

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ANA PAULA DE SOUZA

**COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO, AVALIAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E  
MINERAL DO PREPARADO SÓLIDO PARA REFRESCO NOS SABORES  
MANGA, LARANJA, MARACUJÁ E ABACAXI.**

FORTALEZA – CE  
2007

**ANA PAULA DE SOUZA**

**COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO E AVALIAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA  
E MINERAL DO PREPARADO SÓLIDO PARA REFRESCO NOS SABORES  
MANGA, LARANJA, MARACUJÁ E ABACAXI.**

Dissertação submetida à coordenação do curso de  
pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, da  
Universidade Federal do Ceará, para obtenção do  
Grau de MESTRE.

**PROF. DR. JOSÉ MARIA CORREIA DA COSTA**  
Orientador

**PROF. DR. GERALDO ARRAES MAIA**  
Co-orientador

**FORTALEZA – CE**  
2007

S713c Souza, Ana Paula de

Comportamento higroscópico, avaliação física, físico-química e mineral do preparado sólido para refresco nos sabores manga, laranja, maracujá e abacaxi [manuscrito] / Ana Paula de Souza  
71 f. : il. ; enc.

Orientador: José Maria Correia da Costa

Co-orientador: Geraldo Arres Maia

Área de concentração: Controle da qualidade

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará,  
Fortaleza, 2007

1. Transição vítrea 2. Vitamina C 3. Atividade de água I. Costa, José Maria Correia da (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Mestrado em Tecnologia de Alimentos III. Título

CDD 664

ANA PAULA DE SOUZA

**COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO E AVALIAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA  
E MINERAL DO PREPARADO SÓLIDO PARA REFRESCO NOS SABORES  
MANGA, LARANJA, MARACUJÁ E ABACAXI.**

Esta dissertação foi submetida a exame como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de MESTRE em Tecnologia de Alimentos, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas de ética científica.

Dissertação aprovada em: 13/08/2007

---

**Ana Paula de Souza**

Por:

BANCA EXAMINADORA

---

Professor Dr. José Maria Correia da Costa (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Professor Dr. Geraldo Arraes Maia (Co-orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Professor Dr. Marcos Afonso Amorim Rodrigues  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Professor Dr. Raimundo Willane de Figueiredo  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Professor Dr. Fernando Felipe Ferreya Hernandez  
Universidade Federal do Ceará – UFC

**A Deus, pelo dom precioso da vida e pela força para vencer mais essa etapa.**

**A minha família pela força e apoio.**

**Ao, Marcelo, por todo amor, companheirismo e incentivo dados nesta  
empreitada.**

**Aos amigos adquiridos nesta jornada acadêmica.**

**Dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho foi possível graças à colaboração direta ou indireta de várias pessoas. Manifestamos nossa gratidão a todas elas, e de forma particular:

A Deus, razão maior da existência de todos nós, que sempre esteve comigo em todos os momentos, iluminando meu caminho durante toda a minha trajetória.

Aos meus pais que não mediram esforços em toda a minha formação acadêmica.

Aos meus irmãos, Nonato, Expedita, Marcos e Cláudia por tudo que me ensinaram.

Aos meus sobrinhos Thiago, Thales, Matheus e Nathan que com suas juventudes alegrem toda a família.

Ao Marcelo, pela sua presença companheira em mais uma etapa de minha vida.

Ao Sr. Vandik Sampaio, Sra. Socorro Sampaio e Marcio Sampaio por me permitirem fazer parte de suas vidas e por toda ajuda.

Ao prof. José Maria Correia da Costa, pela orientação e ensino do decorrer de todo o curso de mestrado e pelo incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao professor Geraldo Arraes Maia, por sua contribuição durante o curso de mestrado e na avaliação desta dissertação.

Ao professor Marcos Afonso Amorim, por sua solicitude, palavras de incentivo e grande ajuda nesta empreitada.

Ao professor Raimundo Willane Figueiredo por aceitar participar desta banca.

Ao professor Fernando Hernandez, do Departamento de Solos juntamente com Dona Fátima, pela colaboração nas análises de minerais realizadas em seu laboratório.

Ao Sr. Paulo da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, pela sua ajuda na realização das análises granulométricas.

Aos amigos Aline, Ana Maria, Daniele, Gerusa, Giovana, Tatiana, Paulo Henrique, Patrícia, Dona Hilda, Vandira, Armando, etc pela preciosa amizade, incentivo e cumplicidade em todos os momentos. Sintam-se participantes desta conquista.

Aos amigos do curso de mestrado, Daniela, Maria, Anália, Syntia por terem tornado mais leve a jornada.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, especialmente ao Paulo Mendes, secretário do curso de mestrado.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos os professores do curso de mestrado, pelo cumprimento da missão de transmitir conhecimentos e experiência.

Aos demais amigos, que direta ou indiretamente também contribuíram para a realização deste projeto.

Meu muito obrigada.

**“O que quer que possa fazer ou sonhar em fazer comece-o, existe algo de genialidade, de poder e de magia na coragem”.**

**Goethe**



## RESUMO

SOUZA, A. P. **Comportamento higroscópico e avaliação física, físico-química e mineral do preparado sólido para refresco nos sabores manga, laranja, maracujá e abacaxi.** Fortaleza: UFC, 2007. 103p. (Dissertação – Mestrado em Ciências dos Alimentos).

Os preparados sólidos para refresco já estão perfeitamente integrados ao dia-a-dia do consumidor brasileiro, em função da sua facilidade de preparo, rendimento e preço de mercado, bastante inferior, se comparado às bebidas prontas para o consumo, o que o torna mais acessível economicamente, principalmente para as populações de baixa renda. Dentro deste contexto, neste trabalho objetivou-se avaliar a composição física, físico-química, mineral e o comportamento higroscópico de quatro diferentes marcas de preparado sólido para refresco nos sabores manga, laranja, maracujá e abacaxi. Foram realizadas as seguintes análises: granulometria, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável, umidade, pH, ácido ascórbico, açúcares redutores, açúcares totais, cinzas e minerais. As isotermas de adsorção foram construídas através do ajuste de dados experimentais aos modelos matemáticos de BET, GAB, Oswim e Henderson. Os resultados da avaliação físico-químicas mostram que os preparados sólidos para refresco de manga, laranja, maracujá e abacaxi são fontes consideráveis de ácido ascórbico e açúcar redutor e no que se refere à composição mineral são fontes importantes de cálcio, sódio e potássio. Foi também constatado que estes preparados sólidos estudados são produtos muito higroscópicos.

Palavra-chave: adsorção, isotermas, pós alimentícios, preparado sólidos, ácido ascórbico

## ABSTRACT

SOUZA, A. Q. Hygroscopic behavior and physical evaluation, physical-chemical and mineral of solid preparation to drink in flavors mango, orange, passion fruit and pineapple. Fortress: UFC, 2007. 103p. (Dissertation - Master of Science of Food).

The solid preparations to drink are part of the day-to-day of the Brazilian consumer, according to their ease of preparation, performance and its market price is significantly lower as compared, to beverages ready for consumption, which makes it more economically accessible, especially to people of low income. Within this context, this study aimed to evaluate the physical composition, physical chemistry, mineral and hygroscopic behaviour of four different brands of solid preparation to drink in flavors mango, orange, passion fruit and pineapple. We performed the following analysis: size, soluble solids ( $^{\circ}$  Brix), acidity, moisture, pH, ascorbic acid, reducing sugars, total sugars, ash and minerals. The adsorption isotherms were built through the adjustment of experimental data to mathematical models of BET, GAB, Oswim and Henderson. The results of the evaluation show that physical and chemical preparations for solid drink's of mango, orange, passion fruit and pineapple are significant sources of ascorbic acid and reducing sugar and in relation to their mineral composition, are important sources of calcium, sodium and potassium. It was also noted that these products are very hygroscopic.

Keyword: adsorption, isotherms, after food, prepared solid, ascorbic acid

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Transição do açúcar do estado vítreo ao estado cristalino.	...25
<b>Figura 2</b> - Isoterma de sorção de água de um alimento desidratado.	...27
<b>Figura 3</b> - Isotermas de absorção d'água de um sistema alimentício cristalino e não cristalino.	...35
<b>Figura 4</b> - Representação esquemática de uma célula utilizada para estabelecer o equilíbrio dos diferentes preparados sólidos para refrescos.	...43
<b>Figura 5</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca A à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...53
<b>Figura 6</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca B à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...53
<b>Figura 7</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca C à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...54
<b>Figura 8</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca D à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...54
<b>Figura 9</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca A à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...61
<b>Figura 10</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca B à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...62
<b>Figura 11</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca C à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...62
<b>Figura 12</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca D à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...63
<b>Figura 13</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca A à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...70
<b>Figura 14</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca B à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...70
<b>Figura 15</b> - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca C à $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$	...71

**Figura 16** - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca D à  $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  ...71

**Figura 17** - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca A à  $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  ...78

**Figura 18** - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca B à  $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  ...79

**Figura 19** - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca C à  $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  ...79

**Figura 20** - Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca D à  $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  ...80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Informações contidas nos rótulos dos preparados sólidos para refrescos nos sabores: abacaxi, maracujá, manga e laranja de quatro marcas diferentes.	.....38
<b>Tabela 2</b> - Atividade de água à 21,°C ±2,°C de soluções saturadas utilizadas por GREESPAN	.....43
<b>Tabela 3</b> - Valores médios dos parâmetros físico-químicos do preparado sólido para refresco de abacaxi de quatro marcas comerciais diferentes.	.....47
<b>Tabela 4</b> - Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de abacaxi de quatro marcas comerciais diferentes.	.....49
<b>Tabela 5</b> - Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de abacaxi.	.....51
<b>Tabela 6</b> - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de abacaxi aos modelos testados, erro médio e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a temperatura de 21°C..	.....52
<b>Tabela 7</b> - Valores médios da caracterização físico-química do preparado sólido para refresco de maracujá de quatro marcas comerciais diferentes.	.....56
<b>Tabela 8</b> - Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de maracujá de quatro marcas comerciais diferentes.	.....57
<b>Tabela 9</b> - Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de maracujá.	..... 60
<b>Tabela 10</b> - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de maracujá aos modelos testados, erro médio e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a temperatura de 21°C.	61
<b>Tabela 11</b> - Valores médios da caracterização físico-química do preparado sólido para refresco de laranja de quatro marcas comerciais diferentes.	.....64
<b>Tabela 12</b> - Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de laranja de quatro marcas comerciais diferentes.	.....65
<b>Tabela 13</b> - Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de laranja.	.....67
<b>Tabela 14</b> - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de laranja aos modelos testados, erro médio e o coeficiente de	.....69

determinação ( $R^2$ ) para a temperatura de 21°C.

**Tabela 15** - Valores médios da caracterização físico-química do preparado sólido para refresco de manga de quatro marcas comerciais diferentes. ....72

**Tabela 16** - Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de manga de quatro marcas comerciais diferentes .....74

**Tabela 17** - Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de manga. 76

**Tabela 18** - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de manga aos modelos testados, erro médio e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a temperatura de 21°C. ....77

## SUMÁRIO

### LISTA DE FIGURAS.

### LISTA DE TABELAS.

<b>1. INTRODUÇÃO.</b>	....14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.</b>	....16
<b>2.1. Preparado sólido para refresco</b>	....16
2.1.1. Classificação	....17
2.2. Higroscopicidade	....19
2.3. Estado vítreo	....20
2.4. Sorção d'água	....21
2.4.1. Modelos matemáticos de isoterma de adsorção	....25
2.5. Sorção d'água e transição vítrea	....30
<b>3. MATERIAIS E METODOS</b>	....32
<b>3.1. Matéria-prima</b>	....32
3.2. Análise física	....34
3.3. Análise físico-química	....34
3.3.1. Sólidos solúveis totais	....34
3.3.2. Acidez total titulável	....35
3.3.3. Umidade	....35
3.3.4. pH	....35
3.3.5. Vitamina C	....35
3.3.6. Cinzas	....36
3.3.7. Açúcares redutores	....36
3.3.8. Açúcares não-redutores	....36
3.3.9. Açúcares totais	....37
3.4. Análise mineral	....37

3.4.1. Cálcio, sódio e potássio	....37
3.4.2. Ferro, manganês, magnésio, cobre e zinco	....37
3.5. Modelagem da isoterma de sorção	....37
3.6. Análise estatística	....40
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	....41
4.1. Caracterização do preparado sólido para refresco de abacaxi.	....41
4.2. Caracterização do preparado sólido para refresco de maracujá	....50
4.3. Caracterização do preparado sólido para refresco de laranja	....58
4.4. Caracterização do preparado sólido para refresco de manga	....66
<b>5. CONCLUSÕES</b>	....74
<b>7. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS</b>	....75
<b>8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	....76



## 1 INTRODUÇÃO

As bebidas em pó no Brasil durante muito tempo foram relegadas ao estigma de produtos de segunda linha e “populares”, apesar de possuírem uma participação significativa no mercado de consumo de bebidas. A partir do final da década de 1990, a formulação dos preparados em pó para refresco foi se modificando para tornar-se mais atraente ao consumidor com a introdução, além dos ingredientes usuais, de polpa e/ ou suco desidratado de frutas e fibras solúveis na composição dos produtos (CALEGUER, 2005).

Os refrescos em pó, embalados em sachês, estão presentes em escolas, restaurantes, indústrias e supermercados, entrando no espaço da comodidade no lugar dos sucos naturais. Os preparados sólidos para refresco popularmente conhecidos como **pó para refresco**, já estão perfeitamente integrados ao dia-a-dia do consumidor brasileiro, dado à sua facilidade de preparo, rendimento e ao preço de mercado bastante inferior, se comparado às bebidas prontas para o consumo, que os tornam mais acessíveis economicamente, principalmente para as populações de renda mais baixa (INMETRO, 2004).

As bebidas em pó no Brasil até pouco tempo eram produtos totalmente artificiais, mas com a portaria nº 544, de 16 de Novembro de 1998, do Ministério da Agricultura foram fixados padrões de identidade e qualidade para este tipo de produto, estabelecendo diferenças entre artificiais e produtos com adição de suco ou polpa desidratada, começando a diferenciar-se no contexto de bebidas (BERTO, 2002).

Conforme dados da ACNielsen, o mercado de refresco em pó obteve no ano de 2005 volume de vendas de 2,8 bilhões de litros, um aumento de 15,2 % comparado ao ano anterior, que foi de 2,4 bilhões de litros, representando um faturamento de quase um bilhão de reais (PARDI, 2005)

O suco em pó está presente em 86,2 % dos lares brasileiros, porque é uma opção acessível e prática para as pessoas se hidratarem, em especial nos meses mais quentes do ano. O mercado de refresco em pó está em contínua expansão, mostrando-se muito dinâmico com constantes inovações e lançamentos. Os números do mercado com relação ao volume de vendas em 100 litros de consumo

estão divididos em duas categorias: segmento regular com 2.651.165 e segmento diet/light com 160.241 para o ano de 2005 (PARDI, 2005).

Apesar de ser um produto bastante conhecido e apreciado pela população, são escassos os trabalhos publicados que avaliem a estabilidade química e físico-química de refrescos após a elaboração. Com a crescente popularização do consumo destes produtos, torna-se importante conhecer o teor de vitamina C e de outros constituintes, bem como a estabilidade deste, uma vez que os preparados sólidos para refrescos geralmente são utilizados em substituição aos sucos de frutas *in natura*.

De modo geral, os consumidores preferem refrescos que tenham valores médios de acidez, cor, turbidez e de pH alto. A adição de polpa na formulação apesar de ser pequena é considerada importante na decisão de compra e que o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade dos preparados sólidos para refresco, não estabelece valores mínimos no que se relaciona aos parâmetros químicos e físico-químicos, no produto pronto ao consumo.

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivos principais estudar a caracterização física, físico-química e mineral dos preparados sólidos para refresco e correlacionar o comportamento higroscópico destes produtos sólidos através do estabelecimento de isotermas de sorção.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Preparado sólido para refresco

Segundo a legislação brasileira, preparado sólido para refresco é o produto à base de suco ou extrato vegetal de sua origem e açúcares, podendo ser adicionado de edulcorantes hipocalóricos e não-calóricos, destinado à elaboração de bebida para o consumo imediato, pela adição de água potável. Ao refresco, preparado sólido ou líquido para refrescos artificiais é vedado o uso da denominação “bebida de fruta ou de extrato vegetal”, em substituição à denominação “refresco”. A bebida que contiver corante e aromatizante artificial, em conjunto ou separadamente, será considerada colorida ou aromatizada artificialmente (BRASIL, 1998).

As matérias-primas empregadas na formulação de preparado sólido para refresco são: açúcar cristal, polpa de fruta desidratada 1 %, vitamina C, acidulante, aromatizante, regulador de acidez, antiuementante, corante inorgânico, corante artificial, edulcorante artificial e estabilizante.

As matérias-primas mencionadas acima são guardadas separadamente em grandes recipientes, que através de dutos são levadas separadamente ao misturador. Os dutos através de um programa de informática adicionam a quantidade certa de cada matéria-prima no misturador. O pó já sai pronto do misturador e cai diretamente na máquina de envase de embalagens primárias. A máquina corta a folha de embalagem em pequenos *sticks*, ensaca e solda as embalagens (FABRI et. al. 2004).

Os preparados em pó para refresco apareceram em 1960, eram comercializados em embalagens pequenas (6 g) e o produto não era adoçado. No final da década de 70, os refrescos, para facilitar o preparo, começaram a ser pré-adoçados aumentando-se o volume dos pacotes (120 g). No início da década de 80, passaram a ter formulação mista de açúcar e adoçante, permitindo uma redução no volume do produto (45 g). No final da década de 90, de sabor notadamente artificial, os refrescos em pó passaram a perder mercado para os refrigerantes, necessitando de inovação. Em 1999, começaram a recuperar o mercado com o apelo de adição de polpa e/ou suco de fruta estampadas nas embalagens dos principais fabricantes

do segmento, mudando o conceito do produto junto ao consumidor. Ganharam, nos últimos anos, melhor aparência e passaram a ser oferecidos em pontos de vendas sofisticados, entrando no espaço da comodidade, no lugar dos sucos naturais (FUJII, 1999; CALEGUER, 2005).

No período de fevereiro a março de 2004, o volume de consumo correspondeu a aproximadamente 299 milhões de litros, sendo o sabor laranja o mais procurado nas compras para as famílias (CALEGUER, 2005).

### **2.1.1 Classificação**

Segundo a Portaria nº 544, de 16 de Novembro de 1998 do Ministério da Agricultura e Abastecimento, os preparados sólidos para refresco são classificados em:

1. Preparado Sólido para Refresco ou Bebida de (nome da fruta ou do vegetal), o que contiver por base suco ou polpa da fruta desidratados, extrato vegetal ou suco desidratado da parte do vegetal de sua origem.

2. Preparado Sólido para Refresco ou Bebida de (nome da fruta ou do vegetal), sabor (nome da fruta ou do vegetal), o que contiver por base suco, ou polpa da fruta ou extrato vegetal, ou suco desidratado de partes dos vegetais e aroma, tendo predominância o sabor do aroma.

3. Preparado Sólido para Refresco Misto ou Bebida Mista de (nome da(s) fruta(s), ou do(s) extrato(s) vegetal (is), o que contiver por base dois ou mais sucos ou polpas de frutas desidratados, ou extratos vegetais, ou sucos desidratados de partes dos vegetais.

4. Preparado Sólido para Refresco Misto ou Bebida Mista de (nome da (s), ou do (s) vegetal (is), sabor de (nome da fruta ou do vegetal de origem), o que contiver por base dois ou mais sucos ou polpas de frutas desidratados, ou extratos vegetais, ou sucos desidratados de partes dos vegetais, ou as suas misturas e do aroma, tendo predominância do sabor do aromatizante.

