

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R ² (%)	P (%)
		Xm	C	K			
GAB	40	14,04370	1,532723	0,932346		98,95	1,59
	50	10,62940	1,207994	0,974037		99,77	0,81
	60	11,85209	0,641462	0,985896		99,81	0,64
HALSEY		a	Ln	B		R ² (%)	P (%)
	40	-4,41424	0,625520	2,454635		89,54	6,27
	50	-7,92781	2,761003	4,518458		95,65	3,97
	60	-7,55085	2,927905	5,082646		96,9	3,20
OSWIN		a	B	-		R ² (%)	P (%)
	40	29,55207	0,549462	-		98,82	1,82
	50	11,73891	0,857812	-		99,72	0,86
	60	9,696525	0,919450	-		99,6	1,06
PELEG		k1	n1	k2	n2	R ² (%)	P (%)
	40	136,6656	9,163845	52,18380	0,723622	98,94	1,55
	50	64,55700	2,667001	195,0073	18,28125	99,85	0,70
	60	159,6183	15,32037	56,10452	2,782749	99,87	0,50

Observa-se, nas Tabelas 4.36; 4.37 e 4.38 que, apesar de todos os modelos terem se ajustado bem aos dados experimentais, o modelo que melhor representa as isotermas de adsorção das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com diferentes concentrações de aditivos, foi o de Peleg, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2=99,97$) e o menor desvio percentual médio ($P=0,45$) pois, quanto menos o P maior o R^2 maior é a precisão do modelo. Este desempenho também foi verificado

por ALEXANDRE et al.(2007) para isotermas de adsorção de teor de água de pitanga em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, com $R^2 > 0,98$ e $P < 4\%$ para o modelo de Peleg.

Forma idêntica verifica-se nas pesquisas de OLIVEIRA et al. (2006) para as isotermas de adsorção nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, da pitanga em pó ($R^2 > 0,98$ e $P < 7\%$), otida por secagem por aspersão. GURJÃO (2006) encontrou ao estudar as isotermas de adsorção do pó de tamarindo, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C para este modelo, coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvio percentual médio inferiores a 7%.

Tabela 4.38 – Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Halsey, Oswin e Peleg, coeficiente de determinação e desvio percentual médio de amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá com 3,5% de aditivos e temperaturas de 40, 50 e 60 °C desidratadas pelo método camada de espuma

Modelo	T (°C)	Parâmetros			R ² (%)	P (%)	
		Xm	c	k			
GAB	40	11,79628	1,653007	0,972004	99,94	0,48	
	50	11,50692	0,883344	0,974407	99,73	1,12	
	60	12,46205	0,812882	0,958572	99,89	0,60	
HALSEY	40	a	Ln	b	R ² (%)	P (%)	
		-5,02622	1,250820	3,442703	93,7	5,22	
	50	-12,2660	4,640657	5,059005	97,34	3,81	
	60	-8,43344	2,861735	5,400442	97,74	3,28	
OSWIN	40	a	b	-	R ² (%)	P (%)	
		18,17178	0,733668	-	99,91	6,72	
	50	10,44602	0,818340	-	99,65	1,40	
	60	11,29477	0,869685	-	99,74	0,97	
	40	k1	n1	k2	n2	R ² (%)	P (%)
		51,66202	1,449922	159,1021	11,50796	99,92	0,57

PELEG	50	76,01598	3,239234	300,5084	24,08585	99,88	0,67
	60	60,62078	2,646237	153,1979	15,42243	99,97	0,46

De acordo com LOMAURO et al. (1985) os erros médios relativos (P) inferiores a 10% indicam um bom ajuste do modelo aos dados experimentais; desta forma, todos os modelos propostos se ajustaram bem aos dados experimentais; os valores de (P) variaram de 0,45 a 9,50% e os coeficientes de correlação (R^2) de 87,86 a 99,97%

4.7-Teste de aceitação e intenção de compra do refresco de biribá

Na Tabela 4.39 tem-se as médias das notas atribuídas pelos provadores em relação aos diferentes tratamentos para os atributos sensoriais sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra do refresco de Biribá obtido a partir da reconstituição da polpa em pó. Percebendo-se que as maiores médias foram dadas aos atributos sabor, cor e intenção de compra ao suco obtido da polpa liofilizada; para o atributo aroma e aparência a maior média foi quando fez-se a secagem para obtenção do pó pelo método de secagem camada de espuma utilizando 3,5% de aditivos e temperatura de 60 °C.

Analisando os dois métodos de secagem (liofilização e camada de espuma) concluí-se que em todos os atributos as menores médias foram dadas quando utilizou-se a secagem em camada de espuma com 1,5% de aditivos e temperatura de 40°C; as notas variaram de 2,80 a 1,53 valores correspondentes a “desgostei” e “desgostei muito”; sendo assim e segundo os provadores, esta amostra não foi bem aceita para todos os atributos e principalmente para intenção de compra com média de 1,53.

Tabela 4.39 – Médias das notas atribuídas pelos provadores em relação aos diferentes tratamentos (liofilização e camada de espuma) para os atributos sensoriais sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra do refresco de biribá

Tratamentos	ATRIBUTOS SENSORIAIS					
	Sabor	Aroma	Aparência	Cor	IC	
Liofilizado	4,27 ab	3,73 abc	4,00 a	4,40 a	4,20 a	
Camada de espuma	1,5-40	1,93 d	2,80 bc	2,67 c	2,80 b	1,53 b
	1,5-50	3,80 ab	3,60 abc	3,93 a	3,87 a	3,67 a
	1,5-60	4,20 ab	4,00 a	4,13 a	4,13 a	4,00 a
	2,5-40	2,60 cd	2,67 c	2,80 bc	1,73 c	2,33 b
	2,5-50	3,87 ab	3,53 abc	3,67 ab	3,67 ab	3,80 a
	2,5-60	4,26 ab	3,80 ab	4,00 a	4,00 a	4,07 a
	3,5-40	3,33 bc	3,53 abc	3,47 abc	3,53 ab	3,53 a
	3,5-50	3,80 ab	3,73 abc	3,93 a	4,00 a	3,80 a
	3,5-60	4,40 a	3,87 ab	4,13 a	4,067 a	4,13 a
DMS	1,05	1,09	0,944	0,887	1,001	

DMS diferença mínima significativa

Constata-se que não houve diferença mínima significativa para o atributo sabor entre o pó obtido por liofilização e pelo método camada de espuma nas três concentrações de aditivos e nas temperaturas de 50 e 60 °C. Para o Aroma foram estatisticamente iguais o pó liofilizado e os pós em que se utilizaram 1,5; 2,5 e 3,5 % de aditivos a 50 °C e também o 3,5 % de aditivos a 40 °C. Em relação ao aroma, os únicos tratamentos diferentes foram quando se usaram 1,5 e 2,5% de aditivos e temperatura de 40 °C; estatisticamente diferentes em relação à Cor tem-se 1,5 e 3,5% a 40°C e 2,5% a 50 °C; para a intenção de compra todos os tratamentos foram iguais, exceto 1,5 e 2,5% a 40 °C.

Para uma visualização dos resultados dos testes de aceitação e intenção de compra para o refresco de biribá obtido a partir da polpa liofilizada e secada pelo método camada de espuma construíram-se os gráficos aranha (perfil sensorial), apresentados nas Figuras 4.38 a 4.50, em que os pontos mais afastados do centro representam a amostra de maior preferência segundo os consumidores analisados.

Na Figura 4.38 tem-se o perfil sensorial do refresco de biribá em que perceber-se em todos os atributos analisados, que todas as médias foram iguais ou superiores a 4 correspondendo ao item gostei.

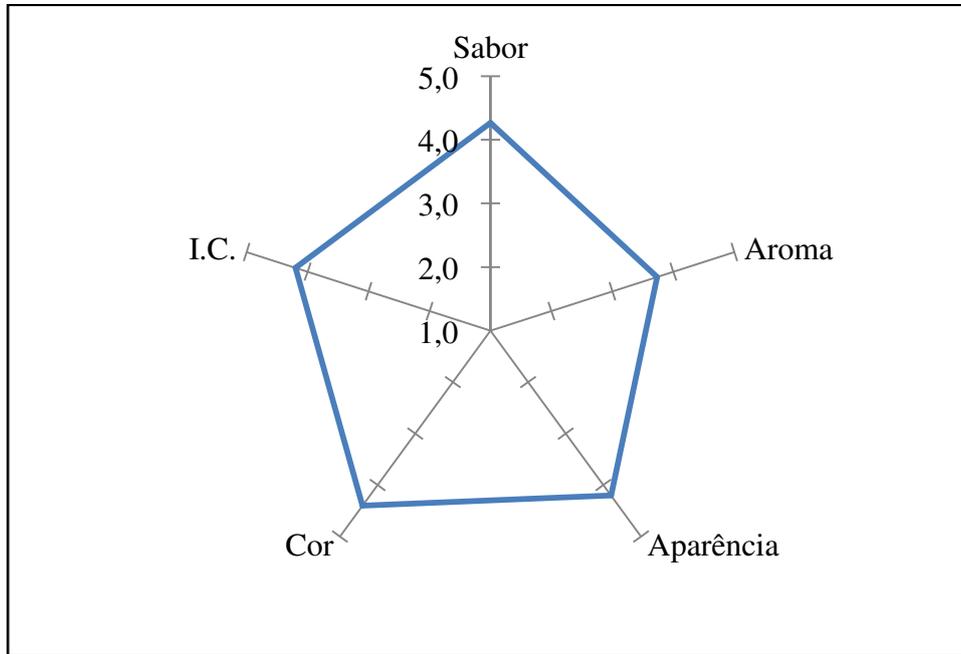


Figura 4.38 – Perfil sensorial do refresco de biribá: Pó obtido a partir da liofilização da polpa

Nas Figuras 4.39 e 4.40 tem-se o perfil sensorial do refresco de biribá obtido pela secagem através do método camada de espuma com 1,5 e 2,5%, respectivamente, e temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C contata-se comportamento semelhante nas duas Figuras, ou seja, os pontos mais foram próximos do centro quando utilizou-se a temperatura 40 °C, com médias inferiores a 3 que equivalem a desgostei porém a que apresentou maiores médias foi quando usou-se a temperatura de 60 °C, sendo as médias de todos os atributos superiores a 4 mostrando, assim, que os provadores gostaram dos produtos testados.

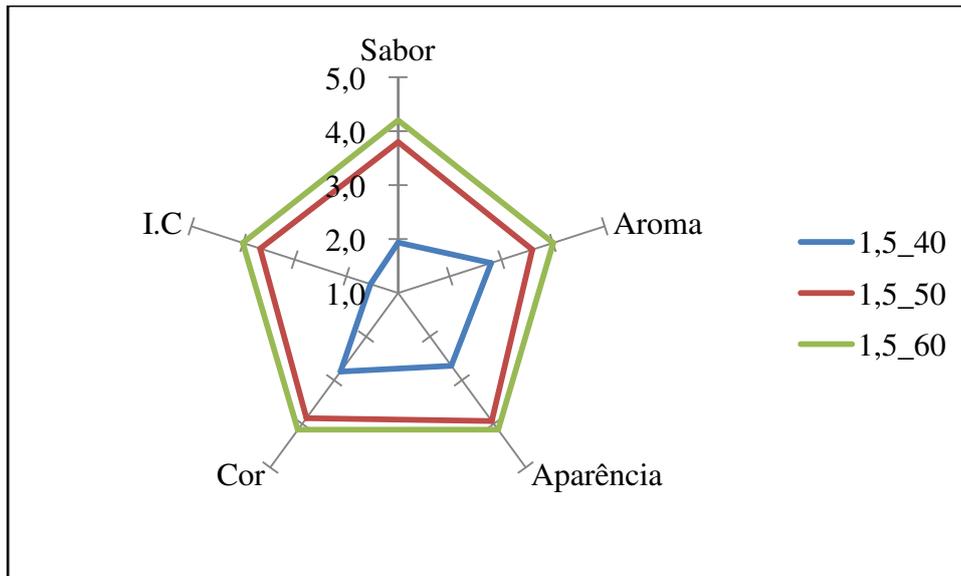


Figura 4.39 – Perfil sensorial do refresco biribá: Pó obtido a partir da polpa biribá com 1,5% de aditivos e desidratada pelo método camada de espuma nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C

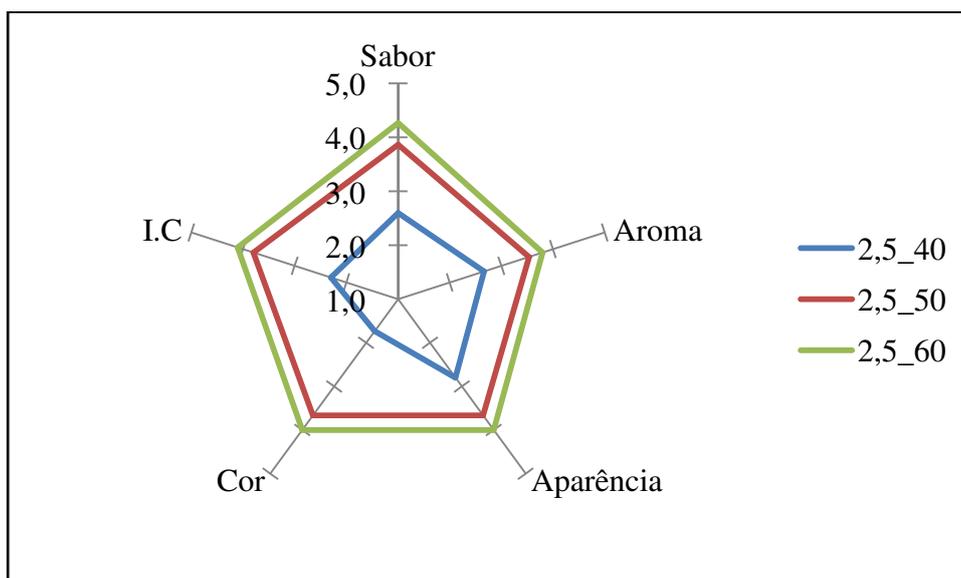


Figura 4.40 – Perfil sensorial do refresco de biribá: Pó obtido a partir da polpa biribá com 2,5% de aditivos e desidratada pelo método camada de espuma nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Na Figura 4.41 tem-se o perfil sensorial do refresco de biribá obtido pela secagem usando o método camada de espuma com 3,5% de aditivos e temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C tem-se que, praticamente, não houve diferença entre os atributos para as temperaturas de 50 e 60 °C valores de médias superiores a 4 equivalendo a gostei, na escala

hedônica. Diferentemente das Figuras anteriores das quais constam as concentrações de aditivos 1,5 e 2,5 % nesta com 3,5% e 40 °C houve uma aceitação melhor do produto provado considerando-se que as médias foram superiores a 3, correspondentes a dúvida (não gostei/nem gostei e talvez comprasse / talvez não comprasse) porém próximas a 4, equivalente a gostei.

