



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

TÂNIA SULAMYTHA BEZERRA

**COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DE PÓS DE DIFERENTES
VARIEDADES DE MANGA (*Mangifera indica* L.)**

**FORTALEZA
2009**

TÂNIA SULAMYTHA BEZERRA

**COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DE PÓS DE DIFERENTES
VARIEDADES DE MANGA (*Mangifera indica L.*)**

Dissertação submetida à Coordenação de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.

**FORTALEZA
2009**

Comportamento Higroscópico de Pós de Diferentes Variedades de Manga (*Mangifera indica* L.)

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Tecnologia de Alimentos. Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em ___/___/_____

Tânia Sulamytha Bezerra

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia
Universidade Federal do Ceará – UFC

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

Profa. Dra. Isabella Montenegro Brasil
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Edmar Clemente
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Dedico este trabalho a minha mãe, **Natália Maria de Lima**, a quem devo tudo. O máximo de palavras possíveis ainda se mostra insuficientes para expressar a minha eterna gratidão. Quero dizer, principalmente, que eu a amo muito.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom da vida, por sua bondade infinita em dar-me muito além do que mereço, por estar sempre presente em minha vida, acalmando meu coração e me dando forças para seguir adiante, e a oportunidade de aprender e crescer com as dificuldades;

A minha mamãe, que não mediu esforços em toda a minha formação acadêmica, pelo seu indispensável amor e por acreditar que eu posso ir além;

Aos meus familiares, pelo carinho, apoio, incentivo, compreensão, assistência e alegria transmitida;

À Universidade Federal do Ceará e ao programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, pelo acolhimento e pela oportunidade concedida para a realização do curso;

Ao CNPq, pela concessão de bolsas de estudos;

Ao prof. José Maria Correia da Costa, pela orientação, compreensão e paciência dispensada durante a realização deste trabalho;

Ao prof. Geraldo Arraes Maia, pelo apoio, contribuição e sugestões;

Ao prof. Marcos Rodrigues Amorim Afonso, pela atenção, colaboração no ajuste das isotermas de adsorção, correção e sugestões;

Aos demais professores do curso de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, que contribuíram para ampliação dos meus conhecimentos científicos;

Ao prof. Jorge Zapata, juntamente com os técnicos Luis e Rose, pela colaboração na análise de cinzas realizadas no Laboratório de Carnes;

Ao prof. Fernando, do Departamento de Solos, juntamente com a técnica Fátima e o bolsista Emanuel, pela colaboração nas análises de minerais realizadas no Laboratório Físico-Químico de Solos;

Ao prof. Raimundo Willane, pelas análises realizadas no Laboratório de Frutos e Hortaliças;

Ao Paulo Mendes, secretário do curso, pela atenção dispensada em todos os momentos solicitados, competência, paciência e alegria;

Ao prof. Edmar Clemente e a profa. Isabella Montenegro Brasil pela aceitação de participar da banca examinadora deste trabalho;

A Érica Milô de Freitas Felipe Rocha, pela atenção e colaboração imprescindível nas análises estatísticas;

A minha família cearense, Lisandra de Carvalho, Amanda Maria e Rosa do Nascimento, pelo carinho, apoio, companhia, conversas, conselhos, amizade e alegrias compartilhadas;

A Patrícia de Freitas, pelas longas e intermináveis horas de conversas e troca de idéias, apoio, carinho e amizade;

A Lívia Xerez, Sandra Maria e Ana Maria pela amizade, carinho, alegrias e colaboração durante a realização deste trabalho;

A D. Hilda, pelas palavras sábias, carinho, conversas e alegrias;

Ao Emanuel Renato, pelas palavras de ânimo, apoio, amizade e carinho;

As amigas do Piauí, que mesmo distantes não deixaram de transmitir alegria, palavras de conforto e incentivo;

Enfim, a todos que, embora não citados, contribuíram, de alguma forma, para a concretização deste objetivo, muito obrigada.

A mangueira floresce radiante com
Sua diversidade de mangas.
Originando frutos com cores brilhantes
E formas diversas.
Frutos saborosos e nutritivos.
Frutos aromáticos e exóticos.
Frutos de manga,
Fonte de energia,
Fonte de vida.