5. Preparado Sólido para Refresco ou Bebida de Laranja ou Laranjada, o que contiver suco ou polpa de laranja desidratado.

6. Preparado Sólido para Refresco ou Bebida de Limão ou Limonada, o que contiver por base suco ou polpa de limão desidratado.

7. Preparado Sólido para Refresco ou Bebida de Guaraná, o que contiver por base semente de guaraná ou extrato de guaraná.

8. Preparado Sólido para Refresco ou Bebida de Cola, o que contiver por base a noz de cola ou extrato de noz de cola.

9. O Preparado Sólido para Refresco Artificial terá sua denominação seguida da palavra "Artificial", e da expressão "Sabor de..." acrescida do nome da matéria - prima substituída.

Os Preparados Sólidos para Refrescos que contiver por base suco, ou polpa da fruta ou extrato vegetal, ou suco desidratado de partes dos vegetais e aroma, tendo predominância do sabor do aromatizante deverão conter uma quantidade mínima de 1,0 % em peso, de suco da fruta ou polpa de fruta vegetal correspondente (BRASIL, 1998).

Segundo dados do relatório anual de 2002 do Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA, no Brasil tem cerca de sete estabelecimentos registrados, sendo que há 94 tipos de produtos registrados como preparado sólido para refresco (BRASIL, 2002).

O apelo vem dos preços baixos, e por serem produtos mais baratos que as bebidas não alcoólicas. Outra vantagem é a praticidade, o refresco em pó é mais fácil de ser transportado. As mulheres são as principais compradoras de refresco em pó, adquirindo o produto para consumo da família durante as refeições principais e também no horário dos lanches (CALEGUER, 2005).

O público-alvo principal deste produto são as crianças, como pode ser comprovado pelos comerciais de TV que, na maioria das vezes, utilizam temas e personagens infantis para anunciar o produto. Elas se sentem atraídas, principalmente, pela diversidade de sabores existentes e pela coloração variada que o produto adquire ao ser diluído em água (INMETRO, 2004).

Este produto apresenta também a vantagem de uma melhor padronização do produto final como também estar disponível o ano inteiro, o que não é possível com a fruta *in natura*. A quantidade de polpa de fruta adicionada no preparado sólido

não é suficiente para conferir todo sabor ao produto, ela apenas dá um direcionamento ao sabor, que deverá ser realçado com adição de aromas.

## **2.2 Higroscopicidade**

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física, bem como a composição química dos diversos solutos incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas (PARK, 2001).

Mesmo nos alimentos desidratados, onde a água ocorre em proporções mais baixas, este componente é dos mais importantes. A higroscopicidade é uma característica muito importante nos alimentos em pó sendo influenciada pelo conteúdo de umidade do próprio produto (PEREIRA, 2000). No caso de pós de frutas, os açúcares (sacarose, glicose e frutose) são responsáveis por fortes interações com a molécula de água em razão dos terminais polares presentes nessas moléculas (JAYA & DAS, 2004).

Segundo Martins (2001) a higroscopicidade é a propriedade de absorver a umidade da atmosfera. Dependendo do tipo de produto alimentício, a higroscopicidade pode ser benéfica, como no caso de pães e bolos, ou prejudicial como no caso das balas, preparados sólidos para refrescos, açúcares e etc.

Produtos desidratados em pó encontram larga aplicação em diversas formulações alimentícias de preparo instantâneo e são de fácil utilização em operação de adição e mistura em escala industrial. Estes produtos se caracterizam por possuírem um alto teor de sólidos solúveis com uma porção apreciável no estado amorfo (vítreo), que os torna altamente higroscópicos e sujeitos as mudanças físicas indesejáveis (PEREIRA, 2000).

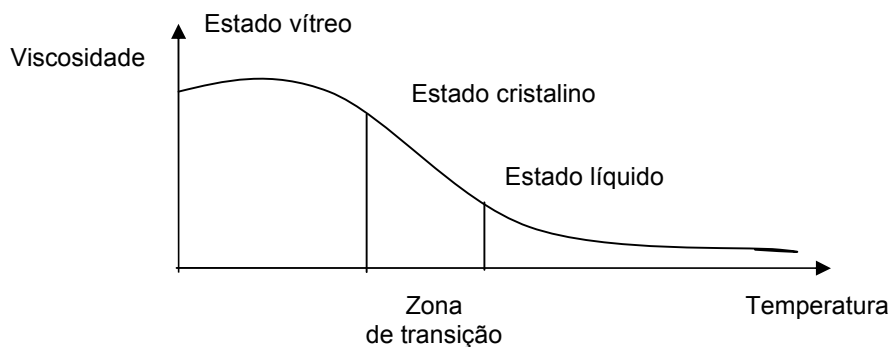
### 2.3 Estado vítreo

Trabalhos têm demonstrado a importância da transição vítrea em relação à qualidade de produtos alimentícios durante o processamento e armazenamento, alcançando sucesso no esclarecimento da dinâmica de processos como a pegajosidade, aglomeração e cristalização/recristalização (TERAN-ORTIZ, 2004).

Estado vítreo de açúcares é um estado amorfo, com viscosidade bastante elevada de  $10^{12}$  a  $10^{14}$  P.a.s, que flui com uma velocidade de difusão molecular muito lenta. Essa viscosidade impede a cristalização do açúcar (TERAN-ORTIZ, 2004).

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), este estado não é estável. Acima de certa faixa de temperatura chamada de “transição vítrea ( $T_g$ )”, a viscosidade diminui (Figura 1) e o açúcar pode cristalizar. Com o desaparecimento do estado vítreo, ocorre uma variação brusca ou descontinuidade de certas propriedades físicas, dentre elas, o calor específico obtido por calorimetria diferencial. Esta descontinuidade acontece no ponto  $T_g$ , não é um ponto nítido, mas é o centro de uma faixa de  $20^\circ\text{C}$ , na qual ocorre a transição, dependendo do material. A  $T_g$  varia significativamente de um sistema para outro e pode variar um pouco conforme a propriedade física utilizada para a medição (GOFF, 1992).

Assim, para saber se o açúcar se encontra no estado vítreo, em um caso particular, deve ser verificada a ausência de cristais por microscópio e demonstrar mudanças nas propriedades físicas, tais como coeficiente de expansão, volume, calor específico, constante dielétrica e viscosidade (TERAN-ORTIZ, 2004).



**Figura 1** - Transição do açúcar do estado vítreo ao estado cristalino (CHEFTEL & CHEFTEL, 1992).

O estado vítreo é sensível a mudanças em conteúdo de umidade e temperatura. No estado amorfo o material pode existir como um vidro “rígido” ou como uma estrutura amorfa semelhante à borracha “mais viscosa” e a mudança entre estes dois estados ocorre na faixa da Tg. O valor de Tg varia de acordo com a composição do produto. Variações em temperatura e conteúdo de água ao redor da Tg podem causar mudanças no estado físico do produto (CONSTANT, 2002).

Alimentos com baixa umidade e Tg acima da temperatura de estocagem podem ser considerados estáveis. No entanto, num pequeno aumento na umidade pode refletir em um decréscimo significativo na Tg. A isoterma de sorção pode fornecer informações sobre as condições de estocagem no que se refere à umidade relativa e teor de umidade do material (ROOS, 1995). A mobilidade molecular aumenta quando a temperatura é aumentada acima da Tg ou quando o conteúdo de água é tal que a Tg é inferior à temperatura ambiente (TERAN-ORTIZ, 2004).

Segundo White & Cakebread (1996), o estado vítreo pode ser obtido pela: 1) fusão térmica de alguns açúcares cristalinos seguida de resfriamento; 2) congelamento rápido de uma solução; 3) concentração de uma solução à temperatura elevada seguida de resfriamento e 4) desidratação de uma solução por secagem em tambores “drum-drying”, liofilização ou atomização.

Em muitos alimentos processados de baixo conteúdo de água, os açúcares se encontram no estado vítreo, devido à temperatura em que se realiza a operação e pela secagem ser muito rápida (TERAN-ORTIZ, 2004).

## **2.4 Sorção d'água**

O potencial de sorção d'água em alimentos é um fenômeno complexo e multifatorial, o qual está relacionado com as características intrínsecas do produto e condições ambientais a qual o mesmo está exposto. A movimentação do vapor d'água do alimento para a atmosfera, ou vice-versa, que o envolve depende do teor de umidade, composição do alimento, temperatura e umidade do ar (JARDIM &GERMER, 1997).

A absorção d'água nos alimentos desidratados é causada, principalmente, pela própria natureza química dos componentes orgânicos do produto, tais como



açúcares (principalmente nos frutos, a existência de forças intermoleculares do tipo Van der Waals, da capacidade de grupos hidroxílicos – OH para formar ligações com moléculas de água e do tipo de processo usado na desidratação (CAL-VIDAL (1982 apud PEREIRA, 2000).

Numa temperatura constante, o teor de umidade de um alimento modifica-se até que atinge uma situação de equilíbrio com o vapor d'água no ar envolvente. Este ponto corresponde à umidade de equilíbrio do alimento.

A relação entre o teor de água de um determinado produto e a umidade relativa de equilíbrio para uma temperatura específica pode ser expressa por meio de curvas de equilíbrio denominadas isotermas ou modelos matemáticos (REZENDE et. al., 2006).

A atividade d'água (Equação 1) diz respeito à sua disponibilidade no alimento para alterações físicas, químicas e microbiológicas e pode ser expressa por meio da seguinte relação:

$$a_w = \frac{P}{P_o} = \frac{UR}{100} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

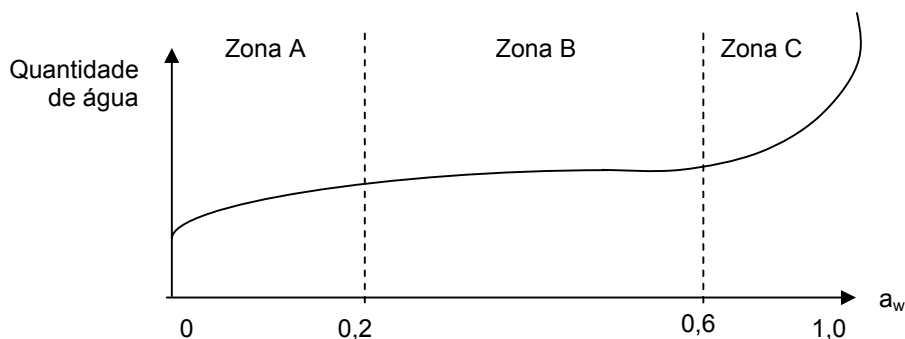
- $a_w$  = atividade da água
- P = pressão parcial do vapor d'água numa dada temperatura T
- $P_o$  = pressão parcial de vapor d'água na saturação na temperatura T
- UR = umidade relativa (%)

A forma da isoterma, segundo Labuza (1975), reflete a maneira como a água está ligada ao alimento e esta pode ser caracterizada em três regiões (Figura 2):

a. Região monomolecular, com uma atividade d'água em torno de 0,2 em que aparece a primeira inflexão. Neste caso, a água está ligada em sítios polares de energia relativamente elevada, tais como grupos iônicos do tipo carboxílico e amínico. A remoção desta água requer energia superior ao calor latente de vaporização.

b. Região multimolecular, com atividade d'água entre 0,2 a 0,6. A água está ligada por pontes de hidrogênio a grupos hidroxílicos e amídicos.

c. Região de condensação, com atividade d'água acima de 0,6. A água é considerada livre e se condensa na estrutura porosa do alimento. Nesta região, a água atua como solvente para diversos solutos.



**Figura 2** - Isotermas de sorção de água de um alimento desidratado.

O estudo da curva de sorção, que relaciona a atividade de água com a umidade relativa de equilíbrio, fornece informações relevantes para adequação dos parâmetros de secagem. A determinação da atividade de água é uma das medidas mais importantes no processamento e na análise dos materiais biológicos, devido a sua importância no que diz respeito à qualidade e estabilidade. A afinidade existente entre a água e os outros componentes de um produto define sua higroscopicidade que é muito marcante nos produtos e torna-se uma característica fundamental a influenciar os processos de manuseio, estocagem e consumo de materiais biológicos (PARK, 2001).

É muito importante conhecer a isoterma de absorção do produto, pois através dela pode-se estudar o potencial de conservação de alimentos desidratados, fazer um projeto adequado de embalagens permeáveis, estabelecer o teor de umidade que resulta em vida de prateleira mais longa, etc. Há uma isoterma característica para cada produto (COSTA, 1991).

Através da construção de isotermas de adsorção de umidade, podem-se resolver numerosos problemas de processamento e estocagem de alimentos e produtos alimentícios, entre os quais: predição do tempo de secagem, da vida de prateleira em uma determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possam embalar um produto, e ainda a caracterização de um produto,

no equilíbrio, quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água ( $a_w$ ) diferentes (PENA et. al. 2000).

Através das isotermas pode-se determinar a monocamada, a qual além de estar relacionada com o início de uma série de reações químicas de deterioração dos alimentos, representa o ponto de maior gasto de energia em um processo de secagem (FERREIRA, 2003).

A retenção de água e as características das isotermas de sorção variam consideravelmente de um alimento para outro. Além disso, a isoterma é o resultado do comportamento dos diversos componentes químicos do alimento em relação à água. Observa-se, que alimentos ricos em amido ou proteína apresentam isotermas tipo sigmoidal e os ricos em açúcares do tipo exponencial, variando os níveis de equilíbrio higroscópico rapidamente com pequenas variações da atividade d'água ou umidade relativa ambiental, em faixas intermediárias e altas atividades da água. Nota-se, ainda, que sob baixas atividades de água, produtos à base de amido ou proteína retêm uma maior quantidade de água que os ricos em açúcares.

Em vários trabalhos, verificou-se que os açúcares são os principais responsáveis pela alta higroscopicidade dos alimentos, devido à capacidade dos grupos hidroxílicos interagirem com as moléculas de água principalmente por meio da formação de pontes de hidrogênio (FLINK, 1983 apud TERAN-ORTIZ, 2004).

O estudo das curvas de sorção que relacionam a atividade de água e o teor de umidade de equilíbrio à dada temperatura fornece informações fundamentais para adequação das diversas etapas que sucedem a colheita dos produtos agrícolas, por influenciar nos processos de manuseio, secagem, armazenagem e qualidade desses produtos (AFONSO JÚNIOR, 2001 apud CORRÊA, 2006).

O efeito da temperatura sobre isotermas de sorção d'água tem sido estudado para inúmeros produtos. Uma modificação na temperatura quase sempre resulta numa alteração da umidade de equilíbrio (TERAN-ORTIZ, 2004).

A embalagem de um alimento deve protegê-lo de uma perda ou ganho de umidade que pode influenciar sua durabilidade. O tempo máximo de armazenamento para uma determinada embalagem pode ser calculado, ou, dado o tempo de armazenamento desejado, pode-se calcular qual deve ser a permeabilidade da embalagem. A umidade do ar que circula na fábrica e nas áreas

de armazenamento pode ser definida pela isoterma de sorção para garantir-se a máxima durabilidade do alimento.

As isotermas de sorção são ferramentas muito importantes na caracterização dos alimentos e na previsão de comportamento de um alimento antes, durante e depois do seu processamento. Não se deve trabalhar com um alimento sem conhecer sua isoterma de sorção (DITCHFIELD, 2000).

#### 2.4.1 Modelos matemáticos de isoterma de absorção

Com o intuito de prever o comportamento das isotermas, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas de sorção. Esses modelos são úteis no conhecimento das características dos produtos. Em sua maioria são modelos empíricos e serão discutidos a seguir.

##### Modelo de BET (Brunauer, Emmet e Teller)

Ampliando o conceito de Langmuir e tecendo considerações da natureza química da umidade, Brunauer, Emmet e Teller (BET) propõem, para camadas polimoleculares (PARK & NOGUEIRA, 1992):

A equação de BET é baseada na adsorção de multicamadas de vapor e gases. Embora a teoria esteja baseada em algumas considerações que não são aplicáveis para a maioria dos materiais alimentícios, o modelo BET linearizado considerando infinito o número de camadas moleculares mostrado na Equação (2), proporciona uma ferramenta útil na análise de isotermas em alimentos, gerando bons resultados na faixa de atividade de 0,1 a 0,5 (LABUZA, 1968; OKOS, 1986). Essa faixa é suficiente para se obter o valor da monocamada,  $X_m$  (ROMERO-PEÑ & KIECKBUSCH, 2003).

$$X_{eq} = \frac{(X_m \cdot c \cdot a_w) \cdot \left[ 1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1} \right]}{(1 - a_w) \left[ 1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1} \right]} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $kg\ kg^{-1}$ ;
- $X_m$  – conteúdo de umidade na monocamada molecular,  $kg\ kg^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água;
- $c$  e  $n$  – parâmetros de ajustes

Esta equação tem dois importantes casos especiais: quando  $n = 1$ , ela fica reduzida à equação de Langmuir (Equação 3) e quando  $n$  tende a infinito, ela se reduz à equação de BET linearizável (equação 4):

$$X_{eq} = \frac{c \cdot a_w}{X_m (1 + c \cdot a_w)} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\frac{a_w}{(1 - a_w) \cdot X_{eq}} = \frac{1}{X_m \cdot c} + \frac{a_w \cdot (c - 1)}{X_m \cdot c} \quad (\text{Equação 4})$$

### Modelo de GAB (Guggenheim, Anderson e de Boer)

A equação de sorção de acordo ao modelo de Guggenheim-Anderson-de Boer (Equação GAB), considerada uma extensão do modelo BET, tem sido proposta para materiais alimentícios por Van den Berg (1984) e seu uso é recomendado pelo Grupo de Projetos Europeus COST 90, sobre propriedades físicas dos alimentos. A Equação GAB (Equação 5) foi reportada ser útil no ajuste de dados em uma faixa mais ampla de atividade de água (0,1 a 0,9) do que a permitida com a Equação BET (ROMERO-PEÑ; KIECKBUSCH, 2003).

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot c \cdot k \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 - k \cdot a_w + c \cdot k \cdot a_w)} \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $kg\ kg^{-1}$ ;
- $X_m$  – conteúdo de umidade na monocamada molecular,  $kg\ kg^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água;

- c e k – parâmetros de ajustes.

Na Equação (5), c e k são constantes relacionadas a efeitos térmicos.

As constantes C e K são relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as subseqüentes, num dado sítio de sorção. Quando  $K = 1$ , a equação de GAB fica reduzida à equação de BET linearizada para n infinito.

Park & Nogueira (1992) mostraram a conceituação do modelo de BET concluindo que por apresentar três parâmetros a serem estimados ( $X_m$ , C e n) e sendo uma equação polinomial de grau maior que 2, dependendo do valor numérico de n estimado, o modelo de BET na sua forma original apresenta uma maior possibilidade de ajuste dos dados experimentais.

### Modelo de HALSEY

HALSEY (1985 apud PARK, 2001) desenvolveu um modelo (Equação 6) para a condensação das camadas a uma distância relativamente grande da superfície.

$$A_w = \exp \left[ \frac{-a}{X_{eq}^b} \right] \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg kg}^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água,
- a e b – parâmetros de ajustes.

### Modelo de OSWIN

O modelo baseia-se na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal. Apresenta algumas vantagens sobre os modelos cinéticos de BET e GAB: apenas duas constantes de fácil linearização. É um modelo empírico (Equação 7), definido como (CHINNAN & BEAUCHAT, 1985 apud PARK, 2001):

$$X_{eq} = a \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg kg}^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água;
- $a$  e  $b$  – parâmetros de ajustes.