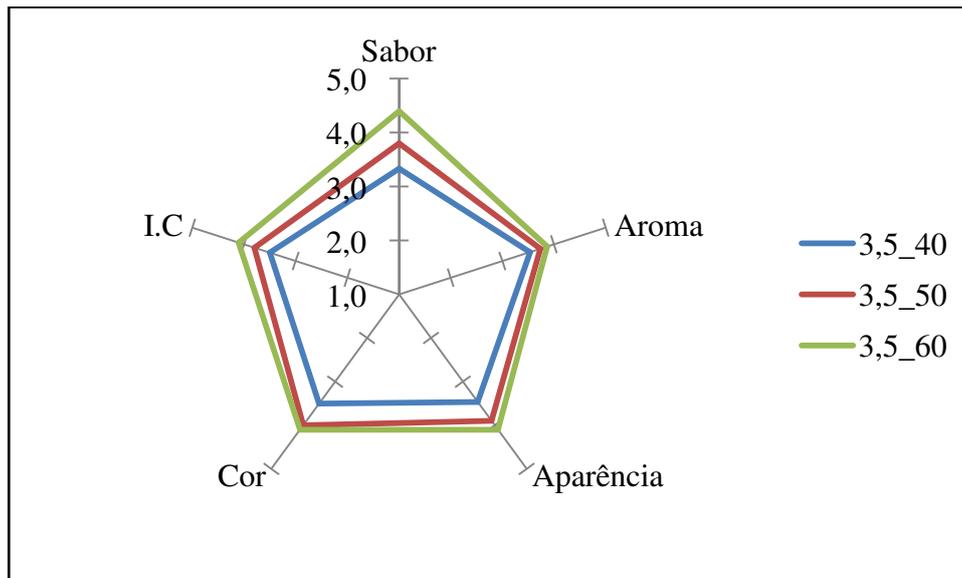


Figura 4.41 – Perfil sensorial do refresco de biribá: Pó obtido a partir da polpa biribá com 3,5% de aditivos e desidratada pelo método camada de espuma nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C

Tem-se, na Figura 4.42 o índice de aceitabilidade para o refresco elaborado com a polpa de biribá em pó, notando uma boa aceitação do produto em estudo, pois em todos os tratamentos o percentual de aceitação foi superior a 52%, constituindo-se o menor índice de aceitação, ao se utilizar o método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperatura de secagem de 40 °C, devido, provavelmente, à coloração do refresco, o qual foi elaborado com a polpa desidratada que apresentou coloração escura, então como os provadores conhecem a coloração da polpa de biribá, branca, houve esta menor aceitação do refresco com coloração escura.

Os maiores índices de aceitação foram para o método de liofilização e o camada de espuma utilizando a maior temperatura, 60 °C, nas três concentrações de aditivos estudadas, esses valores são 88, 85 e 84%, respectivamente; distinto deste comportamento tem-se a pesquisa de CRUZ (2013) ao realizar teste de aceitabilidade de refresco de goiaba, o qual

afirma que o processo de desidratação pode estar associado a modificações no aroma que podem ser perdidas com aquecimento e correntes de ar, fazendo com que os refrescos obtenham menor aceitação. Tendência semelhante à de CRUZ (2013) foi relatada por FALADE e OKOCHA (2012) e et al. (2012), respectivamente, em banana em pó reconstituída e suco de mamão preparado a partir de polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma.

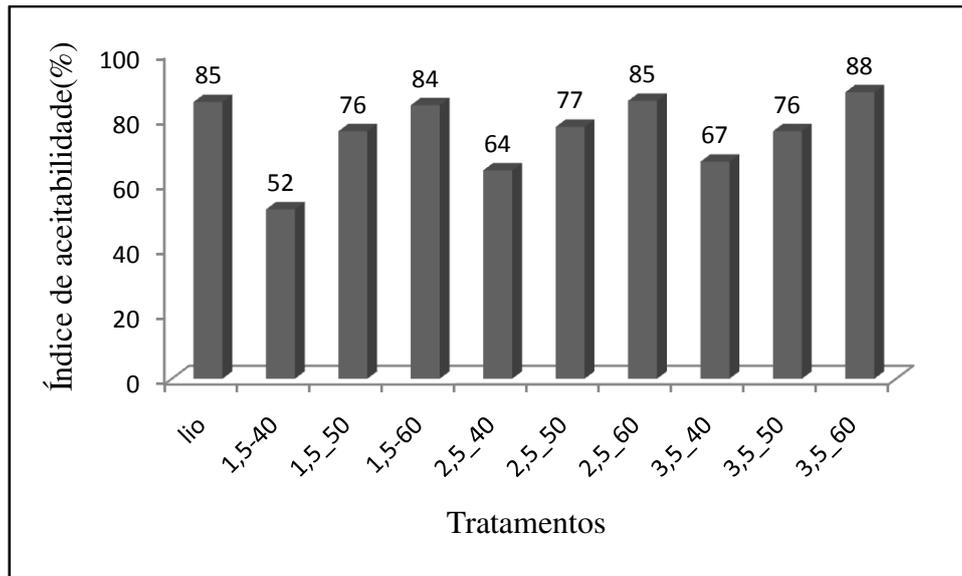


Figura 4.42 – Índice de aceitabilidade para o refresco elaborado com a polpa de biribá em pó

Na Tabela 4.40 tem-se as média das notas atribuídas pelos provadores e coeficiente de concordância em relação aos diferentes tratamentos para os atributos sensoriais sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra do refresco de Biribá.

O coeficiente de concordância (CC%) calcula o grau de concordância entre os provadores com relação à aceitação ou reprovação das amostras apresentadas. Percebe-se que os coeficientes de concordância variaram de 18,26 % na média de 2,66 (“não gostei/nem desgostei”) do aroma do refresco elaborado com 1,5% e 60°C para a 69,12% na média de cor para concentração de aditivos de 1,5% e 60 °C de temperatura. Verifica-se, ainda, que o maior coeficiente de concordância para o atributo sabor foi de 63,25 para 3,5% e 60 °C, o liofilizado para aroma e aparência, respectivamente, 51,64 e 63,25%, cor o percentual foi de 69,12 com 1,5% e 60 °C e intenção de compra foi de 55,78% ao se utilizar 3,5% de aditivos e 60 °C de temperatura de secagem.

Tabela 4.40 – Média das notas atribuídas pelos provadores e coeficiente de concordância em relação aos diferentes tratamentos para os atributos sensoriais sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra do refresco de biribá

Tratamentos		ATRIBUTOS SENSORIAIS									
		Sabor		Aroma		Aparência		Cor		IC	
		MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)	MÉDIA	CC(%)
Camada de espuma	Liofilização	4,31	58,69	3,73	51,64	4,20	63,25	4,40	63,25	4,20	51,64
	1,5_40	1,93	41,17	2,80	29,82	2,66	27,89	2,80	29,82	1,53	55,78
	1,5_50	3,80	40,82	3,60	42,17	3,93	49,44	3,86	55,78	3,67	54,78
	1,5_60	4,20	48,31	4,00	47,14	4,13	50,55	4,13	69,12	4,00	47,14
	2,5_40	2,60	21,08	2,66	18,26	2,80	50,55	1,73	45,95	2,33	28,82
	2,5_50	3,87	45,95	3,53	48,31	3,66	54,77	3,66	54,77	3,80	52,71
	2,5_60	4,27	48,44	3,80	40,82	4,00	54,77	4,00	54,77	4,06	49,44
	3,5_40	3,33	26,89	3,53	33,33	3,47	33,33	3,53	38,01	3,53	26,89
	3,5_50	3,80	40,82	3,73	46,9	3,93	61,47	4,00	54,77	3,80	51,64
	3,5_60	4,40	63,25	3,87	45,95	4,13	55,78	4,06	49,44	4,13	55,78

CC % coeficiente de concordância em %

5 - CONCLUSÕES

Com base no conjunto de dados experimentais obtidos nesta pesquisa e para as condições em que foi desenvolvido, verifica-se que:

Caracterização física, química e físico-química da polpa integral

- A polpa integral de biribá apresenta-se com elevado teor e atividade de água, boa doçura. Apesar de ter pH ácido é indicada como de baixa acidez. Não é uma fruta com alto teor de lipídeos, proteínas e cinzas. Considera-se com valor elevado de vitamina C, pectina e amido. Em relação à cor, os parâmetros L, *a e *b indicam polpa clara com tendência a verde e amarelo, respectivamente.

Perfil de Minerais

- A polpa de biribá é rica em: potássio, cálcio e fósforo.

Comportamento reológico da polpa de biribá

- A polpa de biribá apresenta tendência de comportamento de fluido não-newtoniano de caráter pseudoplástico;
- Dentre os modelos analisados o que melhor se ajusta aos dados experimentais é o de Herschel-Bulkley, apresentando P (0,8 %) e R² (99,7).

Características das espumas

- Ocorre redução na densidade com aumento do percentual de aditivos durante 15 minutos de batimento, sendo de 0,33, 0,27 e 0,21 g/cm³ para 1,5, 2,5 e 3,5% de aditivos, respectivamente;
- Os valores médios da capacidade de expansão são superiores a 100% e elevam-se com o tempo de batimento, permanecendo estável a partir de 15 minutos. Essa capacidade é mais elevada quanto maior for o percentual de aditivo.

Cinética de secagem

- Para a polpa de biribá desidratada por liofilização o tempo requerido para reduzir o teor de água até o equilíbrio é de 41 horas. Todas as equações se ajustam de forma satisfatória aos dados experimentais, exceto Midilli, porém merece destaque a de Cavalcanti Mata apresentando DQM de 0 e R² de 99,66%;
- Para a polpa de biribá desidratada pelo método camada de espuma o tempo necessário para atingir o teor de água de equilíbrio é 26, 23 e 10 horas, respectivamente, para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C nas três concentrações de aditivos;
- Entre as equações utilizadas para representação dos dados experimentais a de Cavalcanti Mata é a que melhor se ajusta apresentando R² de 99,74% e DQM 6,19 % quando se utilizam 1,5% de aditivos e 60°C de temperatura;
- A secagem da polpa de biribá é influenciada pelo método e temperatura de secagem, ocorrendo a secagem em menor tempo pelo método camada de espuma o qual conduz a uma taxa maior de secagem que a liofilização.

Caracterização das amostras em pó

Caracterização física, química e físico-química

- As amostras desidratadas apresentam-se com teor de água inferior a 25%, sendo que a secagem por liofilização proporciona maior remoção de água considerando-se que as polpas em pó tiveram menor teor de água e atividade de água;
- Apesar de apresentarem pH ácido, são consideradas de baixa acidez;
- Nos processos analisados ocorre a retenção de vitamina C, na liofilização;
- As polpas em pó apresentam baixos teores de lipídeos, proteínas e cinzas e elevadas quantidades de açúcares;
- A luminosidade das polpas em pó obtidas pelos dois métodos de secagem é elevada, indicando coloração branca;
- Quanto aos parâmetros +a* e +b*, indicaram coloração vermelha e predominância da cor amarela com maior valor para as polpas em pó obtidas em secagem pelo método camada de espuma;
- Nos dois processos analisados os minerais que estão em maiores percentuais são o potássio, cálcio e o fósforo.

Morfologia dos pós

- Todas as polpas em pó apresentam estrutura porosa, formatos irregulares, tamanhos variados, com muitas imperfeições em toda a superfície, não se encontrando partícula com superfície totalmente lisa.

Isotermas de adsorção de água

- O modelo de GAB tem o melhor ajuste para as isotermas do pó da polpa de biribá liofilizada, caracterizadas como do tipo III;
- Nas isotermas de adsorção do pó obtido pelo método camada de espuma ocorre aumento do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) com a elevação da atividade de água (a_w) e quanto menor a temperatura maior é o teor de água do biribá em pó;
- Apresentam um comportamento típico de isotermas do tipo III e o modelo de Peleg é o que melhor se ajusta aos dados experimentais;
- As polpas de biribá em pó necessitam ser devidamente acondicionadas quando armazenadas em ambiente com teor de água relativa superior a 65%, pois, acima deste nível, adsorverão água com velocidade cada vez maior. Recomenda-se, então, o uso de embalagens impermeáveis ou com baixa permeabilidade ao vapor de água, como as embalagens com filmes metálicos.

Análise sensorial

- As maiores médias são dadas aos atributos sabor, cor e intenção de compra ao suco obtido da polpa liofilizada; já para o atributo aroma e aparência a maior média é obtida para o pó produzido pelo método de secagem camada de espuma utilizando-se 3,5% de aditivos e temperatura de 60 °C;
- Com base no índice de aceitação todos os pós obtidos tem, de modo geral, boa aprovação, porém os que apresentam maior percentual são o método de liofilização e o camada de espuma utilizando-se a maior temperatura, 60 °C, nas três concentrações de aditivos estudadas.

6.0- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinar as propriedades físicas do fruto;
- Verificar a estabilidade da polpa integral armazenada em freezer comum;
- Analisar a estabilidade dos pós desenvolvidos nessa pesquisa em diferentes temperaturas de armazenamento, embalagens e teor de águas relativas;
- Utilizar os pós para aplicação em alimentos e testar a aceitação, por exemplo, em iogurte, biscoito, bolos, sorvetes etc;
- Estudar outros métodos de conservação, tais como a atomização, para aumentar a vida de prateleira deste fruto;
- Analisar a viabilidade econômica no sentido de aplicá-la em escala industrial.

7.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J.L.P. **Tabela de composição de alimentos da Amazônia**. Acta Amazônica, v. 26, p. 121-126, Manaus - AM, 1996.

AKANBI, C. T.; ADEYEMI, R. S.; OJO, A. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n.2, p.157–163, 2006.

AKPINAR, E. K. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n.4, p.75-84, 2006.

AL FARSI, M. A.; LEE, C. Y. Nutritional and functional properties of dates: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 48, n. 10, p.877–887, 2008.

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.

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

ALEXANDRE, H. V.; FIGUERÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MELO, K. S. Cinética de secagem da polpa de pitanga formulada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João pessoa, **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. CD.

ALEXANDRE, H. V.; GOMES, J. P.; BARROS NETO, A. L.; SILVA, F. L. H.; ALMEIDA, F. A. C. Cinética de secagem de abacaxi c.v. pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 123-128, 2009.

- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FONSECA, M. L.; MAGALHÃES, C. E. C. LOPES, M. F. G.; LEMOS, T. L. G. Avaliação de macro e microminerais em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, n. 29, v. 3: 581-586, jul.-set. 2009
- ALMEIDA, P.; MEIRA, T.; ALENCAR, L. C.; FREITAS, A.; HERCULANO, L. Avaliação físico-química de pós-alimentícios de manga (*Mangifera indica* L.) de diferentes variedades obtidas pelo processo de liofilização. In: ENCONTRO NACIONAL DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. CD.
- AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders Part 1: Mathematical description of experimental data. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.297-307, 2004.
- AMARAL, D. S. Técnicas para obtenção de tiras de coco da Bahia desidratado. 2011. 125f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- AMBONI, R. D. M. C.; FRANCISCO, A.; TEIXEIRA, E. Utilização de microscopia eletrônica de varredura para detecção de fraudes em café torrado e moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n.3, p. 331-313, 1999.
- ANDRADE, R. D.; LUMES, R.; PÉREZ, C. E. Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. *Vitae*, **Revista de la Facultad de Química Farmaceutica** v.18, p.325-334, 2011.
- AROGBA, S. S. Effect of temperature on the moisture sorption isotherm of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica*) kernel flour. **Journal of Food Engineering**, v. 48, n.2, p. 121-125, 2001.
- ASCHERI, D. P. R. Estudo das características de adsorção de água e da estabilidade das microcápsulas de óleo essencial de laranja na seleção de material de parede. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 19, n.3, p.367-373, 1999.
- ASSUNÇÃO, A. B.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarão rosa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.786-793, 2007.

AUGUSTO, P. E. D.; IBARZ, A.; CRISTININI, M. Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 2, p. 283-289, 2012.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. Fundamentos de cinética de degradação e estimativa de vida de prateleira. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Editora Técnica, 2004. p. 77-95.

BABALIS, S. J. et al. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214, 2006.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**, Oxford, v. 4, n.2, p. 1450-1458, 2011.

BALESTRA, F.; COCCI, E.; MARSILIO, G.; DALLA ROSA, M. Physico-chemical and rheological changes of fruit purees during storage. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 576 - 582, 2011.

BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, A. P.; CANUTO, T. M.; DIAS, S. L., CAVALCANTI, M. B. A.; FRANÇA, V. C. Caracterização físico-química do xique-xique encontrado no semi-árido nordestino. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 1., 2007, Natal. **Anais...** Natal: UFRN 2007. CD.

BARREIROS, M. L.; RIBEIRO, A. R. C.; NARAIN, N. **Constituintes voláteis dos frutos de biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq) Baill) obtidos pela técnica de extração e destilação simultânea (EDS)**. 2013. Disponível em: <www.sec.sbq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T3775-1.pdf>. Acesso: 20 jan. 2013.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, 317 p.

BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Desidratação da polpa de manga “Tommy Atkins” utilizando a técnica de camada de espuma drying: avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Brazilian Journal**

of **Food Technology**, v.8, n.4, p. 283-290, 2005.

BATISTA, E.; FELIPE, E.A influência da variação da condutibilidade e densidade da água na calibração gravimétrica. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE METROLOGIA E INOVAÇÃO, 2., 2007, Caparica. **Anais...** Caparica: Instituto Português de Qualidade (IPQ), 2007. CD.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n.4, p. 507-503, 1998.

BERNA, M. L. **Obtención de microencapsulados funcionales de zumo de *Opuntia stricta* mediante secado por atomización.** 2009. 69f. Trabalho de final de curso (Ingeniería Técnica Industrial) - Universidad Politécnica de Cartagena - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Cartagena.

BEZERRA, C. V.; SILVA, L. H. M. da.; COSTA, R. D. S. da.; MATTIETTO, R. de A.; RODRIGUES, A. M. da C. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. **Brazilian J. Food Technology**, Campinas, v. 16, n.2, p. 155-162, 2013.

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

BEZERRA, J. R. V.; RIGO, M.; DEMCZUK JUNIOR, B.; CÓRDOVA, K. R. V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). **Revista Ambiente**, v. 5 n. 1, p. 37-47, 2009.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. F. F. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades coité e espada e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, v.40, p.2186-2192, 2010

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004

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

BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORRÊA, J. L. G.; NASCIMENTO, D. A.; Secagem de fatias de abóboras (*Curcubita moschata*, L.) por convecção natural e forçada. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 28, p- 245-251, 2008.

BOSS, E. A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2004. . Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas, Campinas, 2004.

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**, v. 23, n. Supl., p. 166-171, 2003.

BRANCO, I. G.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SILVA, M. M.; PAULA, T. M. Avaliação sensorial e estabilidade físico-química de um blend de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.27, n.1 p.7-12, 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 272, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o “Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada -RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o “Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005b

BROD, F. P. R. **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. 2003.336f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.2003.

BUENO, S. N.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H. Avaliação de polpas de frutas congeladas. **Revista do instituto Adolf Lutz**, v. 62, n.2, p.121-126, 2002.

CABRAL, A. C. P. L. F.; AZOUBEL, P. M.; SILVA, F. O.; SOUSA, R. M.; CAMPOS, A. B. Cinética de secagem de manga variedade Tommy Atkins com e sem pré-tratamento osmótico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1., 2006, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. p 27-31. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 197).

CALVO, C. Atlas de calor: fundamentos y aplicaciones. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 29, n. 1, p. 15-29, 1989.

CALZAVARA, B. B. G. **Fruteiras: abieiro, abricozeiro, bacurizeiro, biribazeiro, cupuaçuzeiro**. Belém: IPEAN, 1970. 84 p.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v.111, n.1, p.135-148, 2012.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption al equilibrium data for starch containing food stuffs. **Journal of Food Science**, Chicago, v.47, n.5, p.1501- 1507, 1982.

CARVALHO, C. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; PAIVA, K. M. R.; GONDIM, M. M. S. Secagem da polpa formulada de umbu-cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Bonito: SBEA, 2007. CD.

CASTRO NETO, M. T.; FONSECA, N.; SANTOS FILHO, H. P.; CAVALCANTE JÚNIOR, A. T. **Propagação e padrão da muda: cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, EDIÇÃO, 2002. p. 117-136.

CASTRO, A. L. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 2007.334f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais), Universidade de São Paulo. 2007.

CASTRO, M. R. S. **Cinética de degradação do ácido ascórbico em polpas de frutas congeladas in natura**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: INPA, 3 ed., 1976. 166 p.

CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; CAVALCANTIMATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; GUEDES, M. A. Isotermas de equilíbrio higroscópico de cajá em pó microencapsulado com 20% de maltodextrina. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 3., 2006, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, 2006. CD.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de Alimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2 ed., 2010. 207 p.

CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos**. Viçosa: Editora UFV, 1993. 114 p.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico química do suco de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina grande, v. 4, n.2, 2004.

CHAVES-MONTES, B. E.; CHOPLIN, L.; SCHAER, E. Rheological characterization of wet food foams. **Journal of Texture Studies**, v. 38, n.2, p. 236-252, 2007.

CHEMISTS, A. of O. A. **Official Methods of Analysis**. Arlington: Williams, S., 14 ed., 1997. 1141 p.

CHEN, P.; SHEU, F.; LIN, H. Coating (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. **Food Chemistry**. v. 100, n. 3, p. 1160-1164, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2. ed. UFLA, 2005. 785p. ISBN 8587692275

CHONG, C. H.; LAW, C. L. **Drying of Exotic Fruits**. In: Vegetables and Fruits v.2, Ed. Jangam, S.V., Law, C.L. and Mujumdar, A.S., Singapore, p. 1- 42, 2011.

CLEMENTE, E.; AFONSO, M. R. A.; SOUZA, A. P.; CORREIA, J. M.; PIRES, R. G.; MAIA, G. A. Application of mathematical models for the prediction of adsorption isotherms in solid mixture for mango powder refreshment. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n.3, p. 614-622, 2011.

CODEVASF. **Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba**. Boletim Informativo dos Perímetros da Codevasf, n. 3, 2013.

CORREIA, P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF, 1984.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. 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, p. 5-9, 2003.

COSTA, J. P. C. da.; MÜLLER, C. H. **Fruticultura tropical: O biribazeiro *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995, 35 p.

COULTATE. T. P.; **Alimentos - A química de seus componentes**. 3. Ed. Artmed, 2004. 368p. ISBN: 9798536304044

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

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma viçosa**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CULLEM, P. J. Fluid rheology in novel thermal and non-thermal processes novel thermal and non. **Thermal Technologies for Fluid Foods**, Oxford, v.3, n.1, p. 35-61, 2012.

DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p. ISBN 9788536322483.

DANDAMRONGRAK, R.; YOUNG, G.; MASON, R. Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 2,

DANTAS, H. J.; SILVA, A. S.; LIMA, E. E. de.; FARIAS, P. de A.; ANDRADE, M. A. de. **Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat drying)**. III Jornada Nacional da Agroindústria, Bananeiras, 2008.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método camada de espuma drying**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DIETRICH, A. E. **Produção de açaí liofilizado**. 2011. 126 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

DIKIN, D. A.; KOHLHAAS, K. M.; DOMMETT, G. H. B.; STANKOVICH, S. RVOFF, R. S. Scanning electron microscopy methods for analysis of polymer nano composites. **Microscopy and Microanalysis**, v. 12, n.2, p. 674-675, 2006.

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

DOYMAZ, I. Convective drying kinetics of strawberry. **Chemical Engineering and Processing**, v. 47, n. 5, p. 914-919, 2008.

DOYMAZ, I. Drying kinetics of white mulberry. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 341- 346, 2004a.

DOYMAZ, I. Effect of dipping treatment on air drying of plums. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 4, p. 465-470, 2004b.

DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; PAIVA, B. R. Propriedades termofísicas da polpa de mangaba a baixas e ultra-baixas temperaturas: densidade e calor específico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. esp., n. 1, p. 19-29, 2003.

DUCKE, A. Plantas de cultura pré-colombianas na Amazônia brasileira: notas sobre as espécies ou formas espontâneas que supostamente lhes teriam dado origem. **Boletim Tec. Do Instituto Agronomico do Norte**, Belém, v.1, n.8, p.24-36, 1946.

ELLEPOLA, S. W.; MA, C. Y. Thermal properties of globulin from rice (*Oryza sativa*) seeds. **Food Research International**, v.39, p. 257 -264, 2006.

ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying off eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.63, n.3, p.349-359, 2004.

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

FADUAL, A. L. F.; MARQUES, S. M. M.; CARDOSO, V. S. de M. **Estudos sobre alguns frutos ocorrentes no estado do Pará**. 1983. 120 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal do Pará, Belém.

FALADE, K. O.; OKOCHA, J. O. Foam-mat drying platan and cooking banana(*musa* spp). **Food and Bioprocess**, v. 5, n. 4, p.1173-1180, 2012.

FALADE, K. O.; OLUKINI, I.; ADEGOKE, G. O. Adsorption isotherm and heat of sorption of osmotically pretreated and air-dried pineapple slices. **European Food Research & Technology**, v.218, n.6, p.540–543, 2004.

FALADE, K. O.; OMOJOLA, B. S. Effect of processing methods on physical, chemical, rheological, and sensory properties of okra (*Abelmoschus esculentus*). **Food Bioprocess Technology**, v.3, p.387-394, 2010.

FALCÃO, M. A.; LLERAS, E.; KERR, W. E.; CARREIRA, L. M. M. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq Baill). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 2, n.2, p. 297-306, 1981.

FARIAS, J. F. de; SILVA, L. J. B. da; ARAÚJO NETO, S. E. de; MENDONÇA, VANDER. Qualidade do maracujá–amarelo comercializado em Rio Branco, Acre. **Caatinga**, Mossoró, v.20, n.3, p. 196-202, 2007.

FEILLET, P.; AUTRAN, J. C.; VERNIÈRE, C. I. Pasta de brownness: an assessment. **Journal of Cereal Science**, Chichester, v. 32, n.3, p. 215-233, 2000.

FELIPE, A. M. P. F. **Estudo da interação produto embalagem em folha de flandres aplicada á polpa de cupuaçu**. 2008. 200f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas-SP.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípio e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERNANDES, T. K. S. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 171-180, 2008.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá**. 2010. 172 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

FERREIRA, G. M. **Estudo das propriedades reológicas do sistema polpa de cupuaçu–biopolímeros**. 2008. 120 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

FERREIRA, G. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; MAIA, M. C. A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu (*T. grandiflorum* Schum) integral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.2, p. 385-389, 2008.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; CONCEIÇÃO, R. S.; GASPARETO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, p.175-184, 2002.

FERREIRA, M. das G. R.; RIBEIRO, G. D. Coleção de fruteiras tropicais de Embrapa Rondônia. **Comunicado Técnico**, Porto Velho, 2006.

FERREIRA, M. das G. R.; SANTOS, M. R. A. dos.; SILVA, E. de O.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. de L. A. Emergência e crescimento inicial de plântulas de biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill) (*Annonaceae*) em diferentes substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n.2, p. 373-380, 2010.

FERREIRA, M. de F. P.; PENA, R. da S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n.1, p.15-28, 2010.

FERREIRA, M. G. R.; RIBEIRO, G. D. **Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia**: Embrapa, Porto Velho, 2006.

FERREIRA, S. C. de S.; SILVA, H. W da.; RODOVALHO, R. S. Isoterma de desorção e calor latente de vaporização da semente de pimenta cumari amarela (*Capsicum chinense* L.). **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n.1, p. 15-28, 2011.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora universitária, 2004. 229 p.

FISCHER, I. H.; ARRUDA, M. C.; ALMEIDA, A. M.; MONTES, S. M. N. M.; JERÔNIMO, E. M.; SIMIONATO, E. M. R. S.; BERTAN, R. M. A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em manga. **Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 107-116, 2009.

FONSECA, E. T. **Frutas do Brasil**. Inst. Nac. Livro, Rio de Janeiro, 1954, 281 p.

FRANCO, M. B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, e.d., 2008. 182 p.

FREITAS, J. C. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MELO, K. S. Cinética de secagem de manga fatiada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Bonito SBEA, 2007. CD.

FURMANIAK, S.; TERZYK, A. P.; GAUDEN, P. A.; RYCHLICKI, G. Applicability of the generalised D'Arcy and Watt model to description of water sorption on pineapple and other foods tuffs. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.2, p.718-723, 2007.

FURTADO, G. de F.; SILVA, F. S. da.; PORTO, A. G. SANTOS, P. dos. Secagem de

polpa de seriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n.1, p. 9-14, 2010.

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

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

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo-SP: Nobel. 2008. 511p. ISBN 9788521313823.

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

GOMES, W. C. **Secagem por aspersão da polpa de buriti**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GONCALVEZ, M. **Microscopia eletrônica de varredura: técnica de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 1 ed., 2004. p. 165-175.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. **LWT**, v.38, p. 479-487, 2005.

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

GOUVEIA, D. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; QUEIROZ, A. J. de M.; UGULINO, S. M. P. Avaliação físico-química e aceitação sensorial do suco de pinha e do blend pinha-leite. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.1, p.29-36, 2007.

GOUVEIA, D. S.; UGULINO, S. M.; DUARTE, M. E.; CAVALCANTI MATA, M.

E. Cinética de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) em secador de bandeja. **Holos**, Natal, v. 1, n. 27, p. 38-48, 2011.

GOYAL, R. K; KINGSLY, A. R. P.; MANIKANTAN, M. R.; ILYAS, S.M. Thin-layer Drying Kinetics of Raw Mango Slices. **Biosystems Engineering**, v. 95, n. 1, p. 43–49, 2006.

GRATÃO, A. C. A.; SILVEIRA JUNIOR, A. V.; TELIS-ROMERO, J. Laminar flow of soursop juice through concentric annuli: Friction factors and rheology. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n.4, p. 1343–1354, 2007.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Frutas estruturadas de teor de água intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

GUEDES, D. B.; RAMOS, A. M.; DINIZ, M. D. M. S. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n.4, p. 279-285, 2010.

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

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**. 2006.165f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba. Areia. 2006.

GURJÃO, K. C. O.; SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E., 2008. Cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma (foam-mat drying). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Incaper. CD.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidiumcatlleianumsabine*) e amora-preta (*Rubusspp*)**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSK, M. R.; VIDAL, J. R. M. B.; MASSON, M. L. Influence of temperature on the rheological behavior of whole araçá pulp (*Psidium cattleianum* Sabine). **LWT- Food Science and Technology**, v. 39, n. 4, p. 426–430, 2006.

HINZ, C. Description of sorption data with isotherm equations. **Journal Food Engeneering**, v. 99, n. 3-4, p. 225-243, 2001.

HOSSAIN, M. D.; BALA, B. K.; HOSSAIN, M. A.; MONDOL, M. R. A. Sorptionisotherms and heat of sorption of pineapple. **Journal Food Engeneering**, v. 43, n.2, p. 103-107, 2001.

HUNTERLAB. **Color measurement of translucent materials**. hunter associates laboratory, Incorporated 9529. Lee Highway, Fairfax Va. 22030, USA. 1978.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4.ed. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. São Paulo. v.1, 2008. 1020p.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting Physisorption data for gas solid. systems with special reference to the determination of surface area and porosity. **Pure & Applied Chemistry**, v.57, p.603-619, 1985.

JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; RAMOS, V. H. V.; PINTO, A. C. Q.; ICUMA, I. M. **Controle de doenças da gravioleira no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000.

KADAM, D. M.; WILSON, R. A.; KAUR, S. Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, n.8, p.1625-1632, 2010.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S. Foam- mat drying of papaya (*Carica papaya L.*) using glycerol monostearate as foaming agent. **Food Science and Quality Management**, v. 9, 2012b.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHID. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**, 2012a.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Characteristics of foam prepared from starfruit (*Averrhoa carambola L.*) puree by using methyl cellulose. **Food Hydrocolloids**, v.13, n.3, p.203-210. 1999b.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola L.*) purée: Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v.64, n.3, p. 337-343, 1999a.