Tânia Sulamytha Bezerra

RESUMO

Frutas tropicais como a manga, embora muito apreciada pelos seus aspectos sensoriais são altamente perecíveis e requerem técnicas peculiares para sua conservação e comercialização. Neste contexto, este trabalho teve por objetivos avaliar o comportamento higroscópico dos pós de quatro variedades de manga através de isotermas de adsorção, analisar as características químicas e físico-químicas destes pós de manga, assim como avaliar as características químicas e físico-químicas da manga na forma *in natura*. Como matéria-prima, utilizou-se as variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins, que foram submetidas ao processo de desidratação a vácuo a 61°C durante 18 horas, em seguida trituradas e peneiradas para a obtenção dos pós de manga. A partir dos resultados obtidos das análises químicas e físico-químicas para as variedades *in natura* pode-se considerar que a variedade Espada foi superior em relação às demais nos parâmetros de acidez total titulável, sólidos solúveis totais, relação SST/ATT, pH, cinzas, açúcares redutores e açúcares solúveis totais. Em relação aos pós de manga, a variedade que se destacou foi a “Rosa” a qual apresentou elevados teores de vitamina C, acidez total titulável e açúcar redutor. As amostras *in natura* e em pó das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins apresentaram elevados teores de vitamina C, as quais podem ser consideradas boas fontes dessa vitamina. Todos os pós de manga podem ser considerados também boas fontes de minerais, principalmente de cálcio, zinco e ferro. Dentre os modelos matemáticos aplicados para o ajuste das isotermas de adsorção, o modelo tri-paramétrico de GAB se ajustou melhor aos dados experimentais com menor erro médio e maior coeficiente de correlação para todas as variedades de manga em pó, seguido pelo modelo de Oswin. As variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins apresentaram comportamento semelhante durante o tratamento térmico aplicado, bem como durante a construção das isotermas de adsorção. Assim, pode-se concluir que os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins constituem uma boa alternativa para aproveitar o excedente da produção de manga, evitando assim o seu desperdício, além de ser uma boa opção na elaboração de outros produtos alimentícios.

Palavras-chave: Manga; Isoterma de adsorção; Modelos matemáticos.

ABSTRACT

Tropical fruits like mango, but much appreciated by its sensory aspects are highly perishable and require specific techniques for its conservation and marketing. In this context, this study aimed to evaluate the hygroscopic behavior of powder obtained from four varieties of mango through adsorption isotherms, to analyse the chemical and physical-chemical characteristics of mango powders, as well as to assess the chemical and physical-chemical characteristics of mango *in nature*. As raw material was used varieties Coite, Espada, Rosa and Tommy Atkins, which were submitted to dehydration under vacuum at 61 ° C for 18 hours, then crushed and sieved to obtain the mango powder. From the results of chemical analysis and physical-chemical for the variety *in nature* can be considered that the variety Espada was superior in relation to other parameters of titratable total acidity, total soluble solids, TSS / TTA relation, pH , ash, reducing sugars and total soluble sugars. As regard to the of mango powder, the variety that was highlighted was the "Rosa" which showed high levels of vitamin C, titratable total acidity and reducing sugar. Samples *in nature* and powder varieties Coite, Espada, Rosa and Tommy Atkins showed high levels of vitamin C, which can be considered good sources of this vitamin. All mango powders can also be good sources of minerals, especially calcium, zinc and iron. Among the mathematical models used to fit the adsorption isotherms, the tri-parametric model GAB best fit to the experimental data with the average error lowest and correlation coefficient highest for all varieties of powder mango, followed by the Oswin model. The varieties Coite, Espada, Rosa and Tommy Atkins showed similar behavior during the thermic treatment applied, and during construction of the adsorption isotherms. Thus its can concluded that the powders of varieties Coite, Espada, Rosa and Tommy Atkins is a good alternative to use the surplus production of mango, thus avoiding the waste, and is a good option in the preparation of other food products.

Keywords: Mango; Adsorption isotherm; Mathematical models.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Fluxograma para a obtenção do pó de manga
.....
55
- Figura 2 - Representação esquemática de uma célula utilizada para estabelecer o equilíbrio dos diferentes pós de manga
.....
60
- Figura 3 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Coité em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C
.....
76
- Figura 4 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Espada em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C
.....
78
- Figura 5 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Rosa em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C
.....
80
- Figura 6 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Tommy Atkins em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C
.....
82
- Figura 7 - Isotermas de adsorção em pós de manga na temperatura de 23 °C, segundo o modelo de GAB
.....
84
- Figura 8 - Isotermas de adsorção em pós de manga na temperatura de 23 °C, segundo o modelo de Oswin
.....
87

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Atividade de água de soluções salinas saturadas a 23 °C
.....
60
- Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos de quatro variedades de manga *in natura*
.....
63
- Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos de quatro variedades de manga em pó
.....
68
- Tabela 4 - Valores médios dos minerais de quatro variedades de manga em pó
.....
71
- Tabela 5 - Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Coité em pó, os coeficientes de correlação e os erros médios relativos.
.....
75
- Tabela 6 - Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Espada em pó, os coeficientes de correlação e os erros médios relativos.
.....
77