### Modelo de PELEG

Modelo empírico de quatro parâmetros tenta conjugar duas tendências em uma equação (Equação 8) PELEG (1993).

$$X_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (\text{equação 8})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg kg}^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água;
- $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  – parâmetros de ajustes.

A restrição para esta equação é que  $n_1 < 1$  e  $n_2 > 1$

### Modelo de HENDERSON

Um dos modelos mais usados para a predição de isotermas é a equação (Equação 9) empírica (HENDERSON, 1952).

$$X_{eq} = \left[ \frac{-\text{Ln}(1 - a_w)}{b} \right]^{1/a} \quad (\text{equação 9})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $kg\ kg^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água
- $a, b$  – parâmetros de ajuste

### **Modelo CHUNG & PFOST**

Este modelo (Equação 10) é baseado na premissa de que a variação na energia livre para a adsorção está relacionada com o conteúdo de umidade CHUNG & PFOST (1967)

$$X_{eq} = e - d \ln((c - t) \ln(a_w)) \quad (\text{equação 10})$$

Onde:

- $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio,  $kg\ kg^{-1}$ ;
- $a_w$  – atividade de água;
- $t$  – temperatura, °C
- $c, d, e$  – parâmetros de ajustes.

WANG & BRENNAN (1991) determinaram experimentalmente dados de umidade de equilíbrio de absorção e dessorção de batata para quatro temperaturas; além dos modelos de BET e GAB, foram também utilizados os modelos de HALSEY e OSWIN para ajustar esses dados e avaliar as constantes dessas equações matemáticas.

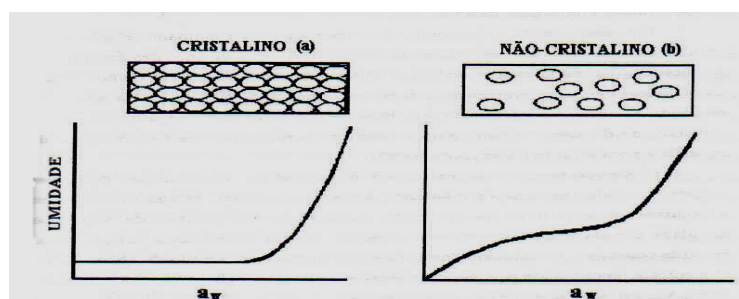
LOMAURO et al. (1985) avaliaram 163 dados da literatura de isotermas de frutas, vegetais, produtos cárneos, condimentos, leite, café, oleaginosas, etc., utilizando três equações de dois parâmetros e uma equação de três parâmetros. Observaram que a equação de três parâmetros, denominada equação de GAB, apresentou melhor ajuste de dados das isotermas do que as equações de dois parâmetros (Halsey e Oswin).



## 2.5 Sorção d'água e transição vítrea

O estado sólido – cristalino amorfo – em que se encontram as redes moleculares dos açúcares influencia significativamente a retenção da água. Quando o açúcar se encontra no estado cristalino, há uma menor possibilidade de ligação com as moléculas de água, por haver uma maior organização e rigidez do sólido, ao passo que, no estado amorfo, há uma maior exposição dos grupos funcionais à umidade e, conseqüentemente, uma maior absorção da mesma (TERAN-ORTIZ, 2004).

Este efeito é melhor visualizado na Figura 3.



**Figura 3** - Isotermas de absorção d'água de um sistema alimentício cristalino (a) e não cristalino (b) (SALTMARCH & LABUZA, 1980).

Segundo White & Cakebread (1996), a forma vítrea de açúcares é extremamente higroscópica e absorve umidade, isto contribui para sua instabilidade, porque a adsorção de água aumenta a velocidade de cristalização dos açúcares.

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), acima de certa umidade, a forma amorfa, higroscópica e instável cristaliza e cede água. Esta transição pode ocorrer rapidamente, sob temperatura ambiente, durante o armazenamento, devido à adsorção de água é esta influenciada pela umidade relativa é muito mais rápida quando a temperatura é elevada. A água liberada por esta mudança pode dissolver as moléculas externas de sacarose (que se encontra no estado vítreo ou amorfo) e cristalizar as moléculas mais internas, formando, assim, grumos. A sacarose e a lactose, no estado vítreo, são pegajosas por causa desta cristalização, pois a água expulsa pela cristalização dissolve as capas externas de açúcar. A glicose no estado vítreo também tende a se liquefazer por adsorção de água (TERAN-ORTIZ, 2004).

Os materiais amorfos existem em estado de não-equilíbrio ou em equilíbrio metaestável, sofrendo, então alterações ao longo do tempo, conforme se aproximam do estado de equilíbrio (ROOS & KOKINI, 1996). Estas alterações incluem mudanças nas propriedades mecânicas, como colapso ou aglomeração, resultantes das modificações nas estruturas ou fluxo viscoso.

Segundo Roos (1995), propriedades físicas de sistemas alimentares amorfos estão relacionadas com a transição vítrea e podem afetar de modo severo as características de textura do alimento, assim como no comportamento físico dos alimentos, durante seu preparo, transformação ou armazenamento (TERAN-ORTIZ, 2004).

Gane, citado por White & Cakebread (1996), notou que pós obtidos de líquidos contendo açúcares, por liofilização, frequentemente se aglomeram, fenômeno conhecido como *caking*, ou até mesmo se liquefazem parcialmente durante o armazenamento. O autor atribuiu esses fenômenos ao estado amorfo dos açúcares formados durante a rápida velocidade de congelamento, cristalizando posteriormente e liberando água. White & Cakebread (1996) encontraram açúcares no estado amorfo em polpas de maçã e suco de laranja liofilizados.

A absorção d'água pelo material desidratado aumenta as forças atrativas superficiais (forças de Van der Waals) entre as partículas, dando lugar à formação de pontes líquidas entre as mesmas que, depois de solidificadas, dão origem a pontes sólidas, ocasionando o fenômeno de *caking* ou autoaglomeração. A pegajosidade, ou aderência, é a propriedade que capacita o alimento a ligar-se à superfície de outro material, sob breve contato e leve pressão. Nesta definição, são levadas em conta algumas condições que podem influenciar a pegajosidade, como força e tempo de contato (TERAN-ORTIZ, 2004).

Os problemas com a pegajosidade de pós durante o processamento foram observados durante a secagem por atomização de polpa de tomate, de suco concentrado de laranja (COLLARES *et al.* 2002) e leite de coco em pó (COSTA; 1989). Estes estudos mostraram que o fenômeno de pegajosidade é conseqüência do aumento nas condições de temperatura e umidade relativa.

### **3.0 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Matéria-prima**

Foram utilizados para o experimento, sachês contendo preparado sólido para refresco com 1 % de polpa de fruta desidratada nos sabores manga, laranja, abacaxi e maracujá de quatro marcas diferentes e codificadas em A, B, C e D respectivamente. As amostras foram adquiridas em supermercados localizados em Fortaleza e armazenadas sob temperatura ambiente.

Todos os produtos estudados apresentam em sua lista de ingredientes como consta no rótulo: açúcar cristal, acidulante, polpa desidratada (1 %), estabilizante, antiemético, aromatizante, corante inorgânico, estabilizante, edulcorante artificial, antioxidantes, corante artificial e fenilcetonúricos. Apresentava, ainda, diferenças quanto ao peso do produto e rótulo para cada sabor estudado no presente trabalho (Tabela 1).

**Tabela 1** - Informações contidas nos rótulos dos preparados sólidos para refrescos nos sabores abacaxi, maracujá, manga e laranja de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros		Marcas															
		Abacaxi				Maracujá				Laranja				Manga			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Peso do sachê (g)		30	45	50	45	30	45	50	45	30	45	50	45	30	45	50	45
Porção (g)		6	9	10	9	6	9	10	9	6	9	10	9	6	9	10	9
Rendimento (mL)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Informações nutricionais do rótulo (mg) para uma porção.	Cálcio	NI	40	NI	NI	NI	40	NI	NI	NI	30	NI	NI	NI	20	NI	NI
	Ferro	NI	NS	NI	2,1	NI	NS	NI	2,1	NI	NS	NI	2,1	NI	NS	NI	2,1
	Sódio	21	45	177	24	26	45	161	55	26	30	127	17	27	30	66	41
	Vitamina C	6,7	15	15	14	6,7	15	15	14	6,7	15	15	14	6,7	15	15	14

NI – não informado no rótulo

NS – não significativo no rótulo.

### **3.2 Análise física**

As análises granulométricas foram realizadas na Secretaria de Agricultura e Abastecimento – SEAGRI. Para determinar o tamanho das partículas (classificação granulométrica) utilizaram-se peneiras da marca solatest. Foram peneiradas 100 g de cada amostra durante um minuto em conjunto de peneiras com 16 e 200 “mesh Tyler” (abertura de 1,00 e 0,075 mm, respectivamente) e a base. Em seguida, as quantidades retidas em cada peneira e na base foram pesadas e os resultados expressos em porcentagens, conforme Germani, Benassi e Carvalho (1997). Esta análise foi realizada em duplicata para todas as marcas estudadas.

### **3.3 Análises físico-químicas**

As análises físico-químicas foram conduzidas no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará – UFC. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

#### **3.3.1 Sólidos Solúveis (°Brix)**

Inicialmente, calibrou-se o refratômetro de campo da marca ATAGO N1 de 1 - 32 % com água destilada e em seguida, pesaram-se cinco gramas dos pós para refresco em um béquer, a esta quantidade foi adicionada 50 mL de água destilada. Esta solução foi agitada até o pó se dissolver completamente. Em seguida foram colocadas duas gotas da solução no prisma ótico, sendo feita a leitura dos sólidos solúveis em °Brix diretamente na escala do aparelho. O resultado encontrado foi multiplicado pelo fator da diluição. Em seguida corrigiram-se os resultados para 20 °C (BRASIL, 2005).

### **3.3.2 Acidez total titulável**

Para a análise de acidez total titulável pesou-se aproximadamente uma grama da amostra acrescentaram-se 50 mL de água e agitou-se até homogeneizar. Foram adicionadas duas gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se a solução contendo a amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1 N (BRASIL, 2005) e o resultado expresso em termos de ácido cítrico (g de ácido cítrico/100 g).

### **3.3.3 Umidade**

Pesou-se uma grama da amostra de preparado sólido para refresco em cápsula de porcelana, que depois foi levada à estufa à vácuo a 60° C por 3:00 horas. Depois de transcorrido este tempo, a cápsula foi retirada e colocada por 30 minutos em um dessecador para ser pesado, logo após a cápsula foi levada novamente à estufa. Este procedimento foi realizado até que a amostra de preparado sólido ficasse com peso constante (BRASIL, 2005), os resultados foram expressos em percentual.

### **3.3.4 pH**

O pH foi determinado segundo BRASIL (2005) através de um medidor de pH WTW, MODELO 330i/set, calibrado periodicamente com soluções de pH 4,0 e 7,0. Foram pesadas cinco gramas dos pós para refresco em béquer, a esta quantidade foi adicionada 50 mL de água destilada. Esta solução foi agitada até o pó se dissolver completamente.

### **3.3.5 Vitamina C**

A vitamina C como é conhecida o ácido ascórbico, foi determinada através de titulometria empregando-se 2,6 diclorofenolindofenol sódio segundo metodologia descrita por Pearson (1976) com os resultados expressos em mg/100 g de vitamina C.

### **3.3.6 Cinzas**

Esta determinação foi feita segundo (BRASIL, 2005), empregando uma grama do preparado sólido que após carbonizar em uma chapa aquecedora, foi levada à mufla à 550°C por aproximadamente quatro horas, até que ficasse somente as cinzas. O teor das cinzas foi obtido pela diferença entre o peso do resíduo e o peso do cadinho após a incineração. Relacionou-se o resultado para 100 g da amostra.

### **3.3.7 Açúcares redutores**

Os açúcares redutores, com os valores expressos em % de glicose (BRASIL, 2005), foram determinados por titulometria, onde se empregou uma grama de preparado sólido que foi diluído para 100 mL, sendo que a titulação realizada com as soluções de Fehling A e B empregou-se apenas 75 mL da solução do preparado sólido

### **3.3.8 Açúcares não-redutores**

Para a determinação dos açúcares não-redutores foi realizada uma inversão ácida prévia nos 25 mL da solução de preparado sólido com ácido clorídrico que foi colocada em banho-maria à 70°C por 30 minutos, sendo que após o resfriamento sofreu neutralização com carbonato de sódio à 20 %, realizada esta etapa, a solução foi completada para 100 mL e titulada conforme BRASIL (2005), com os valores expressos em % de sacarose.

### **3.3.9 Açúcares totais**

Para a determinação da análise de açúcares totais foi feito o somatório dos açúcares redutores e não-redutores.

### **3.4 Análises dos minerais**

As análises minerais foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da UFC. Preparou-se a solução clorídrica das cinzas de acordo com BRASIL (2005). Todas as amostras foram analisadas dentro do desvio certificado para os elementos determinados, através das soluções padrões para cada mineral.

#### **3.4.1 Cálcio, sódio e potássio**

Partindo das cinzas (AOAC, 1995) e, sendo determinadas quantitativamente com o emprego da fotometria, foram obtidos os resultados para as análises de cálcio, sódio e potássio.

#### **3.4.2 Ferro, manganês, magnésio, cobre e zinco**

Da mesma forma que para a determinação de cálcio, sódio e potássio, para a realização destas análises, também se partiu das cinzas (AOAC, 1995), porém, sendo empregado à técnica de espectrofotometria de absorção atômica para a determinação quantitativa de ferro, manganês, cobre e zinco.

### **3.5 Modelagem da isoterma de sorção**

O primeiro passo para a realização das isotermas foi à criação das células que armazenariam as soluções saturadas de sais. Estas foram construídas com vidro temperado e coladas com silicone, tendo as dimensões mostradas na Figura 4.

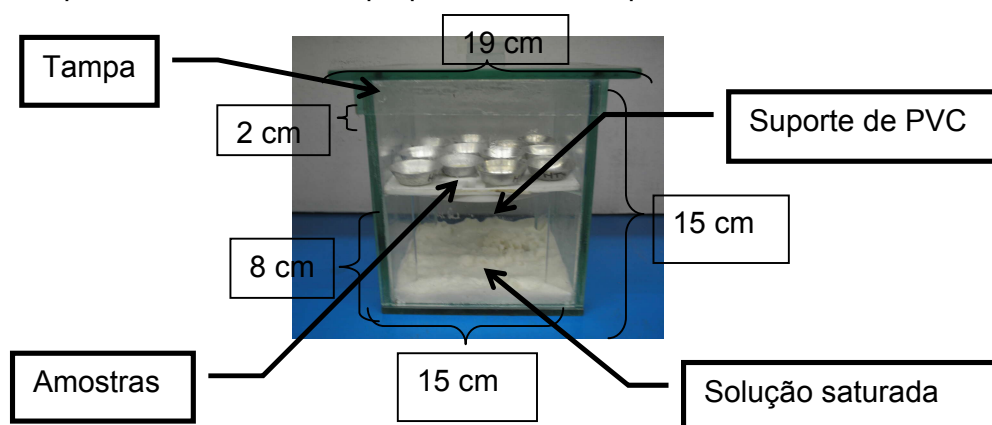
As determinações das isotermas de adsorção foram realizadas pesando as amostras, em triplicata, de 0,5 g de cada uma em cadinhos de alumínio, previamente tarados. Os cadinhos posteriormente foram colocados sobre suporte contido dentro das células, as quais continham as soluções saturadas de acordo com GREESPAN (1977) (Tabela 2). A temperatura estabelecida para a realização das isotermas foi de  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



**Tabela 2** - Atividade de água à 21 °C ± 2 °C de soluções saturadas utilizadas por GREESPAN (1977).

Soluções saturadas	Atividade de água
	$a_w$
MgCl <sub>2</sub>	0,33
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,48
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,55
NaBr	0,57
NaCl	0,76
SnCl <sub>2</sub>	0,84
KCl	0,86
BaCl <sub>2</sub>	0,92

**Figura 4** - Representação esquemática de uma célula utilizada para estabelecer o equilíbrio dos diferentes preparados sólidos para refrescos.



O processo foi acompanhado por pesagens das amostras a cada 48 horas até atingirem o equilíbrio, ou seja, até que não houvesse mais variação de massa, detectada através de pesagem numa balança analítica METTLER H80. Foram então levadas à estufa para determinação do teor de umidade.

A umidade de equilíbrio -  $X_{eq}$  (equação 11) foi calculada pela diferença entre a massa que a amostra apresentou no equilíbrio e sua massa seca.

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

- $X_{eq}$  - umidade de equilíbrio (b.s.);
- $m_{eq}$  - massa da amostra no equilíbrio(g);
- $m_s$  - massa da amostra seca (g).

Para o ajuste das isotermas dos preparados sólidos para refrescos, foram testados os modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin.

$$X_{eq} = \frac{(X_m \cdot c \cdot a_w) \left[ 1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1} \right]}{(1 - a_w) \left[ 1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1} \right]} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot c \cdot k \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 - k \cdot a_w + c \cdot K \cdot a_w)} \quad \text{(Equação 5)}$$

$$X_{eq} = \left[ \frac{-\ln(1 - a_w)}{b} \right]^{1/a} \quad \text{(Equação 9)}$$

$$X_{eq} = a \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad \text{(Equação 7)}$$

Sendo que:

- $a_w$  - atividade de água, decimal;
- $n$  - número de camadas moleculares;
- $X_m$  - conteúdo de umidade na monocamada molecular;
- $X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio expresso em base seca;
- $C$  - constante de BET relacionada ao calor de sorção da camada molecular;
- $a$ ,  $b$  e  $K$  - parâmetros de ajuste.

### 3.6 Análise estatística

Os parâmetros físicos, físico-químicos e minerais dos preparados sólidos foram avaliados por meio de análise estatística descritiva dos dados. Visando detectar uma possível semelhança na composição física, físico-química e mineral destes, uma análise de variância (ANOVA) foi realizada e aplicaram-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5 % de probabilidade para comparação das médias empregando o pacote estatístico SAEGD - Sistemas para Análises Estatísticas (2003), versão 8.1.

Para o ajuste das isotermas dos preparados sólidos para refrescos, foram testados os modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin, utilizando o programa Statistica versão 5.0.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Caracterização do preparado sólido para refresco de abacaxi

Os resultados físico-químicos no que concernem aos parâmetros de pH, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, não-redutores, açúcares totais, acidez total titulável, umidade e cinzas, obtidos para o preparado sólido de abacaxi de quatro marcas comerciais diferentes encontram-se na Tabela 3.

Com relação ao pH verifica-se que as amostras variaram de 3,01 a 3,60 e que a marca C apresentou-se com o valor mais alto de pH, diferindo das demais ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tuckey. Observa-se também, que a marca A que obteve o menor valor não difere da marca B, mas difere estatisticamente das marcas C e D. Não se observou correlação direta entre os valores de pH e acidez, provavelmente devido à presença de componentes tamponantes na sua composição.

Pode-se verificar com os dados que, a vitamina C apresentou teores elevados, variando de 108,21 mg/100 g a 185,60 mg/100 g representando aproximadamente 240,47 a 412,44 % da Ingestão Diária Recomendada - IDR para homens adultos, a partir de 19 anos (BRASIL, 2004). Para a maioria das amostras (marcas A, C e D) estudadas, o teor declarado no rótulo foi inferior ao obtido experimentalmente. Vale ressaltar, que nestes produtos foram adicionados de vitamina C. Em ordem crescente de teor de vitamina C, podemos considerar as marcas B, A, D e C. Podemos verificar que as marcas A, C e D não diferem entre si, mas com a marca B que no presente estudo apresentou-se com o menor valor encontrado.