KAYA, A.; AYDIN, O.; DEMIRTAS, C. Drying kinetics of red delicious apple. **Biosystems Engineering**, v. 96, n. 4, p. 517–524, 2007.

KECHINSKI, A. P.; SCHUMACHER, A. B.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, N.; CARDOZO, N. S. M. Rheological behavior of blueberry (*Vaccinium ashei*) purees containing xanthan gum and fructose as ingredients. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 3, p. 299-306, 2011.

KELMER, G. A. R. **Caracterização química elementar e protéica da polpa de graviola**. 2012. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química-Universidade de São Paulo, São Paulo.

KITAHARA, K.; COPELAND, L.A simple method for fractionating debranched starch using a solid reversed-phase cartridge. **Journal of Cereal Science**, Amsterdam ,v.39, n. 3, p.91-98, 2004.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Editora Rural, 2 ed., 2002. 214 p.

KOOCHEKI, A.; TAHERIAN, A. R.; BOSTAN, A. Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum. **Food Research International**, v. 50, n.1, p. 446–456, 2013.

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

KUDRA, T.; RATTI, C. Foam-mat drying: Energy and cost analyses. **Canadian Biosystems Engineering/Le génie des biosystèmes au Canada**, v. 48, p. 327 - 332, 2006.

LE COINTE, P. **Amazônia brasileira III: Árvores e plantas úteis (indígenas e aclimatadas)**. São Paulo: Ed. Nacional, 2 ed., 1947. 506 p.

LEMONS, M. D.; SOUSA, E. P.; SOUSA, F. C.; SILVA, M. M. L.; TAVARESS, R. R. S. Propriedades físico-químicas e químicas de duas variedades de jaca. **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 90-93, 2012.

LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDOÑO, A. M. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the andes and the rain forest of colombia, **Food Chemistry**, v. 95, p. 644-652, 2006.

LEWIS, M. J. **Physical properties of foods and food processing systems**. England: Ellis Horwood Limited, 1990. 480 p.

LIMA, A. B. **Qualidade de manga Tommy Atkins orgânica colhida sob boas práticas agrícolas, tratada com extrato de erva-doce e fécula de mandioca**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P; FILHO, J. M. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*), **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LIMA, E. M. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro**. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LISBÔA, C. G. C. **Armazenamento de figo-da índia em pó sob atmosfera controlada**. 2010. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LIZARPAGA, M. S.; PIANTEVICIN, D.; GONZALES, R.; RUBIOLO, A.; SANTIAGO, L. G. Rheological behaviour of whey protein concentrate and λ -carrageenan aqueous mixtures. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n.5, p.740-748, 2006.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. de L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de nutrição**, Campinas, v.16, n.2, 2003.

- LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v.18, p.111-117, 1985.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998, 384 p.
- MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S.; CARVALHO, J. M.; FIGUEIRÊDO, R. W. **Processamento de frutas tropicais: nutrição, produtos e controle de qualidade**. Fortaleza: UFC, 2009. 277 p.
- MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biribá, carambola, cereja-do-rio-grande, jaboticaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 327 p.
- MARCELLINI, P. S.; CORDEIRO, C. E.; FARAONI, A. S.; BATISTA, R.A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. Comparação físico-química e sensorial da atemoia com a pinha e a graviola produzidas e comercializadas no estado de Sergipe. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.2, p.187-189, 2003.
- MARQUES, L. F.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; NUNES, L. S.; COSTA, T. L.; COSTA, P. B. S.; DUARTE, S. T. G. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 161-170, 2007.
- MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) -, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.
- MARQUES, L.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E.R. M; NUNES, L. S.; COSTA, T. L.; COSTA, P. B. S; DUARTE, S. T. G. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de produtos agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 161-170, 2008.
- MARTINS, A. M. C. V.; SALOTTI, B. M.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; PENNA, A. L. B. Evolução do índice proteolítico e do comportamento reológico durante a vida de

prateleira de leite UAT/UHT. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n 4. p. 698-704, 2005.

MATOS, C.B. **Caracterização física, química, físico-química de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng. Schum.) com diferentes formatos**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC. Ilhéus - BA, 2007.

MATSUURA, F. C. A. R.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p 138-141. 2002.

McCLEMENTS. **Food biopolimers and colloids research laboratory** Disponível em: <www.people.umass.edu/mccleamen/518Rheology.html>. Acesso em : 15 dez.2010.

MEDEIROS, M. F. D.; ROCHA, S. C. S.; PEDRINI, M. R. S.; ANDRADE JR., W. M.; PASSOS, R. H. D.; SOUZA, J. S. Propriedades físicas y termodinámicas de las pulpas decajá, umbu y acerola: efectos de la temperatura, concentración de sólidos totales y de sólidos solubles. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA QUIMICA 22., Buenos Aires. **Anais...** Argentina, 2006. CD.

MEDEIROS, P. V. Q.; MENDONÇA, V.; MARACAJÁ, P. B.; AROUCHA, E. M. M.; PEREIRA, R. G. Physical-chemical characterization of atemoia fruit in different maturation stages. **Caatinga**, Mossoró, v.22, n.2, p.87-90, 2009.

MELO, K. S. **Secagem de polpa do fruto do Mandacaru**. 2008c. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

MELO, K. S. **Secagem por aspersão da polpa de atemoia**. 2012. 230f. Tese (Doutorado em engenharia agrícola)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-Pb.

MELO, K. S.; ALVES, N. M. C.; PÊ, P. R.; DUARTE, M. E. M. Drying kinetics of grapes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 1., 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008b. CD.

MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S.;

BEZERRA, M. C. T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: Experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.

MELO, K. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n.2, p. 197-206, 2008.

MENDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; LANNES, S. C. da S. Comportamento higroscópico de derivados do cupuaçu e do cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002, CD-Rom.

MENEZES, A. R. V. de.; JÚNIOR, A. S.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R. de.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malphigia emarginata* D. C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n.1, p. 1-8, 2009.

MENEZES, E. M. da S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazonica**, v. 38, n.2, p. 311-316, 2008.

MENGES, H. O.; ERTEKIN, C. Mathematical modeling of thin layer drying of golden apples. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 1, p. 119-125. 2006.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudo com consumidores** - Viçosa: Ed. UFV, 2006. 225p.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Minolta Co. Ltd., 1994.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p.513-18, 2005.

MONZELLE, G. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

MORAES, L. R. V.; AZEVÊDO, L. C. de.; SANTOS, V. M. L.; LEITÃO, T. J. V.

Estudo comparativo da desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. **Revista Semiári do De Visu**, v. 2, n.2, p.254-264, 2012.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. da. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1093–1098, 2013.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Mechanical changes in freeze-dried strawberry powder as affected by water activity, glass transition and carbohydrate polymers addition. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n.4, p.234-242, 2010.

MUNIZ, M. B.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; DUARTE, M. E. M. Caracterização termofísica de polpas de bacuri. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 360-368, 2006.

MUÑOZ, J.; RINCÓN, F. M.; ALFARO, M. C.; ZAPATA, I.; FUENTE, J. L.; BELTRÁN, O.; PINTO, G. L. Rheological properties and surface tension of Acacia tortuosa gum exudate aqueous dispersions. **Carbohydrate Polymers**, v. 70, n. 2, p. 198-205, 2007.

NICKERSON, M. T.; PAULSON, A. T.; SPEERS, R. A. Rheological properties of gellan solutions: effect of calcium ions and temperature on pre-gel formation. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 17, n.5, p. 577-583, 2003.

NINDO, C. I.; TANG, J.; POWERS, J. R.; SINGH, P. Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications. **Journal of Food Engineering**, v. 69, n.3, p. 343–350, 2005.

OLIVARES, M.; PIZARRO, F. P.; ARAYA, M. UAUY, T. Iron, Zinc, And Copper: Contents in Common Chilean Foods and Daily Intakes in Santiago, Chile. **Nutrition**, v. 20, n. 2, p. 205-212, 2004.

OLIVARES, M.; PIZARRO, F.; de PABLO, S.; ARAYA, M.; UAUY, R. Iron, zinc, and copper: contents in common Chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. **Nutrition**, v. 20, n. 2, p.205-212, 2004.

OLIVEIRA, E. N. A de.; SANTOS, D. da C.; SOUSA, F. C. de.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, S. P. A. de. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. Revista Brasileira de tecnologia Agroindustrial. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 4, n.2, p. 235-242 2010.

OLIVEIRA, F. M. N.; ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, A. R. Características físico-químicas de polpa e casca do fruto do mandacaru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD.

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

OLIVEIRA, R. C.; BARROS, S. T. D.; ROSSI, R. M. Aplicação da metodologia bayesiana para o estudo reológico da polpa de uva. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n.1, p. 73-80, 2009.

OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; BARROS, S. T. D. Estudo reológico da polpa de morango (*fragaria vesca*) em diferentes temperaturas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n.3, p. 283-288, 2012.

OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R.; BARROS, S. T. D. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabioba e goiaba. **Acta Scientiarum &Technology**, v. 33, n.1, p. 31-37, 2011.

ORDÓNEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. ed. v.1. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p. ISBN 9788536304366.

OSÓRIO, C.; CARRIAZO, J. G.; BARBOSA, H. Thermal and structural study of guava (*Psidium guajava L.*) powders obtained by two dehydration methods. **Química Nova**, Essex, v. 34, n.4, p. 636-640, 2011.

PAGLARINI, C. S.; PINTO, E. G.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; LEITE, A. L. M. P. Análise físico-química e comportamento reológico da polpa de bacupari (*Rheedia gardneriana TR e planch.*). **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p.1821-1829, 2012.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. Dal. Considerações

Termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n.1, p. 83-94, 2008.

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**, v. 21, n.1, p.73-77, 2001.

PARK, K. J.; LEITE, J. T. C. **Reologia em sucos de frutas**. Disponível em: <www.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/fa20/Reologia>. Acesso em: 14 abril. 2012.

PECHNIK, E.; GUIMARÃES, L.R; CHAVES, J. M. Simpósio sobre alimentos da Amazônia. **Trabalhos e Pesquisas**, v.6, p.47-63, 1962.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.993-1000, 2010.

PELEGRINE, D. H.; SILVA, F. C.; GASPARETTO, C. A. Rheological behavior of pineapple and mango pulps. **LWT - Food Science and Technology**, v. 35, n. 8, p. 645–648, 2002.

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

PENA, R. da S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. de. Comportamento higroscópico do açaí em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.2, p.153-161, 2010.

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología dos alimentos: componentes dos alimentos processados**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1, 294p.

PEREIRA, L. M.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; HUBINGER, M. D. Microscopic features, mechanical and thermal properties of osmotically dehydrated guavas. **Food Science and Technology**, v.42, n.1, p. 378-384, 2009.

PICON, C. A.; ALMEIDA, E. F.; OLIVEIRA, N. T. C.; GUASTALDI, A.C. **Caracterização de superfícies de titânio irradiadas com laser Nd: YAG e depositadas com hidroxiapatita.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17.Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Brasil, 2006. CD.

PINTO, E.G. **Caracterização da espuma de jenipapo com diferentes aditivos visando á secagem em leito de espuma.** 2009. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

PINTO, M. R. M. **Obtenção de extratos de carotenóides de polpa de pequi (*Caryocar Brasiliense Camb.*) encapsulados pelo método de secagem em camada de espuma.** 2012. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

PRANCE, G. T.; SILVA, M. **Árvores de Manaus.** Manaus: INPA, 1975. 312 p.

QUEIROZ, A. J.M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GRANDEIRO, A. A. Características físico-químicas de polpas de figo-da-índia concentradas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de engenharia Agrícola, 2004. CD.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray- dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 386- 392, 2007.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type camada de espuma dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n.4, p. 1452-1459, 2007b.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V.; RATTI, C. Camada de espuma Drying of alphonso Mango Pulp. **Drying Technology**, v.35, n.2, p. 357-365, 2007a.

RAMOS, K. M. C.; SOUZA, V. A. B. Características físicas e químico-nutricionais de frutos de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) em populações naturais da região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 500-508, 2011.

RANGANA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Mc Graw-Hill, 1979. 634 p.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. Aithersburg: Aspen Publishers, 1999. 433 p.

REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta cumari do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 347-357, 2011.

RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Frutos de melão submetidos à pré-tratamentos com hidrocolóides: efeitos do processo de congelamento sobre a microestrutura celular. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n.3, p. 295-304, 2002.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELII, A. L. D.; MARTINAZZO, A. P.; RIBEIRO, R. M. Isotermas e calor isotérico de dessecção do arroz em casca. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 86–94 2006 a.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. ed. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2007. 184 p.

RIBEIRO, P. F. F. de A. e C. **Processo de liofilização de produtos alimentares perecíveis**. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

RIGHETO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização**. 2003. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RIGO, M.; BEZERRA, J. R. M. V.; CÓRDOVA, K. R. V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de butiá (*Butia eriosptha*). **Revista Do Setor De Ciências Agrárias E Ambientais**, v. 6, n.1, p.25-36, 2010.

RINCÓN, F.; MUÑOZ, J.; PINTO, G. L.; ALFARO, M. C.; CALERO, N. Rheological properties of Cedrela odorata gum exudate aqueous dispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 1031–1037, 2009.

RODRIGUES, C. Q.; LIMA, E. D. P. A.; ALMEIDA, E. C. Caracterização físico-

química de maçã Fuji (*Malus domestica* Borkh) e rendimento no processo de desidratação. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 1, 2006, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2006. CD. p. 1-5.

RODRIGUES, I. A água. In: CASTRO, A. G. **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003. p.15-36.

SACRAMENTO, C. K.; BARRETTO, W. S.; FARIA, J. C. Araçá-boi: uma alternativa para agroindústria. **Bahia Agrícola**, v.8, n.2, 2008.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foam in gand drying behavior of ripe bananas. **Food Science and Technology**, v. 37, n.1, p. 517-525, 2004.

SANTANA, M. F. S.; GASPARETTO, C. A. Microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja: um estudo por técnicas físicas e análise de imagens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 124-134, 2009.

SANTOS, C. E. dos.; ROBERTO, S. R.; MARTINS, A. B. G. Propagação do biribá (*Rollinia mucosa*) e sua utilização como porta enxerto de pinha (*Annona squamosa*). **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 27, n.3, p. 433-436, 2005.

SANTOS, I. R. C. dos. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemoia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.)**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara.

SATO, A. C. K. **Influência do tamanho de partículas no comportamento reológico da polpa de jabuticaba**. 2005. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.4, p. 890-896, 2007.

SCHRAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2 ed. Germany. 2000. 291p.

SCREMIN, F. F. **Influência do estado de maturação e das etapas de processamento na reologia e caracterização físico-química da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) pasteurizada**. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SHUJUN, W.; WENYUAN, G.; HAIXIA, C.; PEIGEN, X. New starches from *Fritilaria* species medicinal plants. **Carbohydrate Polymers**, v.61, n.1 p.111-114, 2005.

SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa de manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. MELLER.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p: 895-901, 2008.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. de. A.C.; SILVA, F. L . H. da.; DANTAS, H. J.; LIMA, E. E. Desidratação e efeito de pré-tratamento no extrato seco do pimentão verde. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.1, p. 27-34, 2008a.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. de O.; ALMEIDA, F. de A. C.; BRUNO, R. de L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de secagem em camada de espuma. **Ciência Agrotecnica**. Lavras, v. 32, n.6, p. 1899-1905, 2008b.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.6, p. 1899-1905, 2008c.