Tabela 7 - Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Rosa em pó, os coeficientes de correlação e os erros médios relativos.	79
Tabela 8 - Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Tommy Atkins em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E).	81
Tabela 9 - Parâmetros dos ajustes do modelo de GAB, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) para os diferentes pós de manga	83
Tabela 10 - Parâmetros dos ajustes do modelo de Oswin, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) para os diferentes pós de manga	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Manga.....	17
2.1.1 Aspectos Gerais.....	17
2.2 Aspectos do Agronegócio da Manga.....	21
2.2.1 Produção e Mercado Brasileiro	22

2.2.2 Produção e Mercado Internacional.....	26
2.3 Características Químicas e Físico-Químicas	28
2.4 Desidratação.....	33
2.5 Alterações Provocadas Pela Desidratação.....	38
2.6 Atividade de Água (a_w).....	41
2.7 Higroscopicidade.....	45
2.8 Isotermas de Sorção.....	46
2.9 Modelos Matemáticos de Isotermas.....	48
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
3.1 Materiais.....	54
3.2 Métodos.....	54
3.2.1 Obtenção da Manga em Pó.....	54
3.2.2 Descascamento e Corte.....	54
3.2.3 Armazenamento e Descongelamento da Manga <i>In Natura</i>	54
3.2.4 Preparo e Secagem	56
3.2.5 Trituração e Peneiramento.....	56
3.2.6 Acondicionamento e Armazenamento dos Pós de Manga.....	56
3.3 Análises Químicas e Físico-Químicas da Manga <i>In Natura</i> e em Pó.....	56
3.3.1 Acidez Total Titulável.....	56
3.3.2 Sólidos Solúveis Totais.....	57
3.3.3 pH.....	57
3.3.4 Relação SST/ATT.....	57
3.3.5 Açúcares Redutores e Açúcares Solúveis Totais.....	57
3.3.6 Vitamina C.....	58
3.3.7 Umidade.....	58
3.3.8 Cinzas.....	58
3.3.9 Carotenóides Totais.....	58
3.3.10 Minerais.....	59
3.4 Modelagem da Isotherma de Adsorção.....	60
3.5 Análises Estatísticas.....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
4.1 Caracterização Química e Físico-Química das Mangas <i>In Natura</i>.....	63
4.2 Caracterização Química e Físico-Química das Mangas em Pó.....	68
4.3 Caracterização Mineral das Mangas em Pó.....	70

4.4 Isotermas de Adsorção das Mangas em Pó.....	74
4.4.1 Isoterma de Adsorção da variedade Coité em Pó.....	75
4.4.2 Isoterma de Adsorção da variedade Espada em Pó.....	77
4.4.3 Isoterma de Adsorção da variedade Rosa em Pó.....	79
4.4.4 Isoterma de Adsorção da variedade Tommy Atkins em Pó.....	81
4.4.5 Isotermas de Adsorção dos Diferentes Pós de Manga pelo Modelo de GAB...	83
4.4.6 Isotermas de Adsorção dos Diferentes Pós de Manga pelo Modelo de Oswin	86
5 CONCLUSÕES.....	88
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	89
REFERÊNCIAS.....	90

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma atividade que se apresenta com ótimas perspectivas econômicas, tendo em vista as condições climáticas favoráveis e o mercado consumidor em plena expansão. Para cada mercado, interno ou externo, de frutas *in natura* ou para a agroindústria, são estabelecidas exigências específicas no que se refere à qualidade pós-colheita do fruto. No entanto, esta atividade apresenta obstáculos para conservar os alimentos no seu estado natural devido à quantidade de água livre neles presentes, fato que, pode ser resolvido mediante o uso de técnicas de conservação, como a desidratação.

As condições climáticas do Brasil e as distâncias entre os centros de produção e consumo são fatores relevantes que justificam o uso de métodos de conservação para estender a vida de prateleira dos alimentos perecíveis tais como as frutas. Principalmente, quando há necessidade de transportá-los de um lugar para outro percorrendo longas distâncias, evitando, assim, que eles se deteriorem com mais facilidade (ORNELLAS, 2001).

O mercado de frutas vem se estruturando em diversos segmentos, apresentando novas tendências de consumo e expansão de novos mercados. No que se refere ao mercado nacional, à manga é comercializada quase que exclusivamente na forma *in natura*, embora também possa ser transformada em numerosos produtos como manga desidratada, polpa congelada, suco, sorvete, geléias, compotas, etc., o que destaca a sua grande diversidade de usos (EMBRAPA, 1994; WYZYKOWSKI, ARAÚJO; ALMEIDA, 2002). A elaboração de novos produtos constitui alternativas para agregar valor e atender as inúmeras divergências entre as preferências do consumidor.

A manga por ser uma fruta tropical de sabor e aroma exóticos, coloração atrativa e valor nutritivo significativo é bastante apreciada na culinária e alimentação da população brasileira, principalmente a nordestina. Mas a sua alta perecibilidade dificulta o aumento da vida útil dos frutos frescos, bem como o seu transporte para mercados distantes.