Os teores de sólidos solúveis estão na faixa de 90,20° a 96,00° Brix, esse valor pode ser justificado devido a sua composição ser rica em açúcar. A marca B que foi a amostra observada com maior teor de sólidos solúveis não difere estatisticamente das marcas A e D, já a marca C que apresentou a menor concentração, não difere ao nível de 5 % de probabilidade da marca D.

Com relação aos açúcares, pode-se visualizar que os teores variaram de 73,73 % a 90,26 % para os açúcares não-redutores, onde a amostra B obteve a maior concentração e a amostra C a menor e que elas diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade. Essa alta concentração de açúcares não-redutores já era esperada em virtude da adição de açúcar na formulação do produto. Como não foi detectado glicose nas análises, pode-se dizer que nestes produtos a quantidade de fruta é muito pequena ou possivelmente não possui.

Com relação à acidez, podemos observar que os valores alteraram de 0,44 a 1,06 % e que com exceção da marca A, não houve diferença estatística entre as amostras analisadas. A marca A representou o dobro do valor da marca B.

**Tabela 3** – Valores médios dos parâmetros físico-químicos do preparado sólido para refresco de abacaxi de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros	Marcas			
	A	B	C	D
pH	3,01 ± 0,42 <sup>c</sup>	3,12 ± 0,35 <sup>bc</sup>	3,60 ± 0,00 <sup>a</sup>	3,23 ± 0,70 <sup>b</sup>
Vitamina C (mg/100g)	156,45 ± 13,55 <sup>ab</sup>	108,21 ± 0,00 <sup>b</sup>	185,60 ± 16,07 <sup>a</sup>	177,63 ± 14,78 <sup>a</sup>
Sólidos solúveis a 20°C	95,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	96,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	90,20 ± 1,41 <sup>b</sup>	92,20 ± 1,41 <sup>ab</sup>
Açúcares não redutores (%)	80,47 ± 2,91 <sup>ab</sup>	90,26 ± 2,45 <sup>a</sup>	73,73 ± 4,54 <sup>b</sup>	85,77 ± 0,95 <sup>ab</sup>
Açúcares totais (%)	80,47 ± 2,91 <sup>ab</sup>	90,26 ± 2,45 <sup>a</sup>	73,73 ± 4,54 <sup>b</sup>	85,77 ± 0,95 <sup>ab</sup>
Acidez total titulável (%)	1,06 ± 0,70 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,21 <sup>b</sup>	0,46 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,00 <sup>b</sup>
Umidade (%)	0,51 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,14 <sup>c</sup>	0,42 ± 0,37 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,14 <sup>b</sup>
Cinzas (%)	0,25 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,14 <sup>b</sup>	0,95 ± 0,21 <sup>c</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A umidade e as cinzas variaram de 0,28 a 0,51 % e de 0,16 a 0,95 % respectivamente. No que diz respeito à baixa umidade encontrada, é consequência da própria natureza física dos preparados sólidos para refrescos serem produtos em pó desidratados.

É importante lembrar que o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Preparado Sólido para Refresco (BRASIL, 1998) não estabelece valores mínimos aos parâmetros químicos e físico-químicos avaliados neste produto.

Os dados minerais obtidos, para o preparado sólido para refresco de abacaxi, encontram-se na Tabela 4

Nesta tabela podemos verificar que, o teor de cálcio variou de 1385,19 a 4693,59 mg/100 g, com uma diferença entre a menos e a mais concentrada de aproximadamente 3308,40 mg. A marca B é a única que informa a concentração de cálcio no rótulo, mas este valor encontra-se inferior ao obtido analiticamente. O produto precisa ser diluído para ser consumido, desta forma, para suprir a IDR deste mineral que é de 1000 mg/d (BRASIL, 2004) para homens adultos seria necessária a ingestão de 3,5 a 8 copos (200 mL) de refresco.

O teor de sódio variou de 1439,77 a 5958,20 mg/100 g sendo que as marcas B e D não diferiram entre si estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade, mas entre as marcas A e C. Podemos observar que a marca C, a qual se determinou com maior concentração de sódio é cerca de quatro vezes maior que a marca D cujo teor de mineral foi o menor encontrado. Observando os rótulos das marcas analisadas, podemos visualizar que todas estão abaixo do obtido experimentalmente. Para suprir a IDR deste mineral que é de no máximo 2400 mg/d (BRASIL, 2004) para homens adultos seria necessária a ingestão de 4 a 18 copos (200 mL) de refresco.

Com relação ao potássio é possível observar que houve uma variação de 239,95 a 949,73 mg/100 g nas amostras e que estas não demonstraram diferença entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Analisando os dados da Tabela 12, verifica-se que ocorre o mesmo observado com o sódio no que se refere a concentração mínima e máxima para o potássio, ou seja, a marca C apareceu com o maior teor enquanto que a marca D surgiu com o menor. Os rótulos das marcas analisadas não informam a concentração deste mineral. Para atender a legislação no que se refere à ingestão diária, que é de 2000 mg/d (BRASIL, 2004) para homens adultos seria necessária a ingestão de 21 a 92 copos (200 mL).

O teor de magnésio das marcas estudadas variou de 44,91 a 224,25 mg/100 g, sendo preciso o consumo de 13 a 64 copos (200 mL) de refresco para atender a dose diária recomendada deste mineral.

**Tabela 4** – Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de abacaxi de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros (mg/ 100g m.s)	Marcas			
	A	B	C	D
Ca	4693,59 ± 51,44 <sup>a</sup>	2609,38 ± 227,99 <sup>b</sup>	1464,35 ± 53,72 <sup>b</sup>	1385,19 ± 382,56 <sup>b</sup>
Na	4477,54 ± 0,32 <sup>b</sup>	1789,64 ± 14,65 <sup>c</sup>	5958,20 ± 54,02 <sup>a</sup>	1439,77 ± 424,10 <sup>c</sup>
K	339,95 ± 226,33 <sup>a</sup>	479,88 ± 84,69 <sup>a</sup>	949,73 ± 99,37 <sup>a</sup>	239,95 ± 169,71 <sup>a</sup>
Mg	125,14 ± 55,66 <sup>a</sup>	44,91 ± 0,00 <sup>a</sup>	221,58 ± 15,16 <sup>a</sup>	224,25 ± 34,96 <sup>a</sup>
Fe	13,05 ± 3,69 <sup>c</sup>	41,88 ± 15,89 <sup>b</sup>	16,96 ± 1,85 <sup>bc</sup>	124,58 ± 2,90 <sup>a</sup>
Zn	4,96 ± 0,93 <sup>a</sup>	3,76 ± 0,48 <sup>a</sup>	5,45 ± 2,57 <sup>a</sup>	20,19 ± 6,77 <sup>a</sup>
Cu	3,98 ± 1,12 <sup>a</sup>	4,76 ± 0,96 <sup>a</sup>	3,18 ± 1,12 <sup>a</sup>	4,76 ± 0,96 <sup>a</sup>
Mn	2,75 ± 1,30 <sup>a</sup>	2,28 ± 0,11 <sup>a</sup>	3,21 ± 0,64 <sup>a</sup>	1,52 ± 0,21 <sup>a</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A concentração de ferro encontrada foi de 13,05 a 124,58 mg/100 g, sendo possível observarmos que a marca C não diferiu ao nível de 5 % de probabilidade das marcas A e B, mas diferiu da D e que a marca A diferiu da B. Somente a marca D informa em seu rótulo a concentração de ferro, porém observa-se que este teor é inferior ao obtido analiticamente. Considerando que a dose diária recomendada de ferro é de 14 mg, verificamos que para suprir a IDR deste mineral para homens adultos seria necessária a ingestão de 1,5 a 17 copos (200 mL) de refresco. Porém, é importante lembrar que nem todo o ferro presente no alimento é absorvido pelo organismo, sendo preciso verificar em que configuração este mineral se encontra.

Os teores dos minerais zinco, cobre e manganês variaram de 3,76 a 20,19 mg/100g, 3,18 a 4,76 mg/100 g e 1,52 a 3,21 mg/100 g respectivamente. Pode-se verificar que nestes minerais determinados nas amostras analisadas não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade e que de um modo geral a marca D possui uma maior concentração destes três minerais se comparado com as outras marcas avaliadas. Para suprir a dose recomendada destes minerais que são respectivamente de 7 mg/d, 900 mg/d e 2,3 mg/d, são imprescindíveis a ingestão de 4 a 20 copos de refresco para suprir a quantidade de zinco, 2830 a 2102 copos para cobre, ou seja, esse produto apresenta somente traços deste mineral, e com relação ao manganês faz-se necessário a ingestão de 7 a 17 copos de refresco feito com preparado sólido de abacaxi.

A grande variação encontrada entre os minerais analisados no preparado sólido para refresco de abacaxi pode ser explicada por: uma falta de uniformidade na mistura dos ingredientes que compõe este produto durante o processo industrial. É importante lembrar que os cálculos realizados não levam em conta a biodisponibilidade, a qual é afetada por fatores individuais, presença de inibidores ou compostos com ação sinérgica no alimento, solubilidade, concentração e estado de oxidação do mineral. Em geral os minerais são mais absorvidos pelo organismo através de bebidas, pois nestas, há maior solubilidade e menor concentração de inibidores (EKMEKCIOGLU, 2000).

A Tabela 5 apresenta a caracterização granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de abacaxi.

**Tabela 5:** Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de abacaxi.

Abertura (mm)	Marcas (%)			
	A	B	C	D
1,00	0,12	13,37	0,00	0,00
0,075	99,58	86,10	99,09	94,23
<0,075	0,30	0,53	0,91	5,71

Os resultados da granulometria efetuados no preparado sólido para refresco de abacaxi (Tabela 5) demonstram que 86,10 a 99,58 % das partículas apresentam tamanho inferior a 0,075 mm, pois a maior parte destas depositaram-se no fundo, indicando a presença de maior porcentagem em partículas finas, porém não possuindo muito pó, pois a quantidade que ficou na base foi pequena. Pode-se visualizar de um modo geral que a marca D foi a mais fina e a B a mais grossa dentre as marcas estudadas. Verificou-se também que a granulometria dos preparados sólidos é compatível com a da farinha de mandioca (BRASIL, 1995) desta forma, os preparados sólidos podem ser classificados de acordo com a classificação realizada na farinha de mandioca com relação às marcas em: fino beneficiado para as marcas A e C, fino para a marca B e extra-fino para a marca D. Para Mohamed (1990), a irregularidade no tamanho das partículas influencia negativamente as características físicas do produto final.

Os parâmetros referentes à monocamada, constante de sorção e fator de correlação da isoterma de adsorção do preparado sólido de abacaxi calculado para diferentes modelos matemáticos são apresentados na Tabela 6. Observa-se pelas



Figuras 5, 6, 7 e 8 dos valores experimentais, que o comportamento das isotermas foi do tipo exponencial, típico para alimentos com alto teor de açúcares e similar entre as marcas.

**Tabela 6** - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de abacaxi correspondente à monocamada gH<sub>2</sub>O/ g matéria seca (X<sub>m</sub>); constante de sorção (C) e fator de correlação (K) testados em diferentes modelos para temperatura de 21° C ± 2° C

Modelos	Amostras	Parâmetros			R <sup>2</sup>	E (%)
		X <sub>m</sub>	C	K		
GAB	A	0,011	0,795	1,069	0,999	72,310
	B	0,057	0,017	1,058	0,999	28,720
	C	0,004	3,242	1,080	0,999	37,960
	D	0,006	2,197	1,078	0,999	30,810
BET		x <sub>m</sub>	C	n		
	A	8,205	0,000	7217,000	0,987	58,000
	B	16,649	0,000	485,500	0,965	223,100
	C	16,110	0,000	1011,000	0,962	118,600
Henderson		a	b			
	A	0,176	2,706		0,994	57,630
	B	0,124	2,593		0,999	63,350
	C	0,117	2,607		0,997	66,400
Oswin		a	b			
	A	0,002	2,326		0,996	36,460
	B	0,000	3,278		0,999	55,190
	C	0,000	3,443		0,998	63,730
	D	0,000	3,107		0,997	52,060

A pequena variação na umidade de equilíbrio em umidades relativa inferiores a 80 % e a considerável variação, a partir deste valor, indica que o produto expira maiores cuidados ao ser manipulado ou armazenado em ambientes com umidades relativas superiores a 80 %. Um aumento na umidade do produto torna-o propenso ao desencadeamento de reações indesejáveis e/ou proliferação de microrganismos.

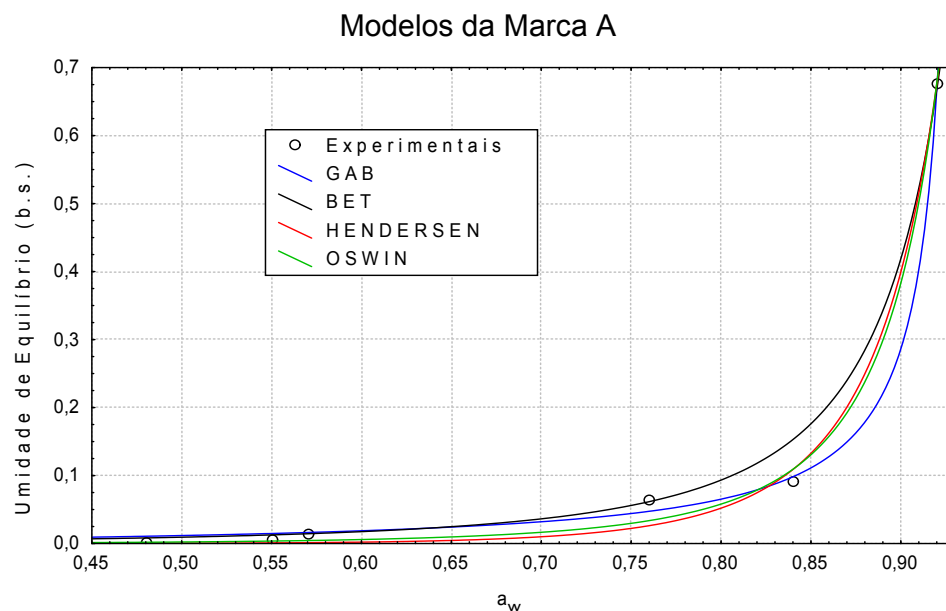
Os modelos utilizados não se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais (erro médio relativo superior a 10 %), indicando serem inadequados para a descrição do *fenômeno estudado*. Mas entre os modelos testados o modelo de GAB foi o que apresentou ajuste mais adequado para as marcas B, C e D, pois os erros médios foram de 28,72 %; 37,96 % e 30,81 % respectivamente, enquanto que o modelo de Oswin foi o melhor para a marca A que teve como erro médio 36,46 %. Oliveira et. al. (2005) estudando isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi a 25, 30, 35 e 40°C obteve o modelo GAB como

o mais ajustável e o comportamento da isoterma foi semelhante ao do presente estudo.

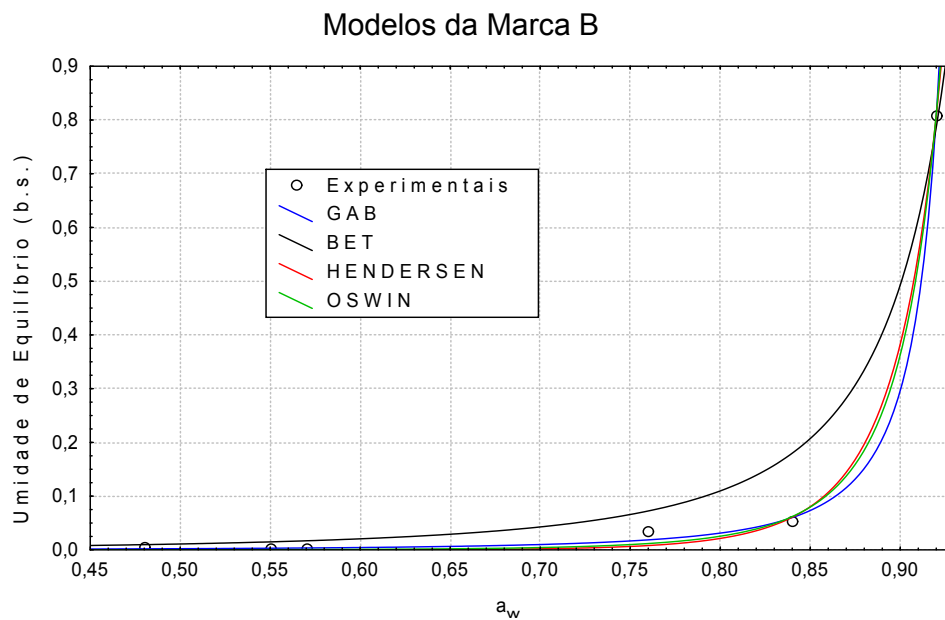
O elevado valor encontrado para o erro médio dos modelos matemáticos das amostras analisadas pode ter sido devido à condensação de vapor de água do ambiente no recipiente em que estavam, assim como, pequenas mudanças no controle da umidade relativa, temperatura durante o experimento além da grande heterogeneidade na composição química dos produtos analisados.

O parâmetro  $X_m$ , representando a umidade na monocamada do material adsorvente, é importante, pois pode ser relacionado com o início de uma série de reações químicas de deterioração dos alimentos (FERREIRA & PENA, 2003). Os parâmetros  $X_m$  e  $C$  mostram-se inversamente proporcionais para as marcas B e C com relação ao modelo de GAB. Observando o modelo de BET, verificamos que na marca A, o parâmetro que teve o menor valor de  $X_m$ , teve o maior valor para  $n$ .