SILVA, A. V. C.; ANDRADE, D. G.; YAGUIU, P.; CARNELOSSI, M. A. G.; MUNIZ, E. N.; NARAIN, N. Uso de embalagens e refrigeração na conservação de atemoia. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.300-304, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. A New Version of the assistat-statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4., Orlando. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural

Engineers, 2006.

SILVA, F. de A. S.; DUARTE, M. E.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Nova metodologia para interpretação de dados de análise sensorial de alimentos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.967-973, 2010.

SILVA, F.; PARK, K. J.; MAGALHÃES, P. M. Isotermas de desorção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.1, p. 21–28, 2007.

SILVA, J. A. A. da. Quem é quem na família das *Anonáceas*. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 4, n.1, 2007. ISSN 2316-5146.

SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; FIGUEIREDO, E. A. T. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 237-248, 2012.

SILVA, N. M. C. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de jenipapo (*Genipa americana* L.)**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008.

SILVEIRA, M. Preparo de amostras biológicas para microscopia eletrônica de varredura. **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica**. Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v. 1, p. 71-79, 1989.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Ceres, 1971. 596 p.

SINGH, R. K.; LUND, D. B. Kinetics of ascorbic acid degradation in stored intermediate moisture apples. In: MACKENNA, B. M. **Engineering Sciences in the Food Industry**. Amsterdam: Elsevier, v. 1. 1984.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para a secagem de araçá-boi (*Eugenia tipitata* Mc Vaugh) em leito de espuma**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos)- Universidade estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-Ba.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA, A. Jr.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.)

pelo processo “Foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOUSA, E. P. **Propriedades físicas da polpa de pequi**. 2013. 110f Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-Pb.

SOUTO, R. F.; DURIGAN, J. F.; SANTOS, L. O.; SOUZA, B. S.; MENEGUCCI, J. L. P. Características químicas de abacaxi pérola após tratamento com calor e armazenagem em três temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. V. 32, n. 1, p.47-56, 2010.

SOUZA FILHO, M. S.; LIMA, J. R.; TIEKO NASSU, R.; BORGES, F. Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da região norte e nordeste do Brasil: Estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, n. 91, p. 139-143, 2002.

SOUZA, D.S.; PIMENTEL, J. D. R.; MARQUES, L. G. NARAIN, N. Estudo da cinética de reidratação do pó da polpa do abacate liofilizado. **Scientia Plena**. v.7, n.6, 2011.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leito de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2 ed. East Lansing, Michigan State, USA: Freeman Press, 1996. 418p.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA-UNICAMP.- Versão II. -- 4. ed. -- Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011. 164p.

THIES, C. **How to make microcapsules**. St Louis, Missouri: Lecture and Laboratory, 2001.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana camada de espuma. **Journal of Food Engineering**, v.86, n.4, p.573-583, 2008.

TIMMERMANN, E. O. Multilayer sorption parameters: BET or GAB values Colloids and surfaces A: **Physicochemical and Engineering Aspects**, v.220, p.235-260, 2003.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Reologia de purê homogêneo de pêsego: Efeito da temperatura e concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.9, n.1, p. 1-8, 2006.

UDDIN, M. S.; HAWLADER, M. N. A.; ZHOU, L. Kinetics of ascorbic acid degradation in dried kiwifruits during storage. **Drying Technology**, v. 19, n. 2, p. 437- 446, 2001.

UNGULINO, S. M. P. **Técnicas de secagem para elaboração de passas de jaca**. 2007. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J.; MORGAN, A. I. **Food dehydration**. Westport: The Avi Publishing, 2. ed., 1964.721 p.

VERNON-CARTER, E. J.; ESPINOSA-PAREDES, G.; BERISTAIN, C.I.; ROMEROTEHUITZIL, H.R. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. **Food Research international**, v. 34, n.1, p. 587-598, 2001.

VIANA JUNIOR, N. M.; **Farinha de banana madura: processo de produção e aplicações**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

VIANA, A D. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em diferentes concentrações e temperaturas**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-Ba.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada.

Ciência e Agrotecnologia, v. 30, n.5, p. 955-960, 2006.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal Food Technology**., Campinas, v. 15, n.1, p. 50-58, 2012 .

VIERA H.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de teor de água da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n.1, 2007.

VISHWANATHAN, K. H.; HEBBAR, H. U.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Hot air assisted infrared drying of vegetables and its quality. **Food Science and Technology Research**, v.16, n.5, p.381 - 388, 2010.

VRIESMANN, L. C.; SILVEIRA, J. L. M.; PETKOWICZ, C. L. O. Chemical and rheological properties of a starch-rich fraction from the pulp of the fruit cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Materials Science and Engineering**, v. 29, n. 2, p. 651-656, 2009.

APÊNDICE A

Tabela A.1 –Valores médios da viscosidade aparente (mPa),tensão de cisalhamento (mPa)e taxa de deformação(s^{-1})para a polpa integral de biribá em diferentes velocidades de rotação(rpm) na temperatura de 10°C.

Velocidade de rotação (RPM)	Viscosidade aparente (mPa)	Tensão de cisalhamento (Pa)	Taxa de deformação (S^{-1})
30	6833,33	51,67	7,5
40	5750	55,83	10
50	4853,33	59,63	12,5
60	4227,67	62,33	15
70	3752,33	65	17,5
80	3420,67	67,43	20
90	3133,33	68,4	22,5
100	2886,67	71,43	30
120	2529	75,03	35
140	2269	78,67	40
160	2045,66	80,73	45
180	1877,66	83,7	50
200	1733,33	86,13	55

Tabela A.2 –Valores médios da viscosidade aparente (mPa),tensão de cisalhamento (mPa)e taxa de deformação(s^{-1})par a polpa integral de biribá em diferentes velocidades de rotação(rpm) na temperatura de 20°C.

Velocidade de rotação (RPM)	Viscosidade aparente (mPa)	Tensão de cisalhamento (Pa)	Taxa de deformação (S^{-1})
30	6866,66	50,1	7,5
40	5550	54,33	10
50	4706,66	57,5	12,5
60	4061,33	59,83	15
70	3609,66	61,9	17,5
80	3254,33	63,9	20
90	2963	65,26	22,5
100	2720	67,16	30
120	2383,33	70,36	35
140	2124	73,26	40
160	1927	76	45
180	1775,66	78,067	50
200	1611,66	80	55

Tabela A.3 –Valores médios da viscosidade aparente (mPa),tensão de cisalhamento (mPa)e taxa de deformação(s^{-1})para a polpa integral de Biribá em diferentes velocidades de rotação(rpm) na temperatura de 30°C.

Velocidade de rotação (RPM)	Viscosidade aparente (mPa)	Tensão de cisalhamento (Pa)	Taxa de deformação (S^{-1})
30	6744,33	49,5	7,5
40	5483,33	53,67	10
50	4646,67	56,83	12,5
60	4055,67	59,87	15
70	3576,33	61,57	17,5
80	3225	63,43	20
90	2933,33	65,23	22,5
100	2700	66,7	30
120	2372,33	70,23	35
140	2109,33	72,27	40
160	1904	75,27	45
180	1733,33	77,43	50
200	1605	79,26	55

Tabela A.4 – Análise de variância da viscosidade aparente para a polpa integral de biribá em diferentes velocidades de rotação (rpm) e temperaturas de 10, 20 e 30 °C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Rotação (F1)	12	359399550.2436	29949962.5203	1865.3976 **
Temperatura (F2)	3	881728.89103	293909.63034	18.3058 **
Interação (F1 x F2)	36	296209.19231	8228.03312	0.5125 *
Tratamentos	51	360577488.3269	7070146.82994	440.3556 **
Resíduo	104	1669776.00000	16055.53846	
Total	155	362247264.3269		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

APENDICE B

Tabela B.1 – Análise de variância da densidade da espuma de biribá obtida com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempos (F1)	4	0.01009	0.00252	1023.3680 **
% de aditivos (F2)	2	0.13189	0.06595	26765.462 **
Interação (F1 x F2)	8	0.00399	0.00050	202.4184 **
Tratamentos	14	0.14597	0.01043	4231.6961 **
Resíduo	30	0.00007	0.00000	
Total	44	0.14604		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela B.2 – Análise de variância da Expansão da espuma de biribá obtida com 1,5; 2,5 e 3,5% de ativos em diferentes tempos de batimento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempos (F1)	4	6182.91309	1545.72827	552.3222 **
% de aditivos (F2)	2	228753.06135	114376.53067	40869.216 **
Interação (F1 x F2)	8	4633.33655	579.16707	206.9489 **
Tratamentos	14	239569.31099	17112.09364	6114.5217 **
Resíduo	30	83.95797	2.79860	
Total	44	239653.26896		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

APENDICE C

Tabela C.1 –Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá secada por liofilização

Tempo	RU
0	1
60	0,73640553
120	0,59078341
180	0,461290323
300	0,288325653
420	0,110599078
720	0,0101382488
1440	0,0235023041
1620	0,00491551459
1740	0,00307219662
1860	0,00185867896
1980	0,000537634408
2880	0

Tabela C.2 –Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá adicionada de 1,5% de aditivos e secada método camada de espuma em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

40°C		50°C		60°C	
Tempo	RU	Tempo	RU	Tempo	RU
0	1	0	1	0	1
30	0,948231009	35	0,952750809	5	0,990222565
60	0,940166493	60	0,922200647	15	0,966036279
90	0,912851197	95	0,875987055	25	0,930657404
150	0,858870968	135	0,830679612	35	0,899395343
210	0,808662851	165	0,797540453	45	0,868905185
270	0,763397503	195	0,767508091	60	0,817830953
330	0,727887617	225	0,737993528	75	0,776662807
390	0,685223725	255	0,708478964	95	0,719670655
450	0,639568158	285	0,677928803	115	0,667953171
510	0,595603538	315	0,646860841	135	0,612247523
570	0,553980229	355	0,611262136	165	0,538273511
630	0,501300728	415	0,56815534	195	0,469059565
690	0,45694589	475	0,533462783	225	0,398687765
750	0,411940687	535	0,476375405	255	0,335777692
810	0,36719563	595	0,425372168	285	0,265663193
870	0,317377732	655	0,370355987	315	0,192461083
930	0,256633715	715	0,333721683	355	0,122861186
990	0,206685744	775	0,293592233	415	0,0487585231
1050	0,153225806	815	0,243883495	475	0,0140228998
1110	0,118886576	875	0,174239482	535	0,00077190274
1170	0,0798647242	935	0,129449838	600	0
1230	0,049037461	995	0,0856957929		
1290	0,0310874089	1055	0,0475080906		
1350	0,0219823101	1115	0,0221359223		
1410	0,00806451613	1175	0,0119093851		
1470	0,00312174818	1235	0,00375404531		
1530	0	1295	0		

Tabela C.3 –Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá adicionada de 2,5% de aditivos e secada método camada de espuma em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

40°C		50°C		60°C	
Tempo	RU	Tempo	RU	Tempo	RU
0	1	0	1	0	1
30	0,9668927	35	0,964973056	10	0,976888103
60	0,936976466	50	0,949448294	20	0,940136398
90	0,905730621	70	0,927764947	35	0,914498611
120	0,879404335	90	0,905183474	50	0,877746906
150	0,855205425	120	0,868360277	70	0,829881283
210	0,801090281	150	0,838850398	90	0,779237181
270	0,755484643	180	0,807544265	120	0,697650922
330	0,70668794	210	0,771747498	150	0,633367012
390	0,659087887	240	0,742237619	180	0,560242485
450	0,609360457	270	0,708878625	210	0,490654206
510	0,551921287	300	0,671670516	240	0,432053549
570	0,492221779	330	0,636771876	270	0,362970447
630	0,439569206	360	0,59430331	300	0,294518818
690	0,38518814	420	0,542725173	330	0,228971963
750	0,36098923	480	0,473312805	360	0,164182874
810	0,286265124	540	0,417372338	420	0,0831017934
870	0,209413642	600	0,333718245	480	0,0103561505
930	0,143199043	660	0,27752117	540	0,00101035615
990	0,08163808	720	0,180651783	600	0
1050	0,0477330142	780	0,141005902		
1110	0,0192793512	840	0,0762124711		
1170	0,00624916899	900	0,028355145		
1230	0,00226033772	960	0,00487554529		
1290	0	1020	0,000898126764		
		1080	0		

Tabela C.4 –Tempo, em minutos e razão de teor de água, adimensional, durante a cinética de secagem da polpa de biribá adicionada de 3,5% de aditivos e secada método camada de espuma em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

40°C		50°C		60°C	
Tempo	RU	Tempo	RU	Tempo	RU
0	1	0	1	0	1
30	0,961973602	30	0,978701565	20	0,969140625
60	0,934318039	60	0,92750834	40	0,919140625
90	0,898491515	90	0,905183474	60	0,861979167
120	0,866907605	120	0,868360277	80	0,817708333
150	0,84522313	150	0,838850398	100	0,761848958
210	0,793211816	210	0,771747498	120	0,722005208
270	0,743557511	270	0,708878625	140	0,6703125
330	0,68353237	330	0,636771876	160	0,62734375
390	0,633092395	390	0,59430331	180	0,58125
450	0,543840352	450	0,542725173	200	0,539973958
510	0,492771842	510	0,473312805	220	0,479036458
570	0,430389692	570	0,417372	240	0,434635417
630	0,369893149	630	0,333718245	260	0,387239583
690	0,305625393	690	0,27752117	280	0,337239583
750	0,239629164	750	0,180651783	300	0,283203125
810	0,150219987	810	0,141005902	330	0,210677083
870	0,0766813325	870	0,0762124711	360	0,140755208
930	0,0337837838	930	0,028355145	390	0,111328125
990	0,0169704588	960	0,00487554529	420	0,0430989583
1050	0,0100565682	1010	0,000898126764	450	0,00950520833
1110	0,00722815839	1030	0	480	0,00078125
1170	0,00628535512			510	0
1230	0				

APENDICE D

Tabela D.1 – Análise de variância dos valores médios do teor de água (% b.u) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.11487	0.05744	0.0620 ns
Temperatura (F2)	2	112.65499	56.32749	60.7601 **
Interação (F1 x F2)	4	31.72606	7.93151	8.5557 **
Tratamentos	8	144.49592	18.06199	19.4833 **
Resíduo	18	18	16.68687	0.92705
Total	26	161.18279		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.2 – Análise de variância dos valores médios de atividade de água da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.00110	0.00055	4.2673 *
Temperatura (F2)	2	0.02359	0.01179	91.6056 **
Interação (F1 x F2)	4	0.00938	0.00235	18.2221 **
Tratamentos	8	0.03407	0.00426	33.0793 **
Resíduo	18	0.00232	0.00013	
Total	26	0.03639		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.3 – Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% Ácido cítrico) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	2.63861	1.31930	534.1084 **
Temperatura (F2)	2	4.43934	2.21967	898.6123 **
Interação (F1 x F2)	4	1.76226	0.44057	178.3588 **
Tratamentos	8	8.84021	1.10503	447.3596 **
Resíduo	18	0.04446	0.00247	
Total	26	8.88467		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.4 – Análise de variância dos valores médios de pH da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.42996	0.21498	1568.7568 **
Temperatura (F2)	2	0.99887	0.49943	3644.5135 **
Interação (F1 x F2)	4	0.53538	0.13384	976.7027 **
Tratamentos	8	1.96420	0.24552	1791.6689 **