Nesse sentido, a desidratação demonstra ser uma técnica viável para aproveitar o excedente da produção, disponibilizando para o mercado consumidor produtos estáveis e seguros. Além de possibilitar uma alternativa de renda para agricultores e pessoas ligadas ao ciclo de produção e comercialização de mangas (ROQUE-SPECHT; MAIA, 2002).

A desidrataação constitui-se em uma técnica que remove a água presente no alimento na forma de vapor através da transferência de calor e massa, ou seja, é a conservação do alimento pelo controle da umidade nele presente, retardando a atividade enzimática, deterioração de origem físico-química, além do desenvolvimento microbiano (MACHADO, 2006).

Seguindo de perto as reflexões de Soares *et al.* (2001) a desidrataação de alimentos vem motivando investimentos na industrialização de frutas e hortaliças, face aos benefícios monetários que derivam do lançamento de um novo produto no mercado.

Com o resultado dos avanços tecnológicos na área de conservação de alimentos, o mercado tem disponibilizado uma variedade de produtos desidratados que apresentam grande diversificação e aplicação. Como exemplos, temos: sopas instantâneas com vegetais desidratados, sucos de frutas em pó, maçã, abacaxi, manga, banana e cogumelos desidratados, polpas de frutas em pó e o tomate seco em conserva, além de outros (SANTOS, 2005).

Os produtos alimentícios em pó estão sendo cada vez mais utilizados pela indústria, em virtude dos benefícios que tais produtos proporcionam como a redução significativa dos custos de certas operações, exemplos: embalagem, transporte, armazenamento e conservação, e estes resultados agregam valor ao produto (COSTA; MEDEIROS; MATA, 2003).

Dessa maneira, o pó de frutas obtido pela secagem resulta em um produto com características peculiares, distintas das características inerentes da polpa líquida. Nos produtos em pó os itens qualidade e vida útil têm forte dependência com o seu teor de água. A relação (afinidade) existente entre a água e os outros componentes de um produto define sua higroscopicidade, que é muito marcante nos produtos alimentícios em pó e torna-se uma característica fundamental a influenciar os processos de manuseio, estocagem, processamento,

materiais biológicos e consumo (SILVA; PARK; MAGALHÃES, 2007; VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007).

Desse modo, em materiais higroscópicos é de suma importância a determinação da sua composição físico-química e das isotermas de sorção de umidade. Por conseguinte, o estudo da atividade de água pode ser feito mediante a avaliação das isotermas de sorção.

Assim, o interesse teórico e prático de conhecer as isotermas de produtos desidratados é fundamental para estabelecer as condições ideais de conservação, de transformação e do dimensionamento dos equipamentos de secagem e transporte (COSTA; MEDEIROS; MATA, 2003).

Em função do exposto, este trabalho teve como objetivos principais: avaliar o comportamento higroscópico de pós obtidos de quatro variedades de manga desidratada através das isotermas de adsorção, analisar as características químicas e físico-químicas destes pós de manga, assim como avaliar as características químicas e físico-químicas da manga na forma *in natura*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manga

2.1.1 Aspectos Gerais

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta originária do Sul da Ásia, mais especificamente da Índia, sendo um dos mais apreciados frutos tropicais. A espécie *Mangifera indica L.* pertence à família *Anacardiaceae* (pertencem à mesma família o caju, a cajazeira, o umbu, a ciriguela, o cajá-manga e o pistache) e à classe *Dicotiledônea*, e dentre as várias espécies de *Mangifera* é a mais conhecida horticulturalmente, sendo encontrada em várias regiões do mundo (CUNHA; PINTO, FERREIRA, 2002).

O fruto de manga é constituído de exocarpo (casca), mesocarpo (polpa comestível) e endocarpo (caroço). Todas essas partes do fruto podem ser aproveitadas, no entanto é dada maior ênfase para a polpa comestível cuja utilização é bastante difundida. Estes componentes possuem grande importância tanto econômica quanto nutricional, apresentando também propriedades medicinais como laxativa, diurética e revigorante. A casca e o caroço, como resíduos do processamento da manga, podem ser utilizados na elaboração de ração mista para animais ou para outros fins industriais (MEDINA, 1981).

A polpa de fruta é a parte que apresenta grande importância econômica, em virtude de constituir a matéria-prima em indústria de conservas de frutas (produzem as polpas nas épocas de safra, armazená-las e reprocessá-las nos períodos mais propícios), doces em massa, geléias, néctares, dentre outros. Também são comercializadas para outras indústrias que utilizam a polpa de fruta como parte da formulação de iogurtes, doces, biscoitos, bolos, sorvetes, refrescos e alimentos infantis (BUENO *et al.*, 2002).