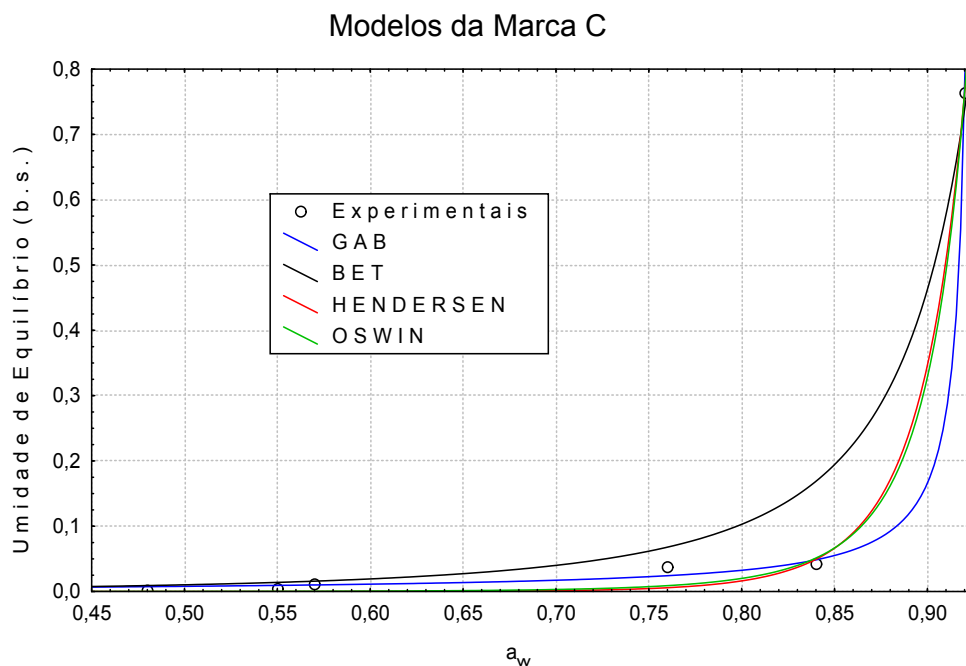
Observando as Figuras 5 a 8, verificamos que o modelo de BET empregado nas análises, no intervalo de  $a_w$  de aproximadamente 0,70 a 0,85, teve o comportamento mais higroscópico, em que a monocamada apresentou uma maior absorção de umidade, sendo que a marca C foi a de maior expressão enquanto que a marca A teve a menor. A marca A entre as estudadas, apresentou os modelos mais ajustados aos pontos experimentais, isso pode ser explicado devido uma maior homogeneização entre as partículas



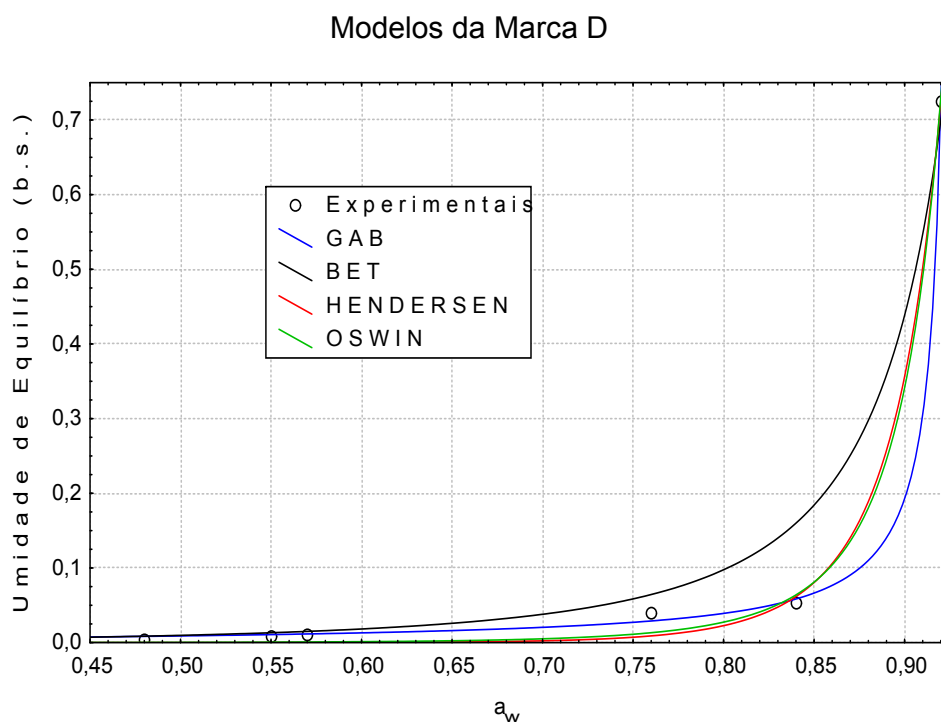
**Figura 5** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca A para os modelos à  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 6** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca B para os modelos à  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 7** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca C para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .



**Figura 8** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de abacaxi da marca D para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

#### 4.2 Caracterização do preparado sólido para refresco de maracujá

Na Tabela 7 pode ser observado os resultados dos parâmetros físico-químicos de pH, acidez, sólidos solúveis (°Brix), açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais e vitamina C obtidos para as amostras de preparado sólido para refresco (PSR) de maracujá de quatro diferentes marcas comerciais.

Pode-se observar que os preparados sólidos analisados podem ser considerados boas fontes de vitamina C, pois, os teores apresentados pelos pós variaram de 152,20 mg/100 g a 219,86 mg/100 g que representa de 338,22 % a 488,58 % da ingestão diária recomendada para a dieta de adultos (BRASIL, 2004). Os teores estão bem acima dos informados nos rótulos das amostras de maracujá que variam de 6,70 a 15,00 mg à porção.

A concentração de sólidos solúveis (°Brix) nos preparados sólidos para refresco analisados apresentou diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade entre as marcas estudadas. Verificamos que os teores variaram de 94,20° Brix a 97,20° Brix, onde a marca A apresentou-se superior às demais,

O teor de açúcar total encontrado nas marcas de preparado sólido para refresco, estudadas variou de 68,97 % a 81,04 %, tendo uma diferença de aproximadamente 12,07 %. Não foi encontrado açúcar redutor nas amostras, sendo o valor do açúcar expresso em função dos açúcares não-redutores. Como neste produto é adicionado de açúcar em sua formulação era esperado que o teor de açúcar não-redutor fosse elevado. Com relação ao açúcar redutor, sua ausência mostra que a adição de polpa de fruta desidratada é muito pequena, o que nos leva a considerar que a quantidade de vitamina C encontrada nas análises não pode ser devido à polpa de fruta adicionada ao produto.

**Tabela 7** – Valores médios dos parâmetros físico-químicos do preparado sólido para refresco de maracujá de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros	Marcas			
	A	B	C	D
pH	2,81 ± 0,14 <sup>c</sup>	2,90 ± 0,70 <sup>b</sup>	2,96 ± 0,14 <sup>b</sup>	3,10 ± 0,35 <sup>a</sup>
Vitamina C (mg/100g)	152,20 ± 10,58 <sup>b</sup>	179,53 ± 8,46 <sup>ab</sup>	167,15 ± 13,91 <sup>b</sup>	219,86 ± 6,52 <sup>a</sup>
Sólidos solúveis a 20°C	97,02 ± 2,83 <sup>a</sup>	94,20 ± 1,41 <sup>a</sup>	96,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	94,80 ± 0,00 <sup>a</sup>
Açúcares não redutores (%)	68,97 ± 0,00 <sup>b</sup>	79,86 ± 2,05 <sup>a</sup>	81,04 ± 4,50 <sup>a</sup>	78,79 ± 0,40 <sup>ab</sup>
Açúcares totais (%)	68,97 ± 0,00 <sup>b</sup>	79,86 ± 2,05 <sup>a</sup>	81,04 ± 4,50 <sup>a</sup>	78,79 ± 0,40 <sup>ab</sup>
Acidez total titulável (%)	1,86 ± 0,13 <sup>a</sup>	1,18 ± 0,78 <sup>b</sup>	0,68 ± 0,00 <sup>c</sup>	1,06 ± 0,14 <sup>b</sup>
Umidade (%)	0,96 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,28 <sup>b</sup>	0,46 ± 0,42 <sup>b</sup>
Cinzas (%)	0,30 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,21 <sup>ab</sup>	0,19 ± 0,14 <sup>b</sup>	0,75 ± 0,35 <sup>c</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A acidez expressa em ácido cítrico, nestes produtos analisados, foi diferente significativamente ao nível de 5 % de probabilidade para as marcas A, B e C, sendo que a amostra D apresentou-se igual a B, a variação entre as marcas foi de 0,68 % a 1,86 %.

Se observarmos o parâmetro de umidade, verificaremos que as variações observadas nos resultados obtidos para as marcas A e C diferem significativamente ao nível de 5 % de probabilidade. O teor de umidade das marcas variou de 0,36 a 0,96 %. Este alto valor pode ser explicado por possíveis micro-furos na embalagem, os quais poderiam fazer com que o pó absorvesse umidade haja vista que este produto por ser muito higroscópico, rapidamente absorve a umidade do meio em que está. Com a absorção da umidade, os preparados sólidos tentem a ficar aglomerado dificultando a análise, já que há formação de uma crosta que dificulta a remoção da umidade do produto.

Com relação ao teor de cinzas do preparado sólido para refresco de maracujá observa-se que as concentrações variaram de 0,19 % para a marca C a 0,75 % para a marca D.

Na Tabela 08, são encontrados os valores obtidos neste estudo sobre a caracterização mineral do preparado sólido para refresco de maracujá.

Analisando os resultados da determinação de cálcio podemos verificar que houve uma grande variação entre as amostras de 2004,10 mg/100 g a 7313,04 mg/100 g, em que a marca A, apresentou uma concentração três vezes maior que o teor determinado pela marca B para este mineral. Desta forma, para suprir a IDR deste mineral que é de 1000 mg/d (BRASIL, 2004) para homens adultos seria necessária a ingestão de 2 a 5 copos (200 mL) de refresco, podendo considerar fonte deste mineral. Os valores encontrados foram bem maiores que o encontrado por Soares et. al (2004) estudando a composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras, que foi em média 238,00 mg/100 g.

**Tabela 8** – Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de maracujá de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros (mg/ 100g m.s)	Marcas			
	A	B	C	D
Ca	7313,04 ± 62,16 <sup>a</sup>	2004,10 ± 31,71 <sup>c</sup>	2034,53 ± 10,18 <sup>c</sup>	2748,97 ± 169,56 <sup>b</sup>
Na	2848,69 ± 211,43 <sup>a</sup>	32,37 ± 3,95 <sup>b</sup>	4437,54 ± 68,67 <sup>a</sup>	2549,34 ± 920,17 <sup>a</sup>
K	849,48 ± 268,54 <sup>a</sup>	3,89 ± 1,83 <sup>b</sup>	1169,38 ± 240,52 <sup>a</sup>	499,76 ± 56,37 <sup>ab</sup>
Mg	107,23 ± 15,18 <sup>b</sup>	98,25 ± 7,57 <sup>b</sup>	89,36 ± 5,05 <sup>b</sup>	225,26 ± 10,08 <sup>a</sup>
Fe	15,66 ± 0,33 <sup>b</sup>	8,36 ± 2,81 <sup>b</sup>	13,04 ± 0,27 <sup>b</sup>	66,55 ± 9,20 <sup>a</sup>
Zn	7,60 ± 0,93 <sup>a</sup>	8,26 ± 0,46 <sup>a</sup>	7,77 ± 0,70 <sup>a</sup>	6,14 ± 1,20 <sup>a</sup>
Cu	1,99 ± 0,56 <sup>ab</sup>	3,18 ± 0,21 <sup>a</sup>	2,78 ± 0,56 <sup>a</sup>	0,79 ± 0,42 <sup>b</sup>
Mn	2,95 ± 0,64 <sup>b</sup>	2,29 ± 0,64 <sup>b</sup>	2,75 ± 0,00 <sup>ab</sup>	4,59 ± 0,22 <sup>a</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na análise de sódio, verificamos uma concentração deste mineral no preparado sólido para refresco de 32,37 mg/100 g a 4437,54 mg/100 g para as marcas A, B, C e D, sendo que a marca B que demonstrou possuir menor teor desse mineral diferiu ao nível de 5 % de significância das demais amostras estudadas. Mas para o consumo, esse produto necessita ser diluído, desta forma, para suprir a IDR deste mineral que é de 2400 mg/d (BRASIL, 2004) para homens adultos seria necessária a ingestão de no mínimo 14 copos (200 mL) de refrescos da marca A que foi a que se apresentou em maior quantidade, com isto, podendo considerar que o preparado sólido não é boa fonte deste mineral.

Com relação ao teor de potássio encontrado neste estudo, podemos verificar que houve uma variação de 3,89 mg/100 g a 1169,38 mg/100 g, onde a amostra C

apresentou-se em maior concentração e a B com a menor chegando essa diferença à aproximadamente 300 vezes uma da outra.

No que concerne ao mineral magnésio, verifica-se uma variação de 89,36 a 225,26 mg/100 g. Podemos observar que somente a marca D apresentou diferença estatística ao nível de 5 % de significância, isto se deve ao seu valor ser quase três vezes maior que o menor teor encontrado que foi na marca C. Um copo (200 mL) desse produto pronto ao consumo possui com relação às marcas analisadas de 3,44 a 7,8 % da IDR para o mineral magnésio.

Com relação ao ferro, houve uma variação de 8,36 a 66,55 mg/100 g, essa variação comparando com a dose recomendada pela legislação no que se refere à este mineral que é de 14 mg/d representa aproximadamente de 5,38 a 42,82 %, vale mostrar que a marca D apresentou-se com maior teor e a marca B com o menor desse mineral estudado.

O teor de zinco determinado no preparado sólido para refresco de maracujá apresentou entre as marcas uma variação de 6,14 a 8,26 mg/100 g o que representa de 7,90 a 10,63 % da ingestão diária recomendada. Isso, tendo como base um copo de refresco pronto para o consumo. Essa variação nos mostra que a marca B apresentou uma concentração um pouco maior que as demais e que a marca D um valor menor.

Houve uma variação de 0,79 a 3,18 mg/100 g no teor de cobre analisado nas marcas. Essa variação representa no máximo 0,03 % para a marca B do recomendado pela legislação vigente no que se refere à ingestão de mineral.

Com referência ao manganês, observa-se uma variação de 2,29 a 4,59 mg/100g entre as marcas, sendo que o maior teor foi encontrado na marca D, esse valor corresponde à 17,98 % da ingestão recomendada tomando como base o refresco pronto ao consumo. Podendo considerar essa marca fonte deste mineral.

Para as análises de ferro, cobre, zinco e manganês, os valores determinados no preparado sólido apresentaram-se acima do encontrado por Soares et. al. (2004) estudando a composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras que foi em média de 0.43 mg/100 g, 0.07 mg/100 g, 0.70 mg/100 g, 0.11 mg/100 g respectivamente.



A grande variação encontrada entre os minerais analisados no preparado sólido para refresco de maracujá pode ser explicada por: uma falta de uniformidade na mistura dos ingredientes que compõe este produto durante o processo industrial.

A Tabela 9 apresenta a caracterização granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de maracujá.

**Tabela 9:** Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de maracujá.

Abertura (mm)	Marcas (%)			
	A	B	C	D
1,00	0,02	9,95	0,21	0,12
0,075	99,79	89,41	99,40	95,40
<0,075	0,19	0,64	0,39	4,48

Os resultados da granulometria efetuados no preparado sólido para refresco de maracujá demonstram que 89,41 a 99,79 % das partículas apresentam tamanho inferior a 0,075 mm, em virtude da maior porcentagem em partículas finas, porém não possuindo muito pó. Podemos visualizar que a marca D foi a que se apresentou mais fina e a B a mais grossa dentre as marcas estudadas como o observado pelo preparado sólido de abacaxi. Verificou-se também que a granulometria dos preparados sólidos é compatível com a da farinha de mandioca (BRASIL, 1995) desta forma, os preparados sólidos de maracujá podem ser classificados de acordo com a classificação realizada na farinha de mandioca com relação às marcas em: fino beneficiado para as marcas A e C, fino para a marca B e extra fino para a marca D.

Os parâmetros referentes à monocamada, constante de sorção e fator de correlação da isoterma de adsorção do preparado sólido de maracujá calculado para diferentes modelos matemáticos são apresentados na Tabela 10. Verificamos pelas Figuras 9, 10, 11 e 12 que a isoterma de adsorção para o preparado sólido de maracujá é do tipo exponencial.

Analisando-se os dados da Tabela 10, verifica-se que, em todos os casos estudados o erro médio relativo (P) não encontram-se dentro da faixa descrita por Lomauro *et al.* (1985), ou seja, inferiores a 10 %. Considerando somente os coeficientes de correlação ( $R^2$ ), verifica-se que todos os modelos ajustaram-se bem aos dados experimentais (valor mínimo de  $R^2 = 0,975$  %), porém, levando-se em

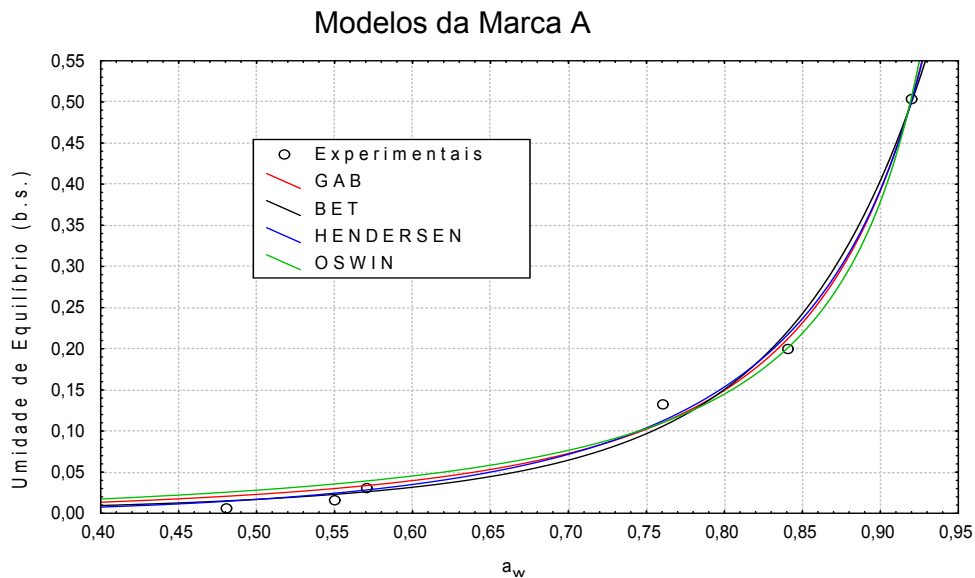
consideração igualmente os erros médios relativos, verificam-se que os modelos os quais apresentaram menores erros foram o modelo de Henderson para as marcas A e B, enquanto que o modelo de Oswin foi o melhor para a marca C e o de BET para a marca D com erros médios de 30.56, 20.15, 14.29 e 25.17 respectivamente.

Verificamos que estes produtos possuem uma grande heterogeneidade em sua composição.

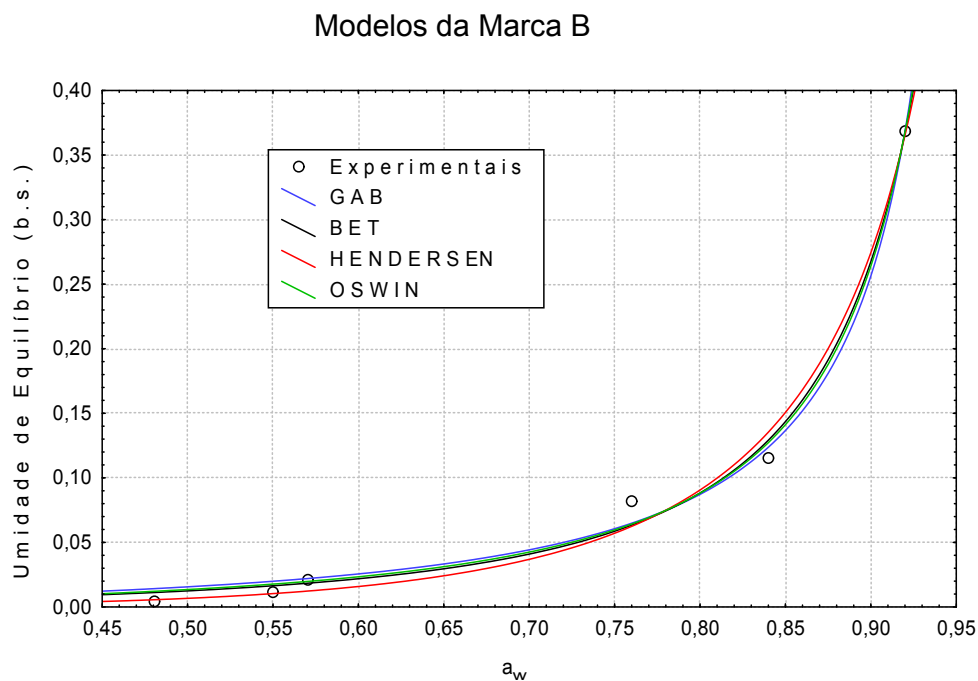
**Tabela 10-** Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de maracujá correspondente à monocamada  $gH_2O/g$  matéria seca ( $X_m$ ); constante de sorção e fator de correlação (K) testados em diferentes modelos para temperatura de  $21\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$

Modelos	Amostras	Parâmetros			$R^2$	E (%)
		$x_m$	C	K		
GAB	A	0,149	0,095	0,955	0,995	49,540
	B	0,022	0,482	1,028	0,994	50,180
	C	0,016	0,742	1,036	0,993	27,050
	D	0,015	1,912	1,060	0,989	52,300
BET	A	3,216	0,002	16,668	0,993	32,900
	B	0,045	0,159	375,602	0,993	38,150
	C	1,498	0,002	24,832	0,986	21,670
	D	1,404	0,003	125,010	0,982	25,170
Henderson	A	0,381	3,287		0,996	30,560
	B	0,323	3,497		0,991	20,150
	C	0,316	3,623		0,986	28,570
	D	0,232	2,862		0,975	53,990
Oswin	A	0,028	1,183		0,993	68,830
	B	0,013	1,353		0,994	41,720
	C	0,011	1,371		0,992	14,290
	D	0,007	1,780		0,981	29,090

Se observarmos o modelo de GAB, verificamos que para as marcas A e D os parâmetros  $X_m$  e C são inversamente proporcionais, sendo que o mesmo comportamento com relação à estas marcas foi observado no modelo de Oswin, só que os parâmetros que tiveram variação foram o a e o b. Os parâmetros do modelo de BET mostraram-se aleatórios, com exceção da marca B que teve o menor teor para o parâmetro  $X_m$  e o maior para o C. a marca D do modelo de Oswin teve o menor valor de  $X_m$ , porém o maior C.