Resíduo	18	0.00247	0.00014
Total	26	1.96667	

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.5 – Análise de variância dos valores médios de vitamina C (mg/100g) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	87.07865	43.53932	197.0524 **
Temperatura (F2)	2	176.53948	88.26974	399.4956 **
Interação (F1 x F2)	4	36.42905	9.10726	41.2181 **
Tratamentos	8	300.04718	37.50590	169.7460 **
Resíduo	18	3.97715	0.22095	
Total	26	304.02433		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.6 – Análise de variância dos valores médios de lipídeos (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.00003	0.00001	0.1040 ns
Temperatura (F2)	2	0.00065	0.00032	2.4802 ns
Interação (F1 x F2)	4	0.00116	0.00029	2.2081 ns
Tratamentos	8	0.00183	0.00023	1.7501 ns
Resíduo	18	0.00235	0.00013	
Total	26	0.00419		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.7 – Análise de variância dos valores médios de proteínas (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.04065	0.02032	2.6250 ns
Temperatura (F2)	2	0.01962	0.00981	1.2673 ns
Interação (F1 x F2)	4	0.04466	0.01117	1.4421 ns
Tratamentos	8	0.10493	0.01312	1.6941 ns
Resíduo	18	0.13936	0.00774	
Total	26	0.24430		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.8 – Análise de variância dos valores médios de açúcares totais (%) da polpa de biribá (*Rollinia mucosa*) em pó obtida pela desidratação usando o

método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	4.74144	2.37072	11.2321 **
Temperatura (F2)	2	229.57228	114.78614	543.8368 **
Interação (F1 x F2)	4	30.57150	7.64288	36.2106 **
Tratamentos	8	264.88522	33.11065	156.8725 **
Resíduo	18	3.79921	0.21107	
Total	26	268.68443		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.9 – Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.90815	0.45408	0.5046 ns
Temperatura (F2)	2	141.40793	70.70396	78.5706 **
Interação (F1 x F2)	4	21.67102	5.41776	6.0205 **
Tratamentos	8	163.98710	20.49839	22.7791 **
Resíduo	18	16.19780	0.89988	
Total	26	180.18490		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.10 – Análise de variância dos valores médios de açúcares não redutores (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.25666	0.12833	0.5781 ns
Temperatura (F2)	2	8.85659	4.42829	19.9473 **
Interação (F1 x F2)	4	3.08913	0.77228	3.4788 *
Tratamentos	8	12.2023	1.52530	6.8707 **
Resíduo	18	3.99600	0.22200	
Total	26	16.19838		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.11 – Análise de variância dos valores médios de luminosidade (L^*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	951.60312	475.80156	5385.0780 **
Temperatura (F2)	2	1512.44890	756.22445	8558.8783 **
Interação (F1 x F2)	4	1533.93399	383.48350	4340.2307 **
Tratamentos	8	3997.98601	499.74825	5656.1044 **
Resíduo	18	1.59040	0.08836	
Total	26	3999.57641		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.12 – Análise de variância dos valores médios de Intensidade de vermelho (+a*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	40.38012	20.19006	1447.1240 **
Temperatura (F2)	2	51.98756	25.99378	1863.1062 **
Interação (F1 x F2)	4	19.53848	4.88462	350.1055 **
Tratamentos	8	111.90616	13.98827	1002.6103 **
Resíduo	18	0.25113	0.01395	
Total	26	112.15730		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.13 – Análise de variância dos valores médios de Intensidade de amarelo (+b*) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	30.51125	15.25563	133.6953 **
Temperatura (F2)	2	262.17605	131.08803	1148.8126 **
Interação (F1 x F2)	4	161.05517	40.26379	352.8587 **
Tratamentos	8	453.74247	56.71781	497.0563 **
Resíduo	18	2.05393	0.11411	
Total	26	455.79641		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.14 – Análise de variância dos valores médios de rendimento (%) da polpa de biribá em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	6.61976	3.30988	29.9728 **
Temperatura (F2)	2	6.94112	3.47056	31.4278 **
Interação (F1 x F2)	4	12.0239	3.00598	27.2207 **
Tratamentos	8	25.58479	3.19810	28.9605 **
Resíduo	18	1.98773	0.11043	
Total	26	27.57252		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.15 – Análise de variância dos valores médios de cinzas (%) da polpa de biribá (*Rollinia mucosa*) em pó obtida pela desidratação usando o método camada de espuma com 1,5; 2,5 e 3,5% de aditivos e em temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Aditivo (F1)	2	0.16869	0.08434	1273.4687 **
Temperatura (F2)	2	0.04914	0.02457	370.9307 **
Interação (F1 x F2)	4	0.66551	0.16638	2512.0470 **
Tratamentos	8	0.88334	0.11042	1667.1233 **
Resíduo	18	0.00119	0.00007	
Total	26	0.88453		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

APENDICE E

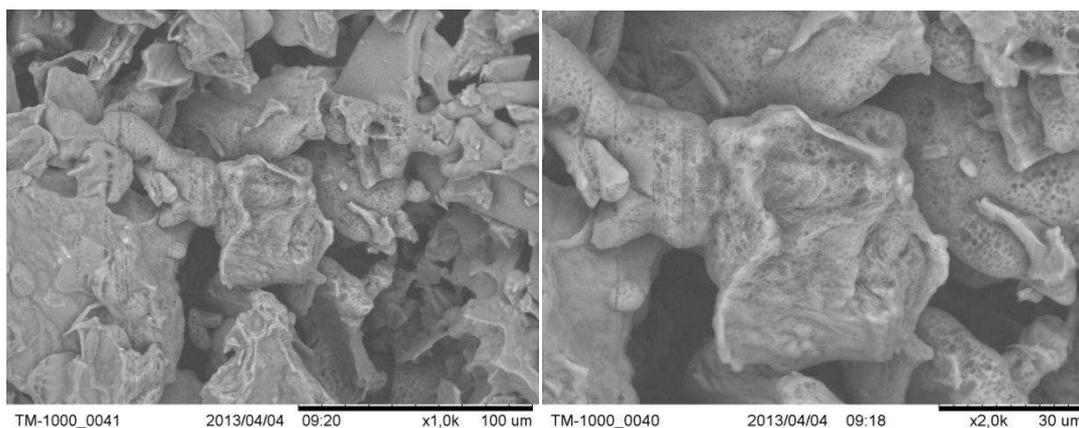


Figura E.1 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método de Liofilização.

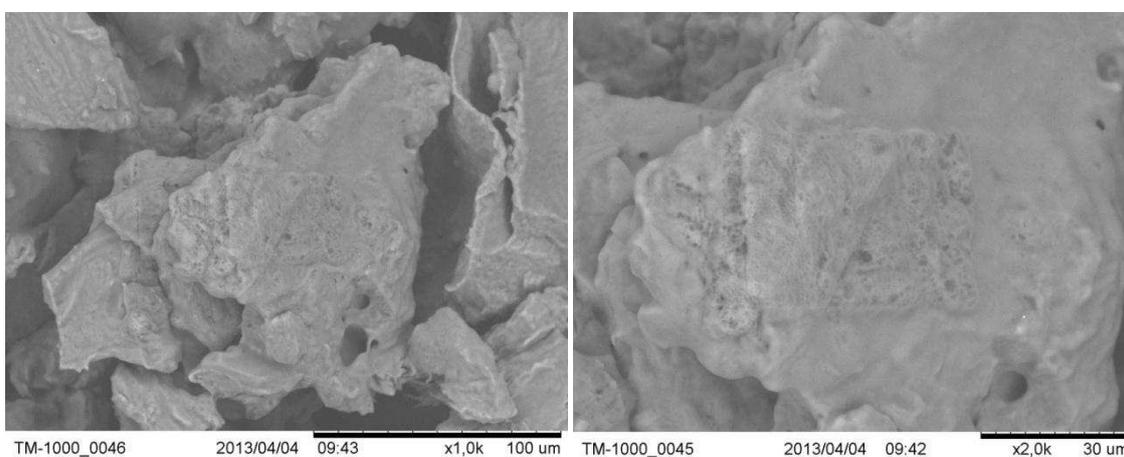


Figura E.2 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 40°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 1000 e 2000X.

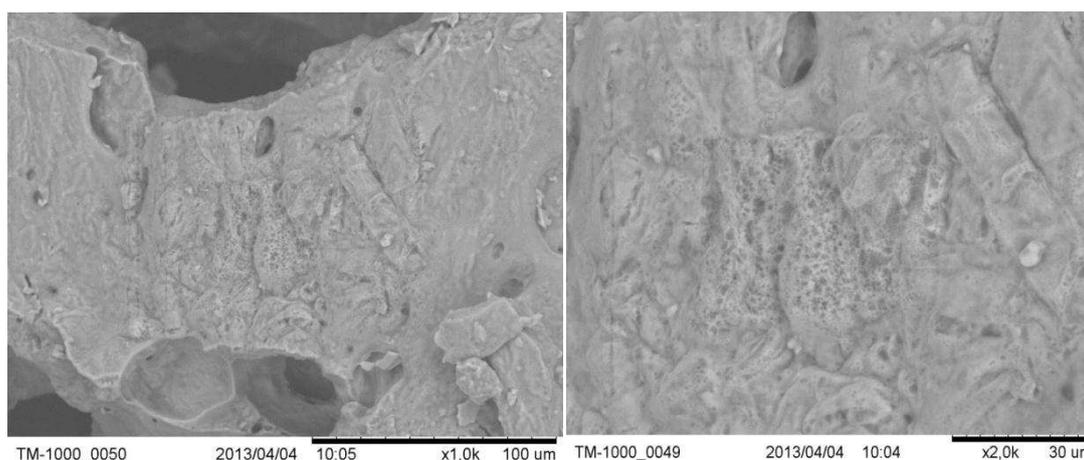


Figura E.3 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 50°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

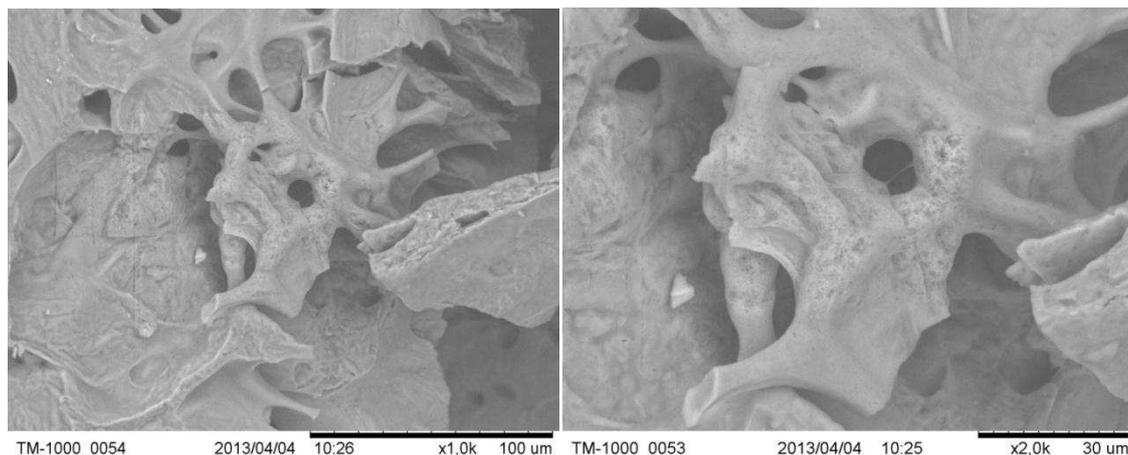


Figura E.4 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivos e em temperatura de 60°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

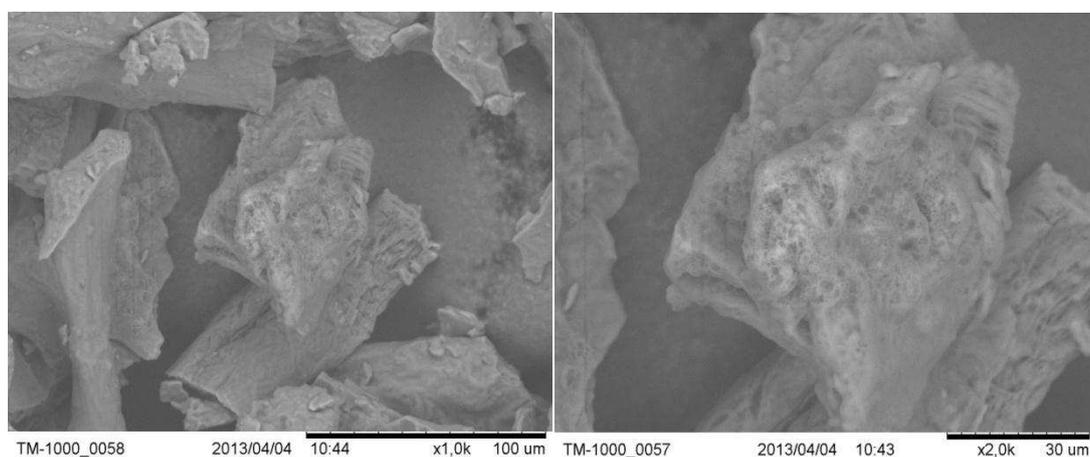


Figura E.5 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 40°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

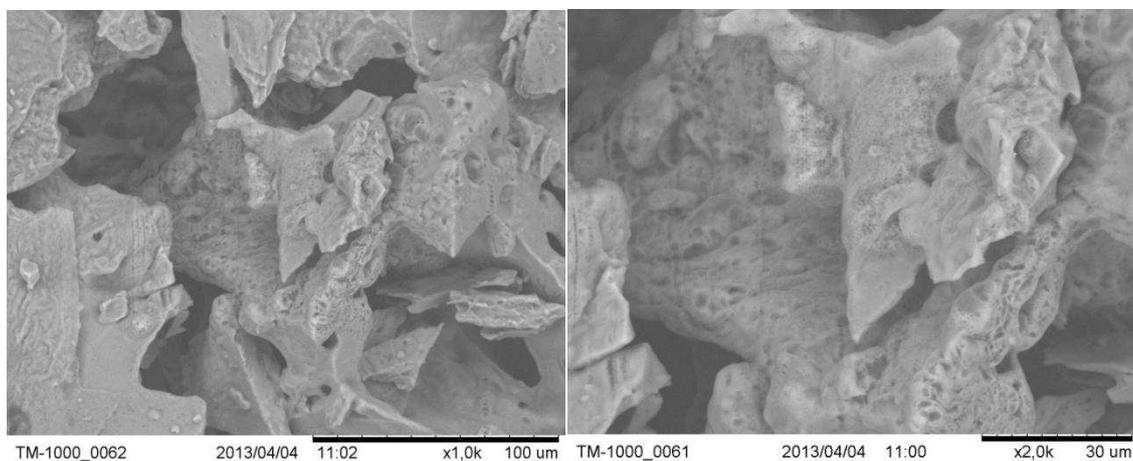


Figura E.6 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 50°C, obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

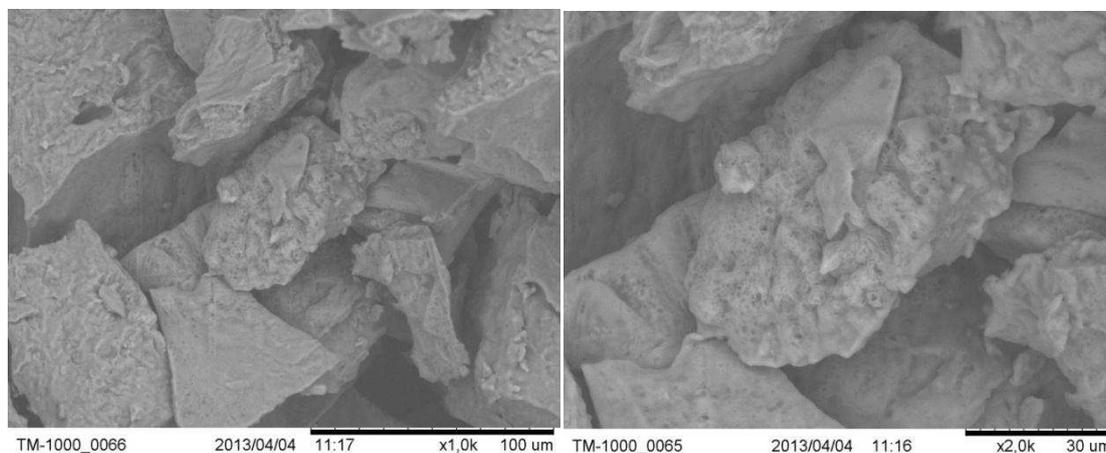


Figura E.7 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivos e em temperatura de 60°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