A manga é uma fruta tropical de fino sabor e aroma e coloração atrativa. No Brasil, existe uma grande diversidade de variedades de mangas, dependendo da região de cultivo. Os frutos da mangueira apresentam tamanhos e massa variando de poucos gramas a 2.000 g, forma arredondada, oval, alongada e reniforme; casca com diferentes variações de cores: verde, amarelo e vermelho. A polpa também

varia de coloração entre o amarelo-claro ou creme ao alaranjado-escuro, apresentando sabor variado, e sendo mais ou menos fibrosa (de acordo com a variedade). No interior da polpa encontra-se o caroço ou semente, que é fibroso e apresenta diferentes formas e tamanhos, de acordo com a variedade (PHILIPPI, 2003). Dentre estas características, a aparência é o aspecto mais avaliado pelos consumidores, os quais preferem mangas vermelhas. Tal como ocorre com a maioria das frutas, a aparência da manga é um fator importante para o sucesso na sua comercialização. Porém, muitas frutas com excelente aparência (cor, textura, forma, etc.) nem sempre apresentam características intrínsecas desejáveis (GUERREIRO; CAVALCANTE; MACEDO, 2001).

As variedades da mangueira se dividem em dois grupos distintos relacionados à sua origem: grupo indiano (frutos monoembriônicos, fortemente aromáticos, de coloração atraente e susceptível a antracnose) e o grupo indochinês (frutos poliembriônicos, com caroços longos e achatados, poucos aromáticos, geralmente amarelados e medianamente resistentes à antracnose). As sementes também variam em forma e tamanho, podendo ser monoembriônicas e poliembriônicas (SILVA; FONSECA; MOREIRA, 2009).

A mangicultura no Brasil se desenvolveu por volta de 1700, na Bahia, sendo as mudas procedentes da Índia e trazidas pelos portugueses. A cultura da manga está em franca expansão em nível mundial, o que amplia as perspectivas para os países produtores. No Brasil, a região semi-árida do Vale do Rio São Francisco tem se expandido rapidamente em decorrência das condições climáticas aliadas ao uso sistemático da irrigação, proporcionando nessas áreas as condições ideais para o plantio da manga (SOUZA *et al.*, 2002).

Até o início da década de 70, o cultivo das diferentes variedades de manga era realizado em pomares de fundo de quintal, destinado a atender ao consumo doméstico (DONADIO, 1996). Na década de 70, ocorre a introdução, no país, de variedades americanas, as quais ganharam boa aceitação pelos fruticultores e consumidores, e ainda nos dias atuais predominam no mercado nacional (CARVALHO *et al.*, 2004).

Há no Brasil uma grande diversidade de cultivares de mangas, dependendo da região de cultivo. As variedades de manga existentes são bastante numerosas, as quais recebem nomes os mais variados. No entanto, a nomenclatura de variedades de manga é ainda bastante confusa, não existindo, até agora, um

princípio científico bem definido para distingui-las (MEDINA, 1981; NUNES, 1995). Esta diversificação de variedades é uma importante estratégia para alcançar diferentes mercados e precaver-se contra eventuais mudanças na preferência do consumidor e contra problemas de pragas e doenças (ALMEIDA *et al.*, 2000; PINTO; COSTA; SANTOS, 2002). Este fato leva à necessidade de selecionar variedades que possam produzir frutos com características adequadas para a indústria ou para o consumo *in natura*.

As variedades de importância econômica mais indicada são as que apresentam plantios com alta produtividade; frutos de coloração atraente, preferencialmente avermelhada, pois o consumidor associa a cor verde com maturação insuficiente; e polpa doce com pouca ou nenhuma fibra, além da resistência ao manuseio e ao transporte para mercados distantes. Outras qualidades desejáveis também são a regularidade da produção e a resistência a doenças como malformação floral e antracnose, além de baixa incidência de colapso interno do fruto (PINTO; MATOS; CUNHA, 2000).

Assim a diversificação de variedades de manga possibilita aos consumidores escolher dentre várias de acordo com sua preferência nas características sensoriais do fruto. Essa diversificação permite ampliar a oferta e a regularidade do produto no mercado consumidor, por meio do uso de variedades com grau diferenciado de maturação, ou seja, precoce, de meia estação e tardia.

As variedades de manga coloridas tendem a se estabelecer no mercado nacional, induzindo mudanças no padrão sazonal de preços e quantidades transacionadas, além de melhorar o padrão de qualidade da manga comercializada internamente. Ainda hoje, há diferenças substanciais de qualidade e padronização entre as mangas destinadas ao mercado externo e interno (SOUZA *et al.*, 2002).