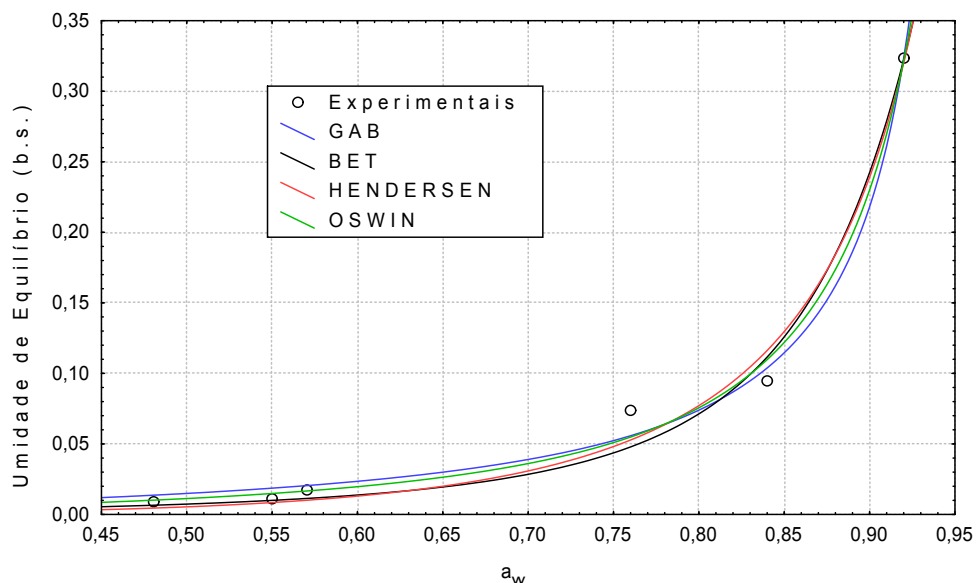


**Figura 9** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca A para os modelos à  $21^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .



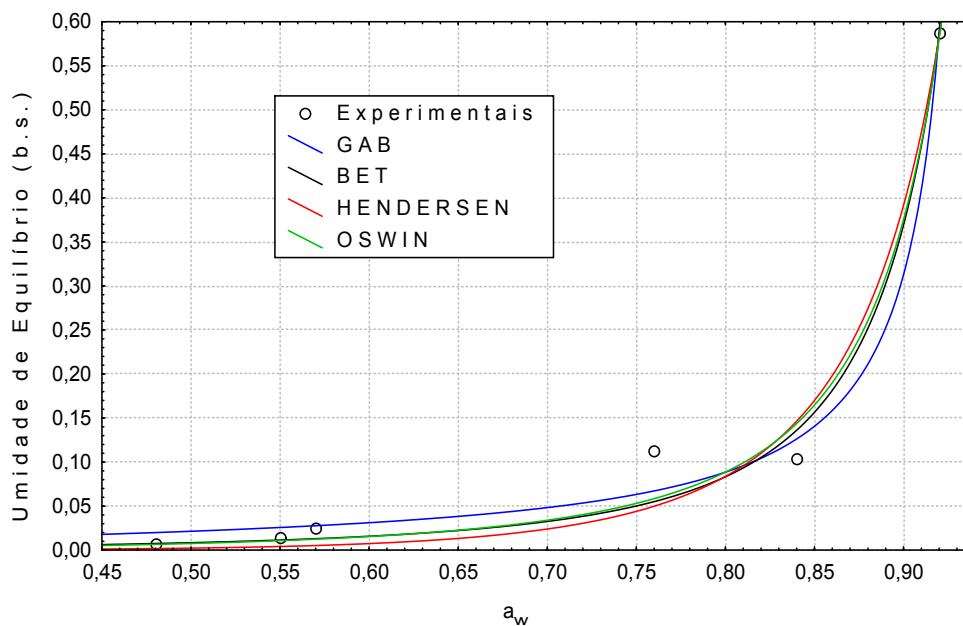
**Figura 10** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca B para os modelos à  $21^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

## Modelos da Marca C



**Figura 11** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca C para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

## Modelos da Marca D



**Figura 12** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de maracujá da marca D para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

Observando as Figuras 19 a 12, detectamos que na curva da marca A, as amostras se ajustaram melhor aos modelos matemáticos utilizados que as da marca D.

### 4.3 Caracterização do preparado sólido para refresco de laranja

Na Tabela 11 pode ser observado os resultados dos parâmetros físico-químicos de pH, acidez, sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais e vitamina C obtidos para as amostras de preparado sólido de laranja de quatro diferentes marcas comerciais brasileiras.

O pH das amostras variou de 2,72 a 3,14. Podemos verificar que somente a marca C variou estatisticamente das demais com um valor bem superior. Caleguer (2005) avaliando sensorialmente os preparados sólidos para refresco de laranja, encontrou pH de 2,50 a 3,00, estando as amostras do presente trabalho dentro deste intervalo.

O teor de vitamina C entre as amostras variou de 158,04 a 286,17 mg/100 g estando todas acima do informado pelo rótulo. A marca B apresentou maior teor de ácido que as demais amostras. Seria necessária à ingestão de apenas 01 copo (200 mL) de refresco para atingir a IDR (90 mg) para homens adultos, a partir de 19 anos (BRASIL, 2004).

**Tabela 11** – Valores médios dos parâmetros físico-químicos do preparado sólido para refresco de laranja de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros	Marcas			
	A	B	C	D
pH	2,84±0,21 <sup>b</sup>	2,72 ± 0,49 <sup>b</sup>	3,14 ± 0,28 <sup>a</sup>	2,76 ± 0,35 <sup>b</sup>
Vitamina C (mg/100g)	158,04 ± 18,94 <sup>c</sup>	286,17 ± 7,36 <sup>a</sup>	257,85 ± 30,92 <sup>a</sup>	175,612 ± 31,61 <sup>bc</sup>
Sólidos solúveis a 20°C	94,20 ± 1,41 <sup>a</sup>	95,60 ± 0,57 <sup>a</sup>	96,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	95,20 ± 0,00 <sup>a</sup>
Açúcares não redutores (%)	58,18 ± 0,00 <sup>a</sup>	81,36 ± 7,50 <sup>a</sup>	81,97 ± 7,61 <sup>a</sup>	64,61 ± 7,30 <sup>a</sup>
Açúcares totais (%)	58,18 ± 0,00 <sup>a</sup>	81,36 ± 7,50 <sup>a</sup>	81,97 ± 7,61 <sup>a</sup>	64,61 ± 7,30 <sup>a</sup>
Acidez total titulável (%)	1,77 ± 0,38 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,34 <sup>b</sup>	0,86 ± 0,70 <sup>c</sup>	1,45 ± 0,11 <sup>b</sup>
Umidade (%)	0,68 ± 0,21 <sup>a</sup>	0,72 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,41 <sup>a</sup>
Cinzas (%)	0,28 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,14 ± 0,00 <sup>c</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teor de sólidos solúveis variou de 94,20 a 96,00° Brix entre as marcas, não diferindo entre ao nível de 5 % de probabilidade. Este alto valor pode ser explicado devido à adição de açúcar na formulação que causa o aumento de sólidos solúveis.

Os açúcares totais variaram de 58,18 % a 81,97 % não diferindo entre si. Este alto teor do preparado pode ser explicado pela adição de açúcar na formulação, haja vista que não foi determinado açúcar redutor neste produto.

A acidez total titulável das amostras variou de 0,86 a 1,77 % de ácido cítrico, sendo possível observar que todas as marcas variaram entre si estatisticamente.

A umidade do preparado sólido variou de 0,68 a 0,81 % não havendo diferença estatística entre as marcas. Já era esperado que a umidade deste produto fosse baixa em virtude de sua natureza.

O teor de cinzas do material estudado neste trabalho variou de 0,11 a 0,28 onde se observa que somente a marca A difere das demais pelo seu alto valor. Essa grande variação pode ser causada por uma falta de homogeneização dos ingredientes que compõem este produto o que torna difícil a reprodução da análise.

Na Tabela 12, encontramos os valores obtidos neste estudo sobre a caracterização mineral do preparado sólido para refresco de laranja.

O teor de cálcio variou de 926,16 a 6681,69 mg/100 g. Podemos observar que as marcas C e D não diferiram entre si, mas apresentaram diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade com as marcas A e B. observamos também que a marca A que teve a maior concentração é mais de 7 vezes maior que aquela que teve o menor teor a qual foi a marca B. Para suprir a IDR deste mineral em homens adultos que é de 1000 mg/d (BRASIL, 2004) seria necessária a ingestão de 2,5 a 12 copos (200 mL) de refresco elaborado com preparado sólido de laranja.

A ingestão de sódio pela população é normalmente alta devido ao consumo de sal e alimentos processados. Teores elevados de sódio na dieta não são recomendados para pessoas hipertensas. A concentração do mineral sódio variou de 1600,00 a 6678,22 mg/100 g. É possível verificar que as marcas B e D não diferiram entre si ao nível de 5 % de probabilidade, mas com as marcas A e C. Nutricionalmente podemos verificar que o teor deste mineral representa de 6,0 a 27,82 % da IDR onde a marca B está com a menor concentração e a marca C com a maior.

**Tabela 12** – Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de laranja de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros (mg/ 100g m.s)	Marcas			
	A	B	C	D
Ca	6681,69 ± 105,70 <sup>a</sup>	926,16 ± 138,73 <sup>c</sup>	3380,24 ± 318,69 <sup>b</sup>	2951,56 ± 151,84 <sup>b</sup>
Na	3878,76 ± 170,61 <sup>b</sup>	1600,00 ± 28,28 <sup>c</sup>	6678,22 ± 619,74 <sup>a</sup>	1709,76 ± 155,90 <sup>c</sup>
K	449,74 ± 127,17 <sup>a</sup>	330,00 ± 183,84 <sup>a</sup>	659,81 ± 112,88 <sup>a</sup>	589,88 ± 183,69 <sup>a</sup>
Mg	101,48 ± 2,04 <sup>b</sup>	53,01 ± 22,72 <sup>b</sup>	230,60 ± 17,78 <sup>a</sup>	245,81 ± 15,90 <sup>a</sup>
Fe	23,48 ± 3,69 <sup>b</sup>	22,47 ± 2,88 <sup>b</sup>	27,41 ± 9,22 <sup>b</sup>	172,61 ± 12,95 <sup>a</sup>
Zn	9,42 ± 0,70 <sup>b</sup>	2,23 ± 0,24 <sup>d</sup>	6,28 ± 0,94 <sup>c</sup>	15,75 ± 0,48 <sup>a</sup>
Cu	2,79 ± 1,69 <sup>a</sup>	2,04 ± 0,96 <sup>a</sup>	5,18 ± 0,56 <sup>b</sup>	3,40 ± 2,88 <sup>a</sup>
Mn	2,75 ± 0,14 <sup>a</sup>	1,52 ± 0,00 <sup>ab</sup>	2,29 ± 0,64 <sup>a</sup>	0,76 ± 0,49 <sup>b</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teor de potássio variou de 330,00 a 659,81 mg/100g não demonstrando diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade entre as marcas analisadas. Esses valores representam de 1,48 a 3,29 % da ingestão diária recomendada pela legislação vigente para o refresco pronto ao consumo. Observamos que o mesmo que aconteceu com o sódio ocorre com o potássio no que se refere às marcas com maior ou menor concentração, ou seja, verificamos que a marca B possui o menor teor de potássio e a marca C o maior.

Com relação ao magnésio, verificamos que houve uma variação de 53,01 a 245,81 mg/100 g entre as amostras estudadas, sendo que as marcas A e B juntamente com as marcas C e D não diferiram entre si ao nível de 5 % de probabilidade, porém apresentaram diferença entre as outras. Observando os dados verificamos que a marca D chega à quase 5 vezes ao valor encontrado pela marca B que foi a com menor concentração encontrada. Tendo como base a legislação vigente no que se refere à ingestão diária, podemos verificar que o preparado sólido para refresco pronto ao consumo representa de 1,84 a 8,51 % deste mineral.

No que diz respeito ao ferro, verificamos que houve uma variação de 22,47 a 172,61 mg/100 g deste mineral, sendo que a marca D foi a única que apresentou diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade com relação às demais. Desta forma, para suprir a IDR deste mineral que é de 1000 mg/d (BRASIL, 2004) seria

necessária a ingestão de 1 a 7 copos (200 mL) de refresco, podemos considerar que esse preparado pode ser boa fonte de ferro.

O teor de zinco variou de 2,03 a 15,75 mg/100 g. Todas as marcas estudadas demonstraram diferença entre si estatisticamente ao nível de 5 % de significância e a marca B, demonstrou-se 7 vezes menor que a marca D, a qual por sua vez foi a que teve a maior concentração. Um copo de refresco elaborado com preparado sólido de laranja representa de 2,87 a 20,27 % da IDR estabelecida pela legislação.

Com relação ao cobre que teve uma variação de 2,04 a 5,18 mg/100 g, observamos que somente a marca C diferiu das outras marcas, chegando quase três vezes ao valor encontrado em ela marca B. Um copo (200 mL) do refresco possui de 0,183 a 0,466 mg que representa de 0,02 a 0,05 % da IDR tendo como base o recomendado que é de 900mg, ou seja, essa bebida não pode ser considerada fonte desse mineral. No que concerne ao manganês, verificamos que este mineral variou de 0,76 a 2,75 nas amostras estudadas, que corresponde de 2,98 a 7,18 % da IDR no refresco pronto ao consumo.

A Tabela 13 apresenta a caracterização granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de laranja.

Com os resultados da análise granulométrica efetuados no preparado sólido para refresco de laranja (tabela 13) podemos observar que 92,16 a 99,59 % das partículas apresentam tamanho inferior a 0,075 mm, em virtude da maior porcentagem em partículas finas, porém não possuindo muito pó, pois a quantidade mantida na base foi pequena, com exceção da marca D que teve 6,41 % do preparado vazado na peneira de 0,075 mm. Podemos visualizar que o preparado sólido da marca D foi o que demonstrou mais fino devido sua alta concentração de pó além das partículas finas, e a marca B a mais grossa dentre as marcas estudadas por possuir partículas retidas na peneira de 1,00 mm. Verificou-se também que a granulometria dos preparados sólidos é compatível com a da farinha de mandioca (BRASIL, 1995) desta forma, os preparados sólidos de maracujá podem ser classificados de acordo com a classificação realizada na farinha de mandioca com relação às marcas em: fino beneficiado para as marcas A e C, fino para a marca B e extra-fino para a marca D.



**Tabela 13:** Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de laranja.

Abertura (mm)	Marcas (%)			
	A	B	C	D
1,00	0,00	7,44	2,44	0,06
0,075	99,59	92,16	95,44	93,53
<0,075	0,41	0,40	2,12	6,41

Os parâmetros referentes à monocamada, constante de sorção e fator de correlação da isoterma de adsorção do preparado sólido de laranja calculado para diferentes modelos matemáticos são apresentados na Tabela 14. Observa-se pelas figuras (Figura 13, 14, 15 e 16) dos valores experimentais que o comportamento das isotermas foi do tipo exponencial. Segundo ORDÓNÊZ (2005), essas curvas que apresentam uma zona mais plana na sua primeira parte, ou seja, em forma de J, são típicas de alimentos com alto teor de açúcares e solutos e que têm pouca adsorção por capilaridade como as frutas e doces de frutas.

**Tabela 14** - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de laranja correspondente à monocamada gH<sub>2</sub>O/ g matéria seca (X<sub>m</sub>); constante de sorção e fator de correlação (K) testados em diferentes modelos para temperatura de 21 °C ± 2 °C

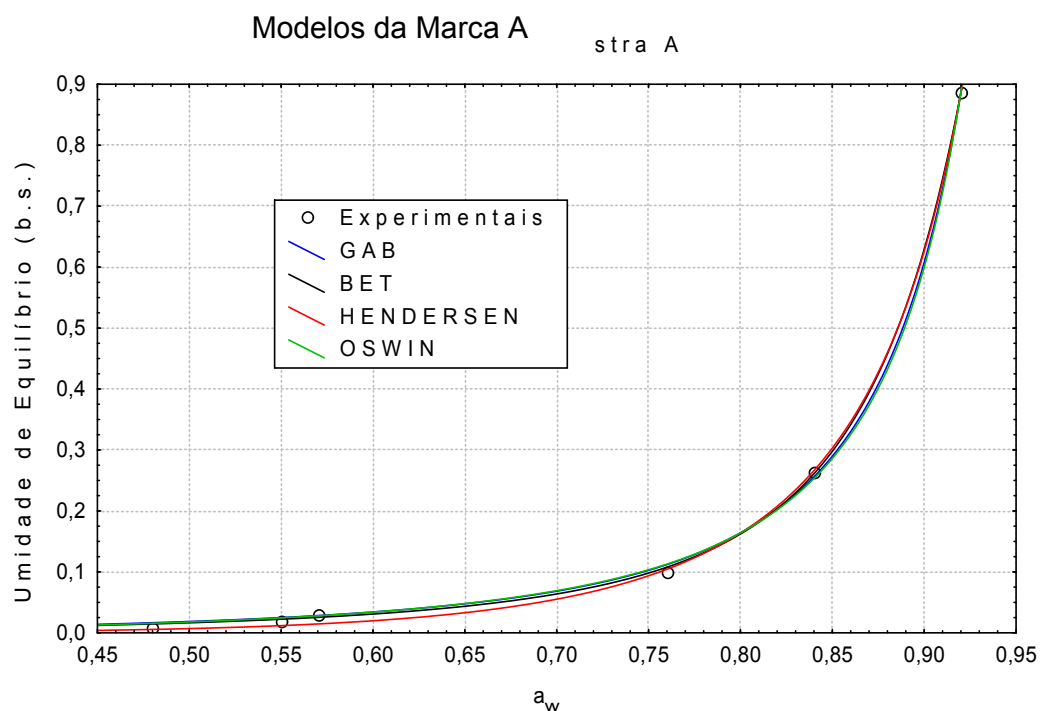
Modelos	Amostras	Parâmetros			R <sup>2</sup>	E (%)
		x <sub>m</sub>	C	K		
GAB	A	0,841	0,012	0,983	0,999	24,860
	B	0,024	0,574	1,065	0,999	32,940
	C	0,010	2,343	1,073	0,999	10,600
	D	0,023	0,631	1,059	0,999	33,060
BET		x <sub>m</sub>	C	N		
	A	1,779	0,004	33,964	0,999	19,230
	B	12,668	0,000	5094,400	0,993	31,330
	C	12,320	0,000	11433,000	0,984	26,200
	D	5,675	0,001	2137,400	0,997	23,180
Henderson		a	b			
	A	0,267	2,609		0,999	21,010
	B	0,188	2,454		0,995	53,790
	C	0,160	2,610		0,995	61,470
	D	0,214	2,589		0,994	49,500
Oswin		a	b			
	A	0,018	1,599		0,999	23,160
	B	0,005	2,182		0,997	34,010
	C	0,001	2,535		0,996	53,720
	D	0,007	1,933		0,997	25,040