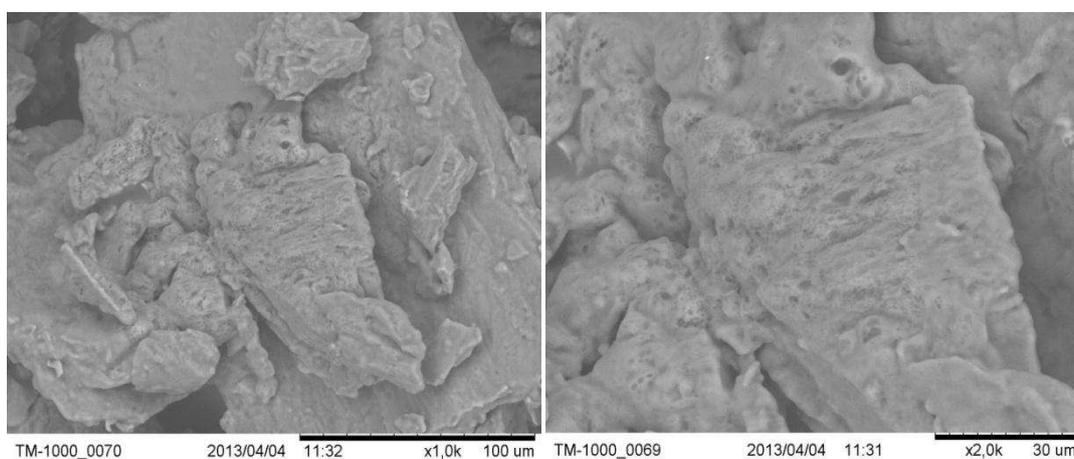


Figura E.8 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 40°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

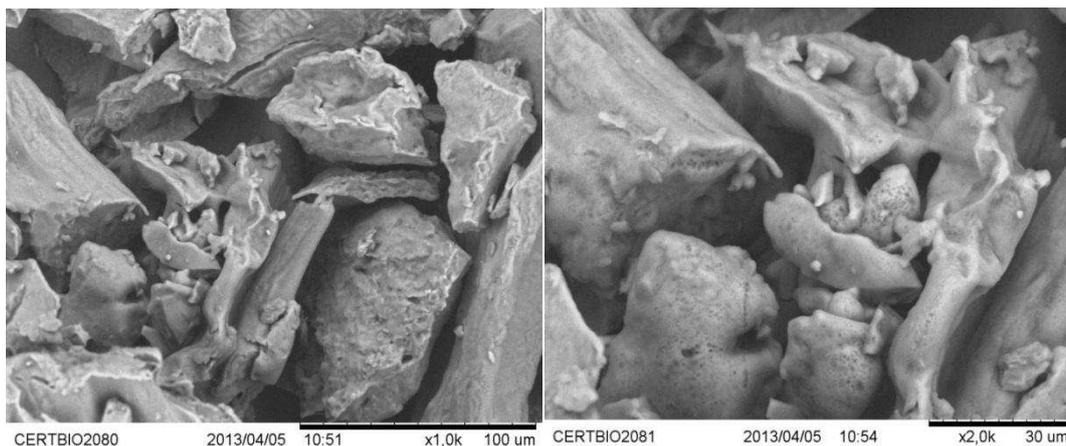


Figura E.9 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 50°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

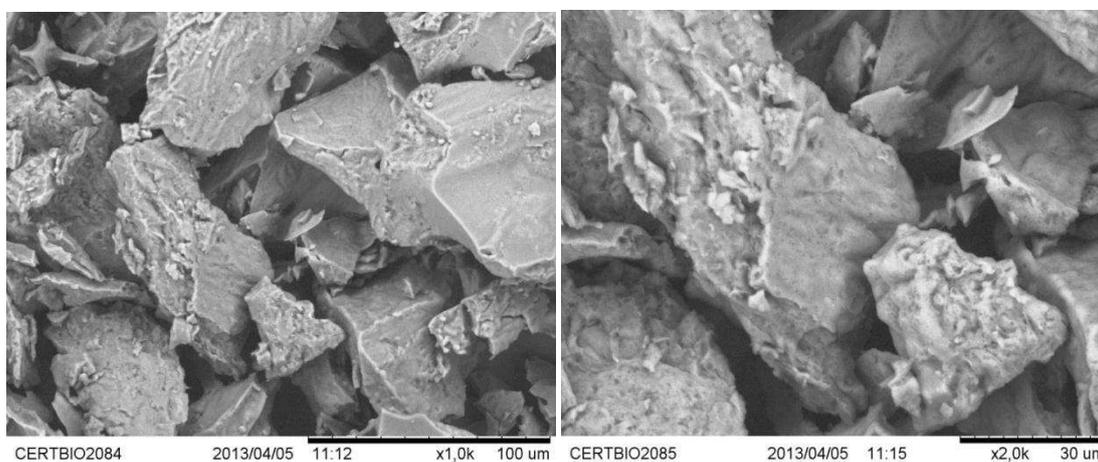


Figura E.10 – Fotomicrografia da polpa de biribá em pó desidratada pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivos e em temperatura de 60°C obtida por microscopia eletrônica com aumento de 500 e 5000X.

APENDICE F

Tabela F.1—Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá (desidratada pelo método de Liofilização).

aw	Ueq(%b.s.)
0,268	21,737
0,429	27,892
0,486	31,495
0,524	32,519
0,564	34,573
0,594	36,565
0,624	39,521
0,652	41,390
0,699	45,494
0,716	48,809
0,728	50,377
0,747	52,490
0,839	79,151
0,848	81,376
0,889	102,786
0,915	130,942

Tabela F.2 –Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá adicionada 1,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60°C desidratada pelo método camada de espuma

Temperatura(°C)					
40		50		60	
A	Ueq(%b.s.)	aw	Ueq(%b.s.)	aw	Ueq(%b.s.)
0,424	28,963	0,323	4,737	0,313	12,823
0,470	30,754	0,466	8,954	0,458	8,034
0,543	34,399	0,533	12,390	0,528	10,608
0,601	37,852	0,562	14,784	0,582	14,365
0,638	40,793	0,590	17,752	0,611	16,424
0,662	43,095	0,614	19,470	0,652	20,027
0,701	47,698	0,682	23,790	0,686	22,858
0,743	52,749	0,704	26,497	0,718	26,615
0,758	56,202	0,753	32,483	0,753	31,299
0,784	61,253	0,763	33,993	0,787	36,652
0,801	65,537	0,785	37,064	0,803	40,049
0,812	68,670	0,801	41,437	0,827	46,534

0,841	77,558	0,818	45,133	0,877	65,577
0,880	97,251	0,830	48,516	0,883	70,055
0,911	123,785	0,888	73,555	0,897	79,011
0,921	137,340	0,911	91,150	0,910	86,526

Tabela F.3 –Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá adicionada 2,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60°C desidratada pelo método camada de espuma

Temperatura(°C)					
40		50		60	
aw	Ueq(%b.s.)	aw	Ueq(%b.s.)	aw	Ueq(%b.s.)
0,401	28,670	0,331	5,955	0,322	2,903
0,498	30,243	0,490	9,016	0,462	6,083
0,537	32,801	0,543	12,130	0,524	8,493
0,584	35,513	0,568	13,768	0,564	10,751
0,606	38,290	0,602	17,677	0,552	13,367
0,633	39,748	0,647	19,522	0,633	15,624
0,678	42,819	0,685	23,694	0,680	19,370
0,710	46,744	0,748	29,447	0,704	21,422
0,732	50,142	0,757	33,728	0,724	23,372
0,778	56,278	0,781	34,937	0,742	26,348
0,793	62,027	0,802	39,531	0,762	28,605
0,813	66,318	0,817	42,118	0,773	30,811
0,835	72,020	0,829	45,867	0,803	36,556
0,871	86,271	0,845	50,406	0,826	41,533
0,905	95,212	0,889	69,202	0,887	65,183
0,919	117,757	0,913	87,414	0,916	85,342

Tabela F.4 – Valores médios do teor de água de equilíbrio (% b.s) em função da atividade de água das amostras em pó produzidas a partir da polpa biribá adicionada 3,5% de aditivo e temperaturas de 40,50 e 60°C desidratada pelo método camada de espuma.

A	Temperatura(°C)				
	40		50		60
	Ueq(%b.s.)	aw	Ueq(%b.s.)	aw	Ueq(%b.s.)
0,365	13,179	0,354	5,355	0,333	4,049
0,479	17,024	0,487	6,521	0,472	8,080
0,538	20,592	0,501	8,458	0,518	10,907
0,579	23,551	0,546	10,876	0,568	13,080
0,613	26,100	0,589	13,560	0,598	16,432
0,630	27,029	0,622	15,716	0,625	17,426
0,677	29,993	0,650	19,137	0,665	20,544
0,718	36,067	0,683	22,029	0,697	23,263
0,741	39,643	0,708	24,659	0,711	25,683
0,770	43,828	0,739	28,657	0,750	29,932
0,795	48,601	0,753	30,287	0,782	35,247
0,815	53,186	0,785	35,389	0,800	39,020
0,822	54,482	0,815	42,018	0,856	53,810
0,859	68,285	0,880	64,582	0,881	63,889
0,885	82,657	0,911	85,674	0,900	77,287
0,910	98,528	0,918	97,540	0,909	81,716

APENDICE G

Tabela G.1 – Análise de variância para o atributo sabor do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	9	88,00667	9.77852	12.1941 **
Resíduo	140	112.26667		
Total	149	200,27333		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela G.2– Análise de variância para o atributo aroma do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	9	26.59333	2.95481	3.3687 **
Resíduo	140	122.80000	0.87714	
Total	149	149.39333		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela G.3–Análise de variância para o atributo aparência do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	9	41.36000	4.59556	7.1065 **
Resíduo	140	90.53333	0.64667	
Total	149	131.89333		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela G.4 – Análise de variância para o atributo cor do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	9	84.94000	9.43778	16.8532 **
Resíduo	140	78.40000	0.56000	
Total	149	163.34000		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela G.5 – Análise de variância para o atributo intenção de compra do teste de aceitação da análise sensorial do refresco de biribá

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	9	103.49333	11.49926	15.7833 **
Resíduo	140	102.00000	0.72857	
Total	149	205.49333		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