A variedade Haden era a mais aceita no mercado e difundida em plantios comerciais do Brasil pela excelente qualidade de seus frutos. Hoje, outras variedades têm surgido como promissoras quanto à produtividade, resistência a doenças e qualidade dos frutos (EMBRAPA, 1994; PINTO; MATOS; CUNHA, 2000). No Brasil, existem mais de 300 variedades sendo que as mais cultivadas são de origem norte-americana, como 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Keit', 'Van Dyke' e 'Winter', entre outras. No entanto, a manga de maior volume comercial é a 'Tommy Atkins', com 80 % da produção total. A produção baseada em uma única variedade incorre em sérios riscos biológicos, ataque de pragas e doenças, e econômicos, variações

de preferências dos mercados consumidores. De modo geral, as variedades americanas como 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Keit' e 'Kent', dominam o mercado americano e europeu (PINTO; COSTA; SANTOS, 2002).

No Brasil, não há critérios de padronização para todas as variedades de manga, apenas para 'Tommy Atkins'. Mesmo não tendo critérios definidos, as variedades comuns preferidas pelos mercados regionais disputam o mercado de fruta *in natura* com a manga tipo exportação ou vermelhas, praticamente com os mesmos preços, ou com algumas variações para mais ou para menos, dependendo da variedade e do período de oferta (WYZYROWSKI, ARAÚJO, ALMEIDA, 2002).

Para produzir manga destinada ao mercado de produtos de qualidades é imprescindível adotar as novas tecnologias, mão-de-obra qualificada e serviços especializados, tanto no processo produtivo, quanto nas atividades pós-colheita (SILVA; CORREIA, 2004).

Para industrialização da manga é desejável que os frutos tenham peso superior a 200 g, visando bom rendimento em polpa e um pH inferior a 4,3 é desejável, porque proporciona uma maior resistência ao crescimento de microrganismos patogênicos no produto final (SANTOS, 2003).

A manga constitui, hoje, uma das mais importantes frutas tropicais que compõem a dieta alimentar das classes média e alta brasileira, apresentando um consumo médio per capita da ordem de 1,2 kg/ ano. Porém, esse consumo não é similar em todas as regiões brasileiras, variando pra mais ou pra menos (PINTO, 2002).

No Brasil, o consumo da manga na forma *in natura* é o que predomina, entretanto, esta fruta é amplamente utilizada na culinária e na indústria alimentícia. Na culinária, faz parte da elaboração de diversos pratos tais como musses, saladas, vitaminas, bolos, tortas e molhos. Na indústria alimentícia, os produtos mais comuns são: polpas, sucos, néctares e geléias (RAMOS; SOUZA; BENEVIDES, 2004).

2.2 Aspectos do Agronegócio da Manga

A manga possui grande quantidade de polpa, tamanho e formato variável, aroma e cor muito agradáveis, também faz parte do grupo das frutas tropicais de importância econômica devido aos atrativos da aparência exótica, além de ser uma rica fonte de carotenóides e carboidratos (BRANDÃO *et al.*, 2003; SANTOS, 2003).

É uma fruta muito popular dos trópicos, pois o seu cultivo é difundido por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Sua importância se dá pela exploração econômica com grandes possibilidades de industrialização e também pelo seu cultivo em pomares domésticos de autoconsumo (MANICA *et al.*, 2001).

A produção econômica depende de vários fatores inerentes à cultura, tais como: condições climáticas, condições fitossanitárias, práticas culturais, variedade e estado nutricional, variando em função do grau de maturação do fruto e dos tratamentos utilizados na pré-colheita, colheita e pós-colheita (EMBRAPA, 1994; GONÇALVES *et al.*, 1998; SALLES; TAVARES, 1999; SILVA; MENEZES, 2001).

A manga possui grande importância econômica pelo seu potencial de exportação. A diversificação de variedades comerciais é de fundamental importância para proporcionar maior sustentabilidade ao agronegócio da manga nacional (PINTO; COSTA; SANTOS, 2002). A diversidade de cultivares é, também, mais uma estratégia para alcançar novos mercados, priorizando as variações no comportamento dos consumidores e a resistência às pragas e doenças pelo uso do melhoramento genético. Novos mercados só serão conquistados com produtos que atendam as exigências dos mesmos.

A manga possui grandes possibilidades de industrialização, no entanto, ainda é pouco explorada. Por conseguinte, a viabilização do aproveitamento do uso da manga, com o desenvolvimento de novos produtos, com a preservação máxima dos seus componentes nutricionais, seria de suma importância para o Brasil, o qual se apresenta como grande produtor mundial de mangas. As frutas tropicais são de grande interesse para a indústria de alimentos, principalmente por causa do sabor e aroma (RIBEIRO; SABAA-SRUR, 1999).

A manga encontra no Brasil excelentes condições para seu desenvolvimento e produção, sendo cultivada em quase todos os Estados. (SOUZA *et al.*, 2002). Atualmente, a Região Nordeste concentra a maior parte da produção de manga do país, sendo seguida pela Região Sudeste.