De acordo com os valores de R<sup>2</sup> observa-se que todas as equações se ajustaram bem às duas isotermas, porém para a avaliação do melhor ajuste, levou-se em consideração o menor valor do erro médio relativo (E). Portanto, o modelo de

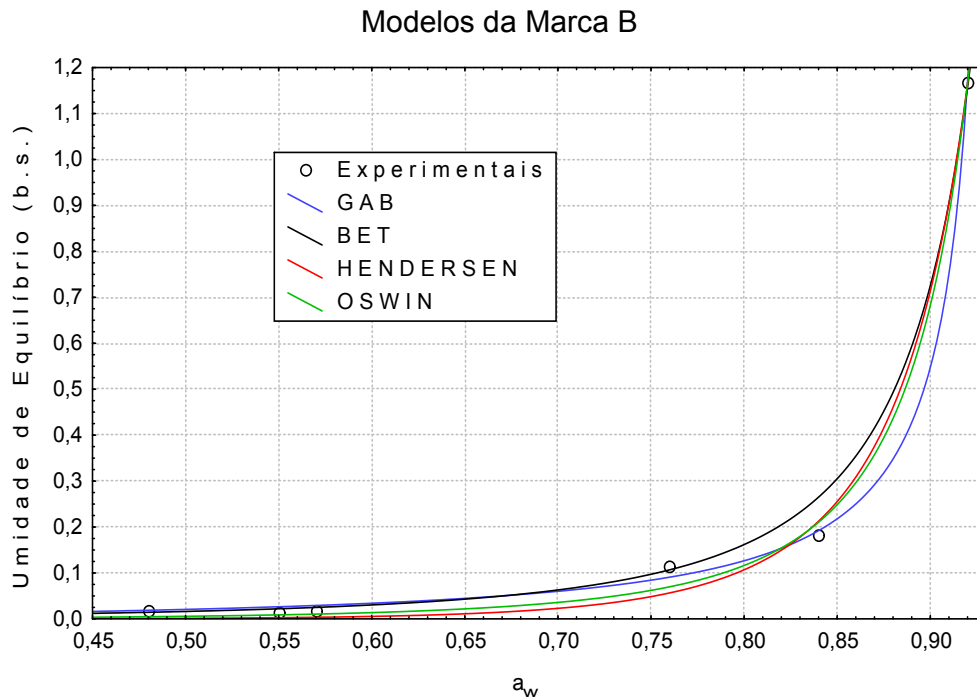
BET foi o que melhor se ajustou para as marcas A, B e D, enquanto que o de GAB que teve um erro menor que 11 %, foi o melhor modelo observado para a marca C.

O valor de  $k$  está bem próximo de 1 podendo assumir a equação de Langmuir. Os parâmetros  $X_m$  e  $C$  são inversamente proporcionais às marcas A e C. no modelo de BET, podemos visualizar que a marca A teve o menor valor para  $X_m$  e o maior para  $C$ . A marca C do modelo de Handerson apresentou o menor valor para o  $a$  e o menor para o  $b$ , o mesmo observado no modelo de Oswin.

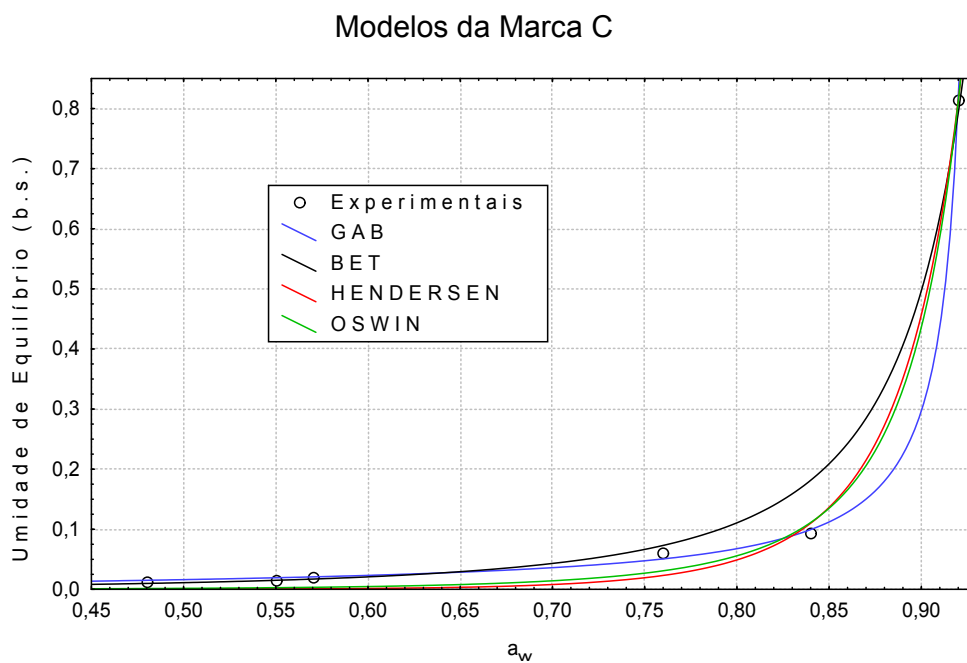
A marca A foi a que apresentou-se mais ajustada aos modelos empregados, o mesmo não pôde ser visto para a marca C que teve variações entre os modelos.



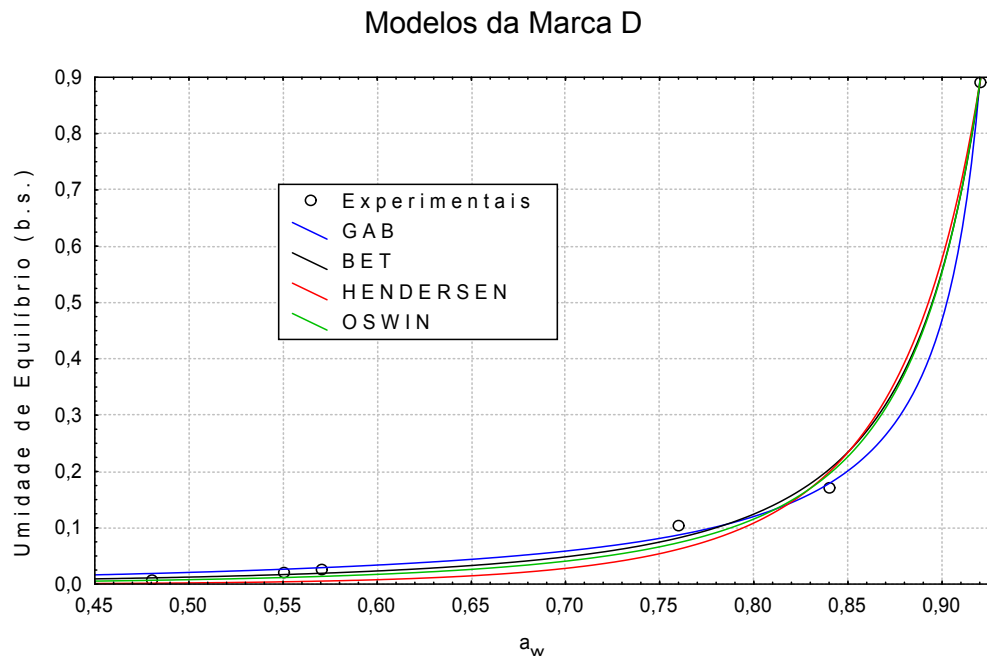
**Figura 13** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca A para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .



**Figura 14** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca B para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .



**Figura 15** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca C para os modelos à  $21,00\text{ °C} \pm 2,00\text{ °C}$ .



**Figura 16** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de laranja da marca D para os modelos à  $21,00\text{ °C} \pm 2,00\text{ °C}$ .

#### 4.4 Caracterização do preparado sólido para refresco de manga

Na Tabela 15 pode ser observado os resultados dos parâmetros físico-químicos de pH, acidez, sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais e vitamina C obtidos para as amostras de preparado sólido de manga de quatro diferentes marcas comerciais brasileiras.

O pH das amostras avaliadas variaram de 3,18 a 3,80, apresentando diferença estatística entre si a 5 % de probabilidade. A amostra B apresentou o pH mínimo de 3,30 estabelecido para a composição do purê de manga destinado ao consumo como bebida (BRASIL, 1999)

A vitamina C entre as amostras estudadas variou de 71,82 mg/100 g a 217,80 mg/100 g, sendo que as marcas C e D demonstraram-se ser 2 e 3 vezes respectivamente maiores que a marca B que analiticamente foi determinada como a marca com menor teor de vitamina.

Os sólidos solúveis determinados variaram de 91 $^{\circ}$  a 105 $^{\circ}$  Brix não apresentando diferença estatística entre si ao nível de 5 % de probabilidade

**Tabela 15** – Valores médios dos parâmetros físico-químicos do preparado sólido para refresco de manga de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros	Marcas			
	A	B	C	D
pH	3,18 $\pm$ 0,42 <sup>c</sup>	3,31 $\pm$ 0,42 <sup>bc</sup>	3,80 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	3,50 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>
Vitamina C (mg/100g)	177,64 $\pm$ 28,73 <sup>b</sup>	71,82 $\pm$ 25,39 <sup>c</sup>	217,80 $\pm$ 18,75 <sup>ab</sup>	282,13 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>
Sólidos solúveis a 20 $^{\circ}$ C	97,0 $\pm$ 7,07 <sup>a</sup>	91,0 $\pm$ 1,41 <sup>a</sup>	91,20 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	105,00 $\pm$ 1,41 <sup>a</sup>
Açúcares não redutores (%)	79,45 $\pm$ 0,68 <sup>b</sup>	84,13 $\pm$ 1,07 <sup>a</sup>	79,17 $\pm$ 1,07 <sup>b</sup>	80,62 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>
Açúcares totais (%)	79,45 $\pm$ 0,68 <sup>b</sup>	84,13 $\pm$ 1,07 <sup>a</sup>	79,17 $\pm$ 1,07 <sup>b</sup>	80,62 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>
Acidez total titulável (%)	0,84 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	0,47 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>	0,39 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>	0,42 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>
Umidade (%)	0,66 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	0,59 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	0,28 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,67 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>
Cinzas (%)	0,36 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	0,17 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	0,25 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>	0,16 $\pm$ 0,14 <sup>c</sup>

Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação ao açúcar total, podemos observar que os valores encontrados estão bastante próximos entre si, no intervalo de 79,17 % a 84,13 %, sendo que a marca B foi a única que apresentou diferença significativa entre as amostras testadas.

A acidez total titulável variou de 0,39 a 0,84, demonstrando que a marca A difere estatisticamente das outras. Podemos observar uma relação entre a acidez e o pH, onde se verifica que a amostra C que obteve pH maior teve a menor acidez e a amostra A apresentou-se com valores inversos.

A umidade entre as amostras estudadas variou de 0,28 % a 0,67 %, sendo que a marca C foi a única que apresentou diferença estatística com relação as demais amostras estudadas. Já era esperada uma baixa umidade neste produto, haja vista sua forma desidratada.

Com relação às cinzas os teores variaram de 0,16 % a 0,36 % apresentando diferença significativa entre as amostras avaliadas. Podemos observar que a amostra A demonstrou maior teor de cinzas e a amostra D o menor.

Na Tabela 16, encontramos os valores obtidos neste estudo sobre a caracterização mineral do preparado sólido para refresco de manga.

A concentração do cálcio variou de 1442,08 a 6306,92 mg/100 g. É possível observarmos que as marcas A, C e D diferiram entre si ao nível de 5 % de probabilidade, e que a marca B não apresentou diferença com a marca C, mas com as marcas A e D. Observamos também que a marca A que teve a maior concentração de cálcio é quase cinco vezes maior que a marca C. Desta forma, para suprir a IDR deste mineral que é de 1000 mg/d (BRASIL, 2004) para homens adultos seria necessária a ingestão de 3 a 7 copos (200mL) de refresco. A marca A difere estatisticamente ao nível de 5 % das outras marcas por apresentar-se com teor mais elevado que as demais.

O teor de sódio variou de 2317,76 a 7118,22 mg/100 g entre as amostras analisadas, sendo possível verificarmos que as marcas A e C não diferiram com a marca D, mas demonstraram diferença entre si ao nível de 5% de probabilidade e com a marca B. Observa-se que a marca C teve uma diferença de aproximadamente 4800 mg à mais que a marca B .Para suprir a necessidade de sódio no organismo com a ingestão do refresco elaborado com o preparado sólido de manga precisa-se de 3 a 11 copos (200 mL).

**Tabela 16** – Valores médios da caracterização mineral do preparado sólido para refresco de manga de quatro marcas comerciais diferentes.

Parâmetros (mg/ 100g m.s)	Marcas				Valores médios numa mesma linha com letras minúsculas iguais, não difere m significativamente
	A	B	C	D	
Ca	6306,92 ± 211,02 <sup>a</sup>	1613,47 ± 159,31 <sup>bc</sup>	1442,08 ± 42,27 <sup>c</sup>	3329,43 ± 841,20 <sup>d</sup>	
Na	4557,95 ± 0,96 <sup>b</sup>	2317,76 ± 1017,10 <sup>c</sup>	7118,22 ± 2,51 <sup>a</sup>	5898,84 ± 143,06 <sup>ab</sup>	
K	1389,33 ± 353,10 <sup>a</sup>	289,72 ± 98,88 <sup>b</sup>	839,79 ± 0,30 <sup>ab</sup>	589,85 ± 211,91 <sup>ab</sup>	
Mg	112,59 ± 7,60 <sup>b</sup>	80,38 ± 2,53 <sup>b</sup>	111,17 ± 15,69 <sup>b</sup>	573,41 ± 2,07 <sup>a</sup>	
Fe	11,74 ± 1,85 <sup>a</sup>	76,95 ± 90,38 <sup>a</sup>	18,27 ± 0,65 <sup>a</sup>	199,15 ± 24,48 <sup>a</sup>	
Zn	10,41 ± 0,70 <sup>b</sup>	9,42 ± 3,97 <sup>b</sup>	6,79 ± 0,21 <sup>b</sup>	33,04 ± 8,47 <sup>a</sup>	
Cu	3,18 ± 0,31 <sup>a</sup>	1,59 ± 1,13 <sup>a</sup>	3,58 ± 0,55 <sup>a</sup>	7,27 ± 3,55 <sup>a</sup>	
Mn	2,29 ± 0,65 <sup>a</sup>	2,75 ± 1,30 <sup>a</sup>	5,50 ± 2,59 <sup>a</sup>	4,18 ± 3,76 <sup>a</sup>	

mente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A concentração do potássio variou de 289,72 a 1389,33 mg/100 g, onde é possível observar que as marcas C e D não diferem entre si e com as marcas A e B, porém estas marcas apresentaram diferença ao nível de 5 % de probabilidade entre si. O teor encontrado de potássio em um copo (200 mL) de refresco equivale de 1,30 a 4,17 % da IDR, sendo que o maior valor observado é da marca A e o menor da B.

No que se refere ao magnésio, sua concentração variou de 80,38 a 573,41 mg/100 g, sendo possível observarmos que a marca D apresentou-se estatisticamente diferente das demais marcas analisadas e com uma representação de aproximadamente 2,65 % da IDR para a marca D que apresentou a maior concentração.

O teor de ferro entre as amostras estudadas não apresentaram diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade, porém o refresco feito com o preparado sólido da marca D que apareceu com maior conteúdo deste mineral possui o equivalente a 128,15 % da IDR para um adulto de 19 anos.

Com relação ao zinco, verificamos que a concentração variou de 6,76 a 33,04 mg/100 g e que a marca D foi a única que apresentou diferença estatística ao nível de 5 % de significância com as demais amostras além de ser maior que a soma da concentração de todas as três amostras juntas a marca D teve o valor de sua concentração em quase 5 vezes o valor da marca C que foi a que teve a menor quantidade determinada de zinco.

Os teores de cobre e manganês, variaram de 1,59 a 9,27 mg/100 g e 2,29 a 5,50 mg/100 g respectivamente, não havendo diferença estatística entre as marcas estudadas. Mas vale ressaltar com relação ao cobre que a marca B teve a menor concentração dentre as demais marcas estudadas e a marca D a maior. Finalmente com relação ao manganês, verificamos com os dados obtidos que a marca C foi a amostra com maior teor deste mineral encontrado no preparado sólido.

A grande variação encontrada entre os minerais analisados no preparado sólidos para refresco pode ser explicada por: uma falta de uniformidade entre os ingredientes que compõe este produto fazendo com que a medida retirada nem sempre seja composta por todos os constituintes de modo igual.

A Tabela 17 apresenta a caracterização granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de manga.

**Tabela 17:** Distribuição média granulométrica de quatro marcas de preparado sólido para refresco de manga.

Abertura (mm)	Marcas (%)			
	A	B	C	D
1,00	0,00	16,28	8,38	0,11
0,075	99,59	83,09	91,45	92,60
<0,075	0,41	0,63	0,17	7,29

Os resultados da granulometria realizados no preparado sólido para refresco de manga demonstram que 83,09 a 99,59 % das partículas apresentam tamanho inferior a 0,075 mm, em virtude da maior porcentagem em partículas finas, porém não possuindo muito pó, com exceção da marca D que teve 7,29 % de pó. A marca D foi a que apresentou-se mais fina devido sua alta concentração de pó além das partículas finas, e a marca B a mais grossa dentre as marcas estudadas por possuir partículas retidas na peneira de um milímetro. Verificou-se também que a granulometria dos preparados sólidos é compatível com a da farinha de mandioca (BRASIL, 1995) desta forma, os preparados sólidos de maracujá podem ser classificados de acordo com a classificação realizada na farinha de mandioca com relação às marcas em: fino beneficiado para a marca A, fino para as marcas B e C finalmente extra fino para a marca D.



As isotermas de adsorção obtidas para os preparados sólidos de manga estão apresentadas na Tabela 18.