APENDICE H

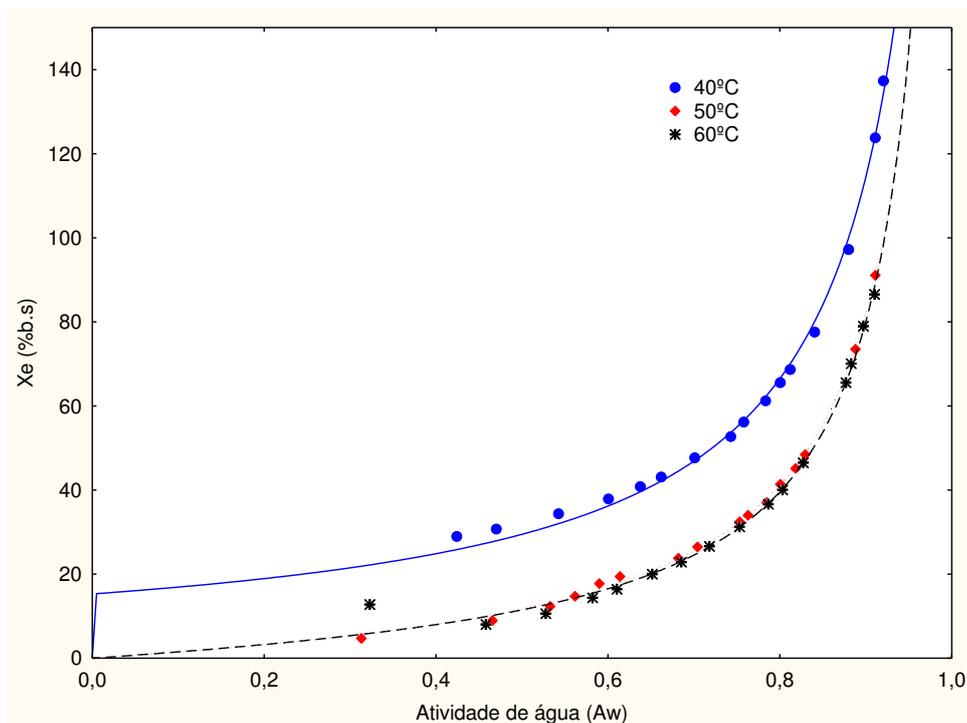


Figura H 1– Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de GAB

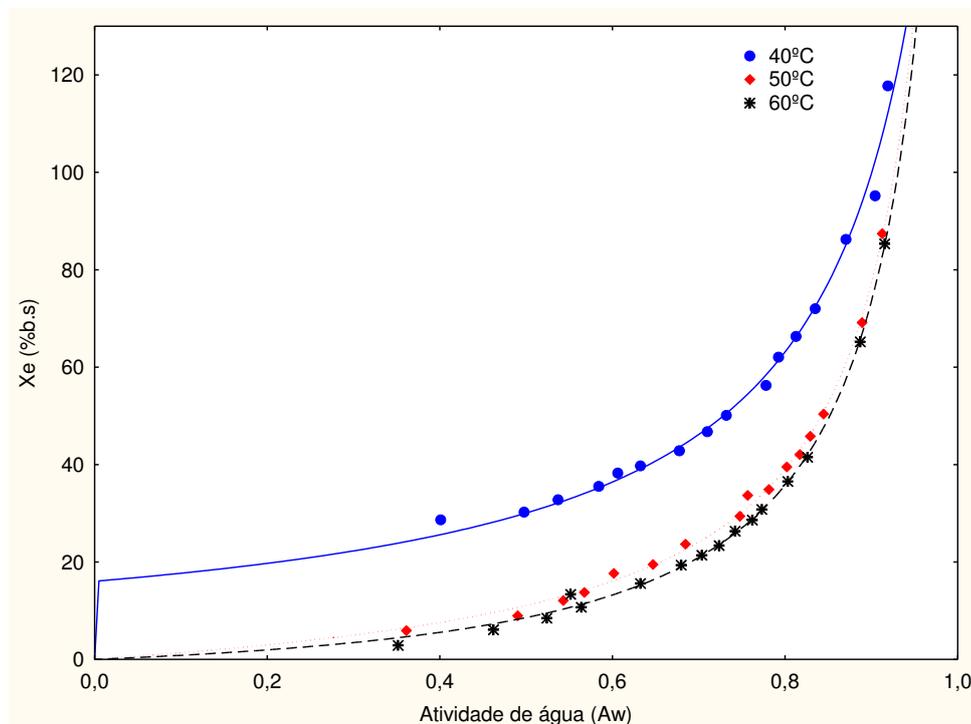


Figura H.2 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de GAB

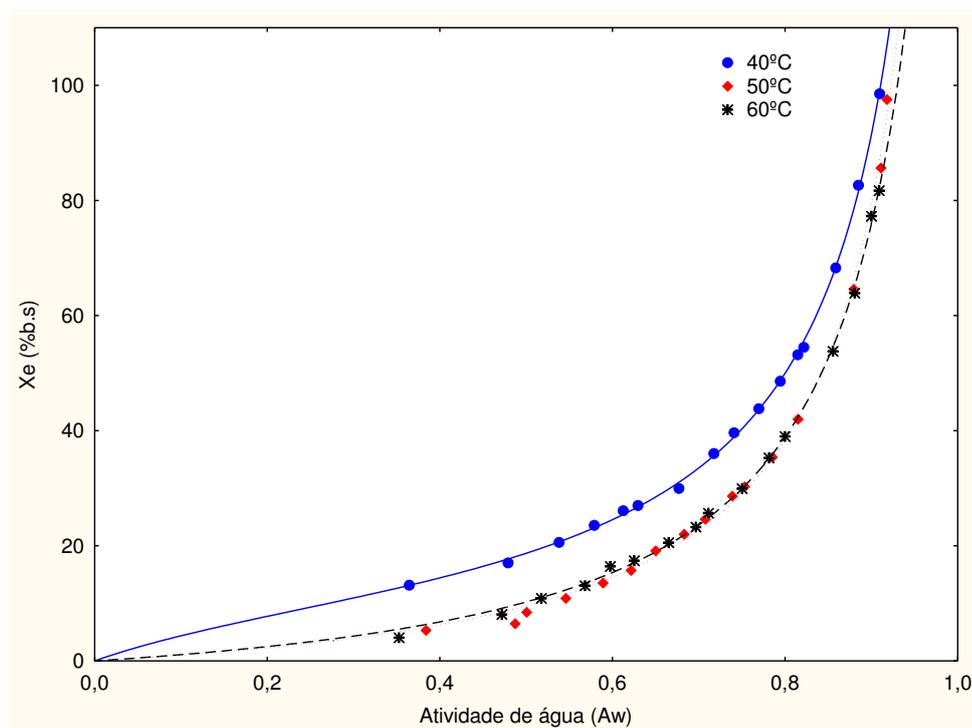


Figura H.3 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de GAB

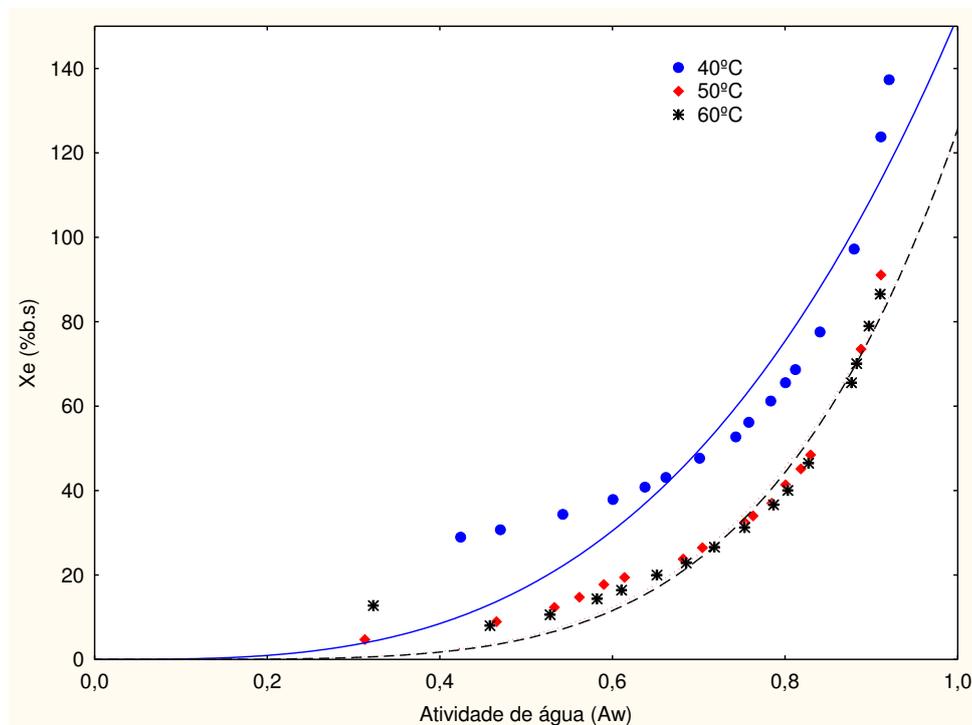


Figura H.4 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de Halsey

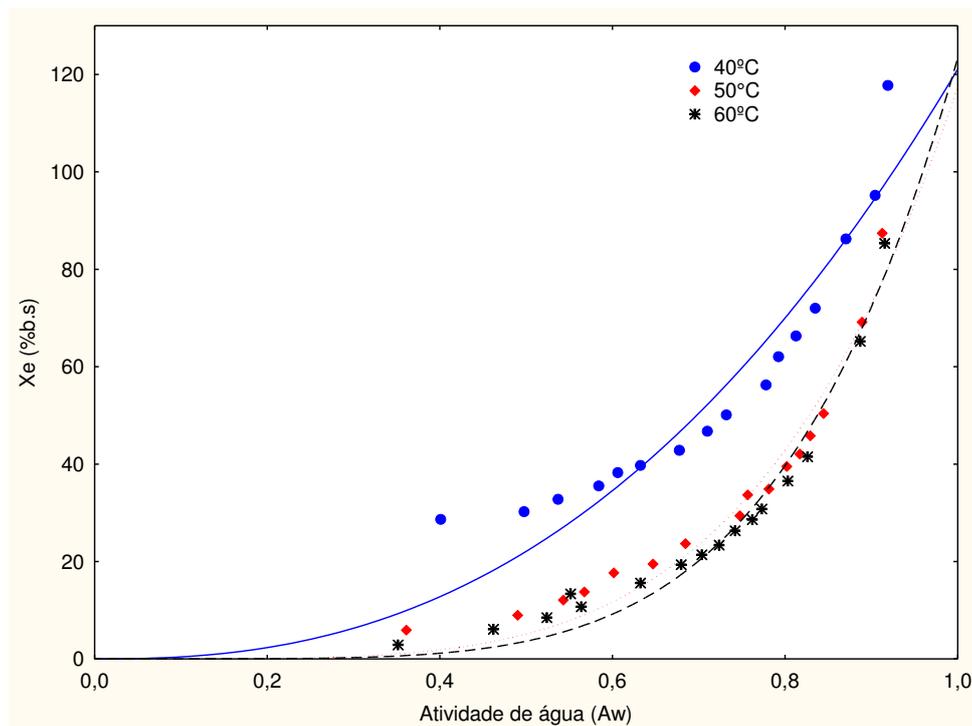


Figura H.5 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de Halsey

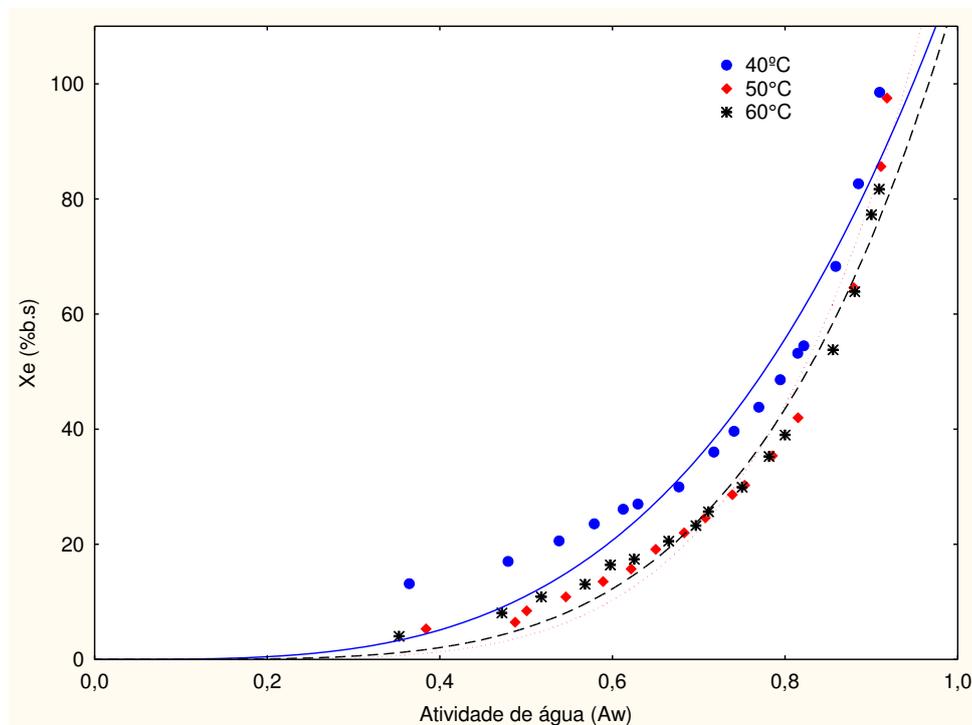


Figura H.6 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de Halsey

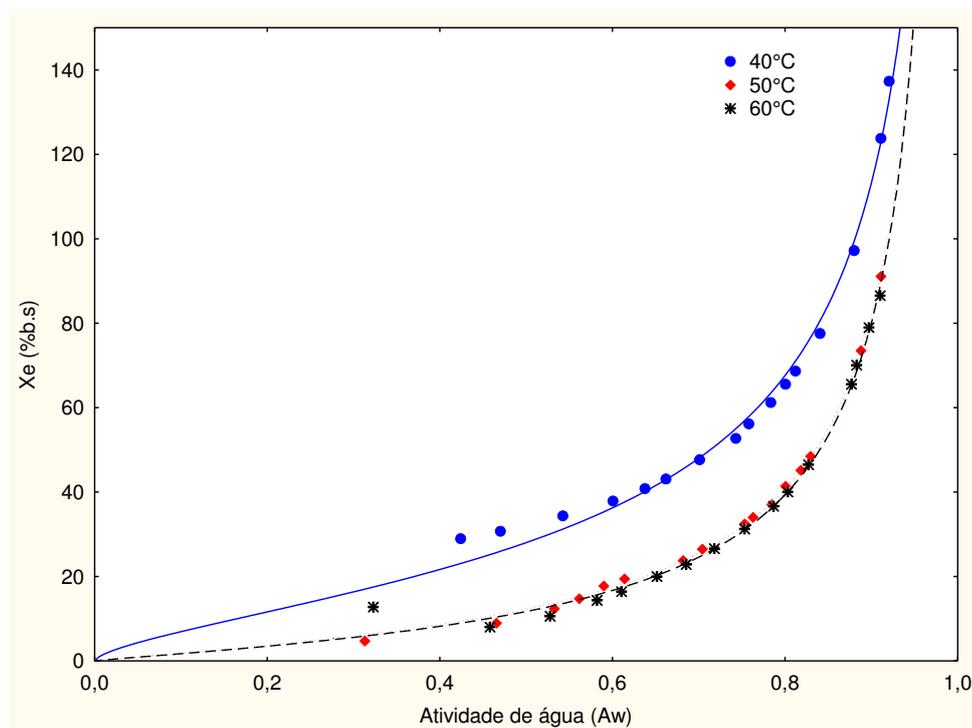


Figura H.7 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 1,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de Oswin

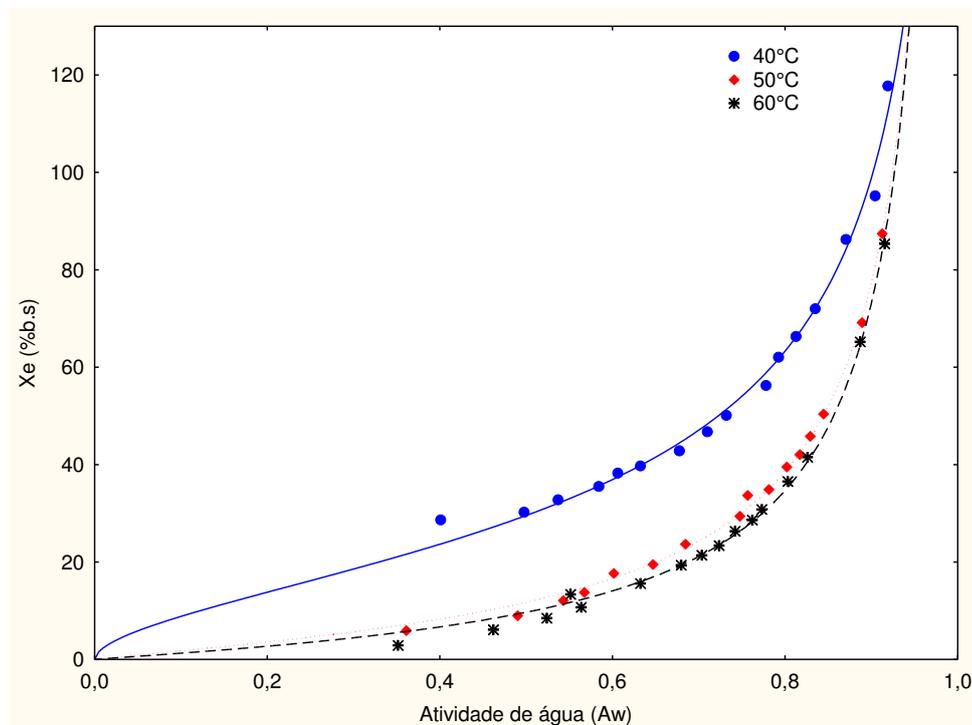


Figura H.8 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 2,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de Oswin

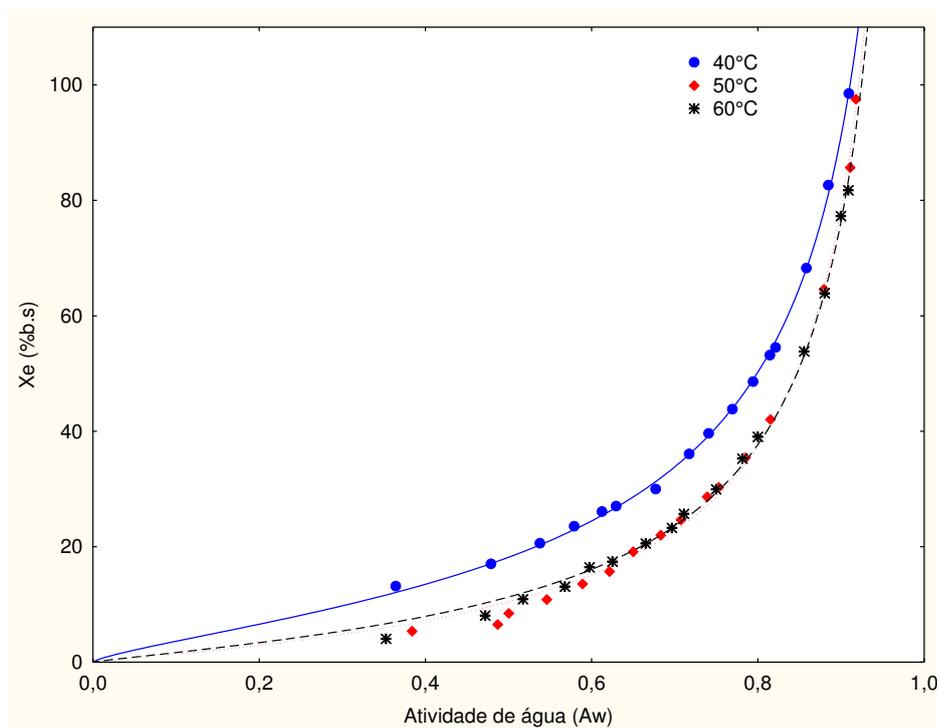


Figura H.9 – Isotermas de adsorção de água a 25°C das amostras em pó produzidas pelo método camada de espuma com 3,5% de aditivo e temperatura de secagem a 40, 50 e 60°C, com ajustes pelo modelo de Oswin