2.2.1 Produção e Mercado Brasileiro

Silva e Correia (2004) dividiram o cultivo da mangueira no Brasil em duas fases distintas: a primeira refere-se ao cultivo do plantio de forma extensiva, com variedades locais e pouco ou nenhum uso de tecnologias, enquanto que a segunda, predominou o elevado nível tecnológico, tais como irrigação, indução floral e variedades melhoradas.

A manga vem apresentando as maiores taxas de crescimento entre as frutas exportadas pelo Brasil, e a perspectiva é de aumento dessa participação (ARAÚJO, 2004). O Brasil foi o oitavo maior produtor mundial de manga, com uma produção de aproximadamente 850 mil toneladas em 2005 (FAO, 2009). A manga brasileira tem a vantagem da oferta na entressafra dos principais países produtores e exportadores, podendo ainda melhorar o seu desempenho. Ainda hoje, a oferta de manga é concentrada no período de outubro a março, com escassez no período de abril a setembro (SOUZA *et al.*, 2002).

Do ponto de vista econômico, a manga é uma das principais frutas que tem contribuído para a pauta das exportações brasileiras de frutas frescas nos últimos anos. Em 2008, foram destinadas ao mercado internacional em torno de 95.387.206 kg dessa fruta, gerando ao país divisas de aproximadamente US\$ 89.500.00 milhões (IBRAF, 2009). O pólo frutícola de Petrolina – PE / Juazeiro - BA, localizado no Vale do São Francisco, na Região Nordeste do país, contribuiu com cerca de 93 % desses valores (IBGE, 2009).

O mercado nacional ainda absorve a maior parte da produção, também serve como amortizador das instabilidades do mercado internacional, pois absorve os produtos que não apresentaram os critérios de qualidade exigidos por este mercado. Portanto, a manga do Brasil tem o mercado interno como a principal fonte de escoamento da produção (SILVA; CORREIA, 2004).

No mercado interno, a manga alcança as maiores cotações no primeiro semestre, em virtude da inexistência de safra na maioria dos pólos de produção do país, ou seja, a comercialização da fruta no período de entressafra do mercado interno (ARAÚJO, 2004).

A super oferta da manga no mercado interno, principalmente na época da safra, leva freqüentemente a um excedente de produção, conseqüentemente, tem ocasionado a queda dos preços, fato que preocupa os produtores. Além disso, o excesso de frutas nem sempre é completamente utilizado no mercado externo e interno, o que gera perdas econômicas. Dentre os obstáculos a comercialização da manga *in natura* cita-se a alta perecibilidade, susceptibilidade a doenças, as mudanças bruscas de temperatura e as injúrias físicas.

Atualmente, observa-se uma crescente tentativa na industrialização de manga, todavia, ainda não é bem sucedida devido um maior interesse na produção de variedades exportáveis como ‘Tommy Atkins’, ‘Haden’ e ‘Keit’, o que desfavorece a produção de variedades propícias à industrialização (RAMOS; SOUZA; BENEVIDES, 2004).

A manga no mercado nacional é comercializada quase que exclusivamente na forma *in natura*, embora também possa ser transformada em vários produtos como sorvete, compotas, pedaços, fatias ou rodela em calda, polpa congelada, doce em massa, néctar, sucos, geléias, fatias ou pedaços congelados ou refrigerados, fatias cristalizadas, cereais de manga, manga desidratada, vinho e vinagre, além de produtos de manga verde ou imaturo os quais são poucos conhecidos, no entanto, na Índia são chamados de “amchur” ou “amchoar” e o “chutney” (EMBRAPA, 1994; RAMOS; SOUZA; BENEVIDES, 2004; WYZYKOWSKI; ARAÚJO; ALMEIDA, 2002).

Segundo Gonçalves (2002), produtos processados ou elaborados são potencialmente diferenciáveis e, portanto, agregam valor, gerando maiores receitas e visando novos postos de trabalho no país. Por conseguinte, a manga processada constitui em mais uma opção vantajosa na pauta de exportação brasileira de produtos agroindustriais.

A comercialização da manga no mercado interno brasileiro concentra-se em uma única variedade, a norte-americana ‘Tommy Atkins’, o que representa 79% da área plantada no Brasil. A sua participação na produção e no mercado é caracterizada pela coloração intensa, o bom rendimento físico e a resistência ao transporte a longas distâncias, por esse motivo foi eleita pelos produtores para seus plantios. No entanto, apresenta ausência de fibras e é pobre no atributo sabor se comparada com outras variedades. Entretanto, isso incorre em sérios riscos biológicos (pragas e doenças) e econômicos associados à concentração da

produção em uma única variedade (ALMEIDA *et al.*, 2001; GUEIRREIRO; CAVALCANTE; MACEDO, 2001; PINTO, 2002). Além disso, a oferta da manga apresenta alta sazonalidade, e os menores preços são estabelecidos no período de outubro a dezembro, quando a quantidade ofertada é maior (PIZZOL *et al.*, 1998).