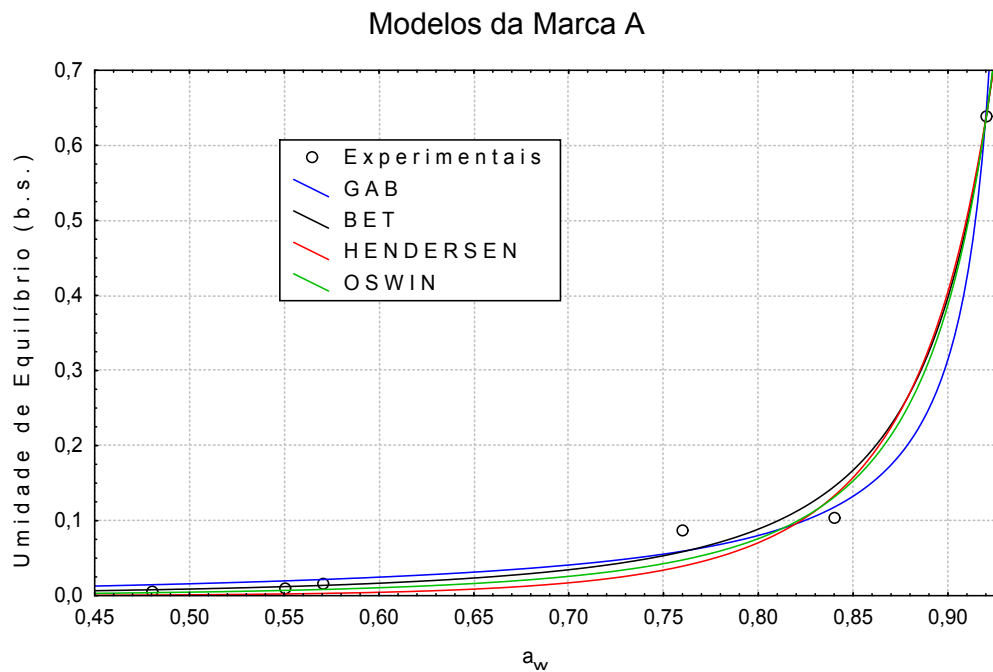
**Tabela 18** - Parâmetros da isoterma de sorção do preparado sólido de manga correspondente à monocamada  $gH_2O/g$  matéria seca ( $X_m$ ); constante de sorção e fator de correlação (K), testados em diferentes modelos para temperatura de  $21\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ .

Modelos	Amostras	Parâmetros			$R^2$	E (%)
		$x_m$	C	K		
GAB	A	0,014	0,982	1,063	0,996	55,940
	B	0,119	0,010	1,048	0,998	35,190
	C	0,0081	1,017	1,072	0,999	44,320
	D	0,007	3,154	1,074	0,998	27,180
BET	A	5,851	0,000	18545,000	0,991	25,590
	B	12,245	0,000	5368,000	0,973	73,490
	C	7,626	0,000	318,790	0,984	42,930
	D	8,865	0,000	913,900	0,981	27,520
Henderson	A	a	b			
	A	0,205	2,771		0,989	54,190
	B	0,137	2,663		0,997	64,170
	C	0,163	2,764		0,994	61,180
D	0,157	2,737		0,992	64,320	
Oswin	A	a	b			
	A	0,005	2,008		0,992	29,650
	B	0,000	2,942		0,997	57,630
	C	0,001	2,493		0,996	48,120
D	0,001	2,569		0,994	56,520	

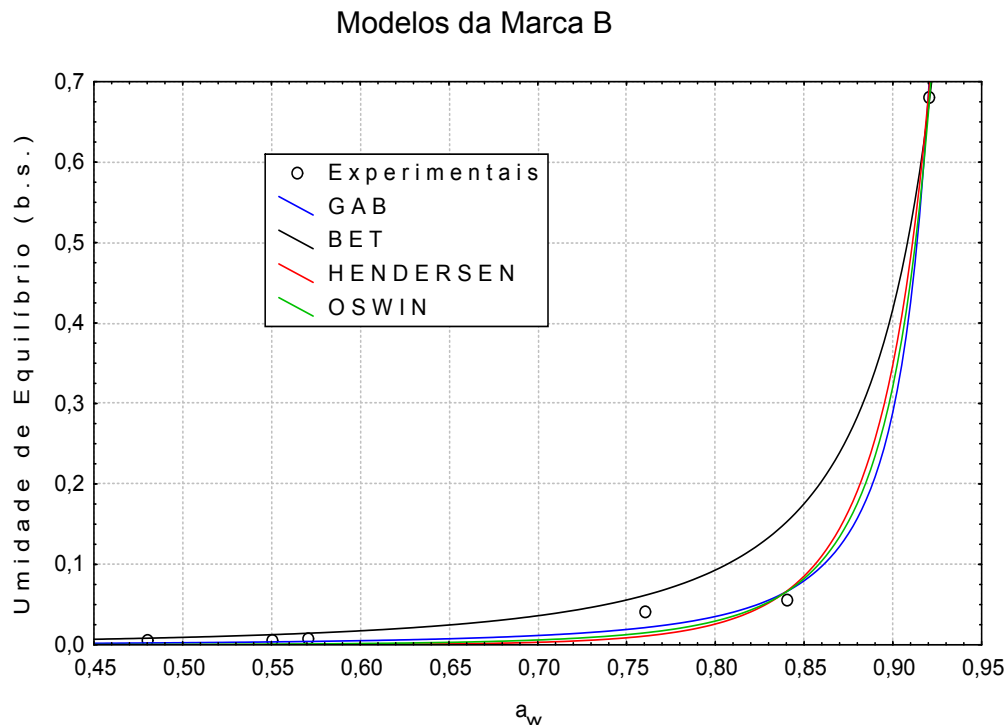
Observando as figuras 17 a 20, podemos verificar que a marca A de todos os preparados sólidos para refresco de manga foi a que teve os modelos mais ajustados aos pontos experimentais. E que o comportamento foi do tipo exponencial

De acordo com os valores de  $R^2$  observa-se que todas as equações se ajustaram bem às duas isotermas, porém para a avaliação do melhor ajuste, levou-se em consideração o menor valor do erro médio relativo (E). Portanto como podemos visualizar, o modelo de GAB foi aquele que melhor se ajustou para as marcas B, C e D enquanto que o modelo de BET foi o melhor para a marca A.

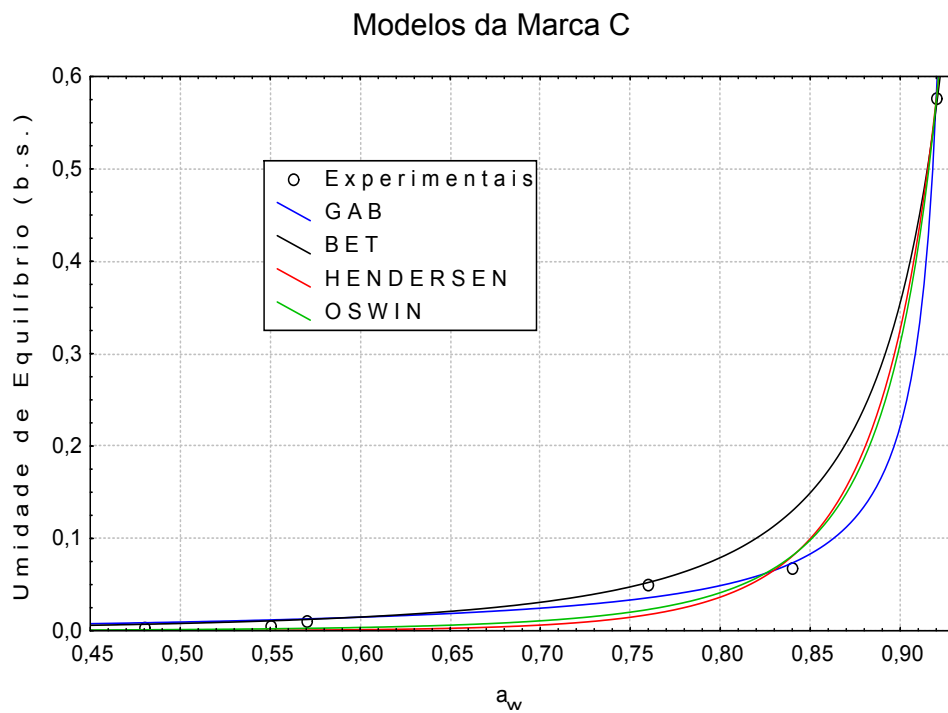
O valor de  $k$  está em torno de 1,00. Podemos observar que o comportamento do modelo de GAB é inverso para os parâmetros  $X_m$  e  $c$  nas marcas B e D. Os parâmetros  $X_m$  e  $c$  das marcas A e B do modelo de BET mostraram-se ser inversamente proporcionais sendo que quando um mostrava-se alto o outro parâmetro era o mais baixo. Os modelos de Hendersen e Oswin tiveram o mesmo comportamento para as marcas A e B, sendo que a marca A teve o maior valor para o  $X_m$  e a marca B o menor valor.



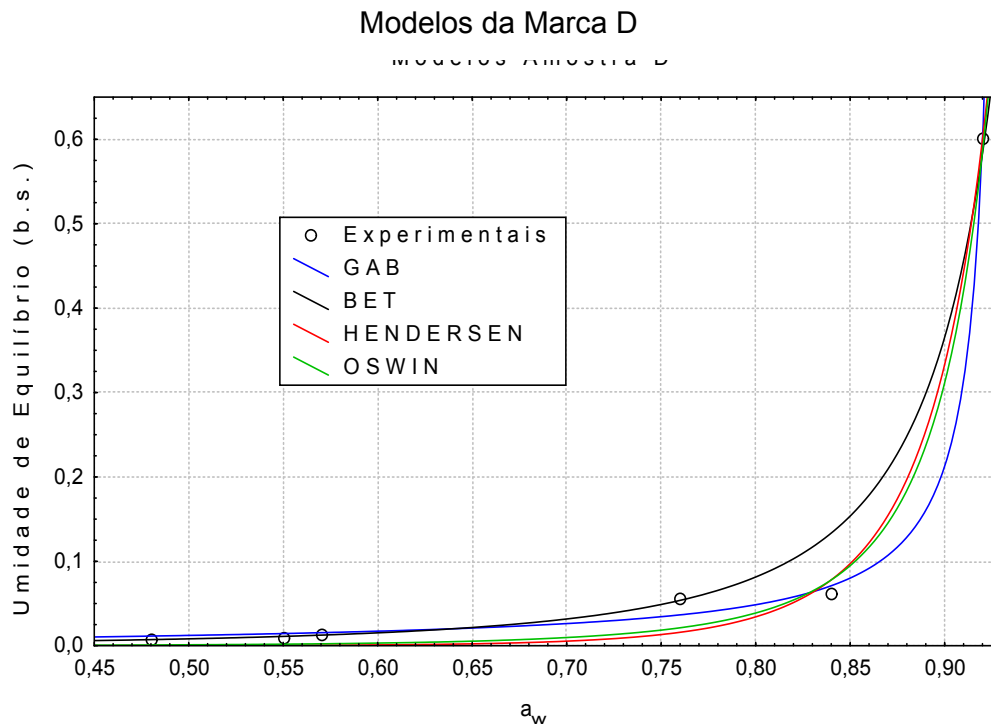
**Figura 17** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca A para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .



**Figura 18** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca B para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .



**Figura 19** – Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca C para os modelos à  $21\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .



**Figura 20**– Comparação entre os valores observados para a isoterma de sorção do preparado sólido para refresco de manga da marca D para os modelos à  $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 5. CONCLUSÕES.

1. Os preparados sólidos para refresco podem ser considerados fontes de vitamina C, contrariamente aos minerais, com exceções para o maracujá que apresentou uma boa concentração de cálcio e ferro e a laranja que demonstrou-se com um considerado teor de sódio e ferro.
2. É preciso regulamentar padrões para esse produto visando melhorar/manter a sua qualidade.
3. A quantidade de fruta adicionada nestes produtos é muito pequena.
4. Quanto maior a umidade relativa à qual as amostras são expostas, maior o grau de absorção de água. O tempo para as amostras atingirem a umidade de equilíbrio varia com o nível de umidade relativa.
5. A isoterma do preparado sólido para refresco é do tipo exponencial.
6. O melhor modelo para ajustar as isotermas dos preparados sólidos para refrescos de laranja, abacaxi, manga e maracujá foi o de GAB.
7. Entre os preparados sólidos para refresco estudados, o produto da marca A de todos os sabores apresentaram os modelos matemáticos utilizados melhor ajustados aos pontos experimentais empregados nesta análise.

## 6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- ✦ Estudar o preparado sólido para refresco (PSR) como são consumidos, ou seja, diluídos conforme o fabricante, para verificar se há muita diferença entre o pó e o produto pronto ao consumo;
- ✦ Realizar isotermas de dessorção;
- ✦ Realizar isotermas de adsorção com várias temperaturas para observar se a temperatura influencia muito a adsorção do produto e qual seria o melhor ambiente no qual o produto teria mais estabilidade;
- ✦ Realizar estudos com a embalagem dos PSR com o objetivo de observar se esta é adequada para este tipo de produto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official methods of analysis association of official**. Analutical Chemistrs, Washington, D.C, v.2, p 16-18, 1995.

BERG, C. Van der. Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the GAB model of sorption. In: MCKENNA, B.M. (Ed.). **Engineering and food**. London: Elsevier Applied Science, 1984. v.1, p.3121

BERTO D., Praticidade e preço acessível garantem o sucesso das bebidas em pó , **Engarrafador moderno**, São Paulo, nº. 93, p 14-23, Fev. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n. 554, 30 Agos. 1995. Aprova norma de identidade, qualidade, acondicionamento, armazenamento e transporte da farinha de mandioca, para fins de comercialização. Publicado no **Diário Oficial da União**, Brasília, 1 Set. 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n. 544, 16 nov. 1998. Aprova os Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 nov. 1998.p. 23-30.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial da União**. Brasília. 1999

BRASIL. Serviço Público Federal, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, delegacia federal de agricultura em minas gerais. **Unidade gestora** 130056. p 45 e 47,2002

BRASIL, Consulta Pública nº 80, de 13 de dezembro de 2004.. Dispõe “sobre o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”, **Diário Oficial da União**, 2004.

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

CALEGUER, V. F. **Busca de Informação**: Avaliação sensorial de preparados sólidos para refresco sabor laranja: análise descritiva, aceitabilidade e impactos da embalagem na intenção de compra. Londrina, 2005, p 159. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Estadual de Londrina.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. 404p.

CHUNG, D.S.; PFOST, H.B. Adsorption and desorption of water vapour by cereal grains and their products. **Transactions of the ASAE** , St Joseph, v.10, n.4, p.14957, 1967.

COLLARES, et al. Revisão: a transição vítrea em produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, 5, 117-130, 2002.

CONSTANT, P.B.L.; STRINGHETA, P.C. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 36 (1):12 – 18, Jan-Jun.2002

CORRÊA, Paulo C. et al . Modeling and obtaining equilibrium moisture content of millet, canary seed and pearl millet. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662006000100024&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000100024&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 May 2007

COSTA, J.M.C. **Grau de caking e higroscopicidade de leite de coco em pó (Cocos nucifera L.) atomizado**. Larvas, MG, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos – Escola superior de agricultura de Lavras)

COSTA, M.C. **Vida de prateleira de confeitos de abacaxi (Ananás comosus Morr L) semidesidratado**. Lavras, MG, 1991. p.157 Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos - Escola superior de agricultura de Lavras)

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. São Paulo, 2000. p.174.dissertação (Mestrado em engenharia química)

EKMEKCIOGLU, C. **Intestinal bioavailability of minerals and trace elements from milk and beverage in humans**. *Nahrung*, v. 44, p. 390-397, 2000.

FABRI. et. al. **FAST – Fabricação de Preparado Sólido para Refresco**. Trabalho de conclusão de curso em gestão empresarial, Fundação Getúlio Vargas, programa FGV management. Abril, 2004 (especialização).

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

FUJII, F. O plus do sabor – A adição de polpa revigora a disputa dos fabricantes de refrescos em pó. **Doce revista**, São Paulo, nº82, p 32 a 33, 36, 38, 40, 42 – 44, 46-48, 50,1999.

GERMANI, R.; BENASSI, V.T.; CARVALHO, J.L.V. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 84 p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos, n. 28).

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

GOOF, H.D. Low-temperature stability and the glassy state in frozen foods. **Food Research International**: Ontario, v25, p 317-325. 1992.



HENDERSON, S.M. A basic concept of equilibrium moisture. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.33, n.1, p.29-32, 1952.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. **Preparado sólido artificial para refresco (pó para refresco)** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/refresco.asp>> Acesso em: 14 Mai. 2004.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004.

JARDIM, D.C.P.; GERMER, S.P.M. (Coord.) **Atividade de água em alimentos**. Campinas: ITAL, 1997. 164p.

LABUZA, T. P. Interpretation of sorption data in relation to the state of constituent water. In: DUCKWORTH, R.B. **water relations of foods**. London, Academic Press. Inc. 1975, p155-173.

LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, 22(3):15-24, 1968.

LOMAURO, C.J.; Bakshi, A.S.; Labuza, T.P. Moisture transfer properties of dry and semi moist foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, p.397-400, 1985.

MARTINS. M. Açúcar invertido: propriedades e aplicações. **Revista Food Ingredients: Guia 2001 de fornecedores**. Ano 2, nº10, jan/fev. 2001.p 97

MOHAMED, S. Factors affecting extrusion characteristics of expanded starch-based products. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v.14, p.437-452, 1990.

OLIVEIRA, Marinévea M. de et al. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananas comosus* L. Mer). **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662005000400020&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000400020&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 20 Jun 2007. Pré-publicação.

OKOS, M. R. Physical and Chemical Properties of Foods, ASAE **Publication**, American Society of Agricultural Engineers, USA, 1986, 407p.

ORDÓNÊZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto alegre. Artmed. 2005. Iv.

PARDI, Giulliana. Refresco em pó cresceu durante todo o ano de 2005.a revista de negócios e tecnologia de bebidas **ENGARRAFADOR moderno**, nº 139, dez 2005 p 12-18.

PARK, K.J.; BIN, A. BROD, F.P.R. obtenção das isothermas de sorção e modelagem matemática Para a pêra bartlett (pyrus sp.) Com e sem desidratação osmótica. **Ciências Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 21(1): 73-77, jan.-abr. 2001

PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isothermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.3, n.1, p.816, 1992.

PEARSON, D.; COX, H.E. The chemical analysis of foods. New York: **Chem. Publ.** 1976.

PELEG, M. Assessment of a semiempirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Processing Engineering**, Connecticut, v.16, n.1, p.2137, 1993.

PENA, et al. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétrico na predição de isothermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciências Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 20(14)1: 8-11, jan/abr. 2000

PEREIRA, A. **Avaliação microestrutural de pós de suco de maracujá obtidos por spray drying**. Lavras: UFLA, 2000; 66p.:il Dissertação(Mestrado em Ciências de Alimentos)

RESENDE, Osvaldo et al. Isothermas e calor isostérico de sorção do feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612006000300022&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000300022&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 14 Maio 2007

ROMERO-PEÑA, L. M.; KIECKBUSCH, T.G. Influência de Condições de Secagem na Qualidade de Fatias de Tomate. Braz. J. **Food Technology**. v.6, n.1, p.69-76, jan./jun., 2003

ROOS, Y. H. Glass transition – related physicochemical changes in foods. **Food Technology**: Chicago, v. 49, n. 12, p. 35-41. 1995.

ROOS, Y. H.; KOKINI, J.L. Glass transitions in low moisture and frozen foods: Effect on shelf-life and quality. **Food Technology**, v. 60, n. 9: 95-108, nov. 1996.

SAEGD – **Sistemas para Análises Estatísticas**. Versão 8.1 Viçosa MG (2003).

SALTMARCH, J.; LABUZA, T.P. Influence of relative humidity on the physicochemical state of lactose in spray-dried sweet whey powders. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 5: 1231-6, 1242. Sept./Oct. 1980.

SOARES, L.M.V.; SHISHIDO, K.; MORAES, A.M.M. *et al.* Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. **Ciências Tecnologia de Alimentos**, abr./jun. 2004, vol. 24, n. 2, p. 202-206.

TERAN-ORTIZ, G. Patrícia. **Cristalização de açúcares em doces de frutas**, Lavras: UFLA, 2004, p.80. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos).

Wang, N.; BRENNAN, J.G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.14, p.260-287, 1991.

WHITE, G. H.; CAKEBREAD, S. H. The glassy state in certain sugar-containing food products. **Journal of Food Technology**, 1, 73-82. 1996.