Observa-se uma expansão da mangicultura no estado de São Paulo e nos pólos de agricultura irrigada do Nordeste, principalmente o Vale do São Francisco (que engloba os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe). No entanto, é na região do semi-árido nordestino que concentra os plantios comerciais de variedades demandadas pelo mercado externo, como as variedades Tommy Atkins e Haden (SILVA; CORREIA, 2004).

A região Nordeste possui condições favoráveis de clima, solo, localização, disponibilidade de água para irrigação, preço de terra e custo da mão-de-obra para o cultivo de manga, o que confere a essa região vantagens comparativas em relação às demais regiões e explicam a liderança absoluta da região na produção e exportação dessa fruta. Estas características propiciam a produção de frutas mais doces e mais sadias ao longo do ano (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Segundo IBGE (2009), a região Nordeste no ano de 2007 constitui a principal região produtora de manga do país com 76,30% da produção nacional, como também é a maior exportadora de manga no país, seguida pelas regiões Sudeste e Norte. O principal estado produtor passou a ser a Bahia (50%), seguido de São Paulo (15,18%), Pernambuco (14,42%) e Minas Gerais (6,01%).

A região Nordeste possui uma localização privilegiada que reduz o tempo e o custo do transporte para os Estados Unidos e União Européia, o que torna um fator de competitividade muito importante se considerar que as frutas são altamente perecíveis (ALMEIDA *et al.*, 2001). Por isso que a maioria dos produtores tecnificados e as grandes empresas nordestinas preenchem os requisitos necessários para as exportações, como volume, qualidade e constância no fornecimento da fruta (CINTRA; BOTEON, 2008).

O destaque da mangicultura no cenário semi-árido nordestino se deve aos altos rendimentos alcançados, qualidade da manga produzida, expansão da área cultivada e do volume de produção. Hoje se observa uma forte tendência para a produção de manga de acordo com as normas de controle de segurança nos sistemas de produção preconizadas pelas legislações nacional e internacional, para atender aos novos requerimentos dos mercados os quais impõem um novo conceito

de qualidade dos alimentos, incorporando as preocupações dos consumidores com a forma como eles são produzidos e a exigência de critérios de certificação do produto, considerando o local de produção e os aspectos da ética ambiental e social. Portanto, há uma predominância para o crescimento da produção nacional de manga certificada, com a adoção da Produção Integrada de Frutas – PIF, assim como outras formas de rastreamento e de regulação da cadeia de produção, tais como a produção de manga orgânica (SILVA; CORREIA, 2004).

O problema da sazonalidade da oferta de manga no mercado mundial, a médios e longos prazos, pode ser removido através da indução floral, hoje em uso nas regiões do vale do São Francisco e do vale do Açu, no nordeste brasileiro, que permite colher durante todo o ano. Entretanto, essa técnica associada aos ganhos de produtividade não é privilégio somente do Brasil. Outros países já a utilizam visando manter uma oferta regular, o que poderá eliminar ou estreitar as janelas de mercado hoje utilizadas pelo Brasil, podendo impor fortes perdas à mangicultura nacional. Portanto, é preciso trabalhar o lado da oferta sem negligenciar o da demanda (ALMEIDA *et al.*, 2001).

A produção brasileira de manga tipo exportação está concentrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. A região do Vale do São Francisco, principalmente no eixo Petrolina – PE / Juazeiro – BA, é o eldorado brasileiro da produção e exportação de manga (WYZYKOWSKI; ARAÚJO, ALMEIDA, 2002).

A produção de manga no Brasil apresenta grande potencial para exportação, e o mercado interno apresenta competitividade tanto em termos de preços, como em termos de qualidade sendo direcionado principalmente para os mercados Europeu e Norte-Americano (SILVA, 2004). O Nordeste brasileiro por oferecer clima privilegiado e condições ideais para o cultivo das mais diversas espécies de fruteiras contribui na fruticultura como parte dominante do agronegócio e, portanto, para o desenvolvimento sócio-econômico da região (SOUZA *et al.*, 2002).

2.2.2 Produção e Mercado Mundial

Almeida *et al.* (2001) afirmam que o mercado internacional de manga ainda é pouco expressivo, se comparado ao mercado de banana e laranja, mas é um dos que mais cresce. Vários países participam desse mercado na condição de vendedores ou compradores e o Brasil está entre os maiores exportadores com o México, Paquistão e Índia. A exportação da fruta *in natura* ainda representa mais de 98% desse valor, enquanto o suco e a polpa são pouco representativos.

Uma das vantagens dos exportadores brasileiros é a comercialização do fruto em épocas diferentes de outros exportadores tradicionais, importantes concorrentes em qualidade e quantidade; são as chamadas janelas de exportação (AMARO *et al.*, 2003).

O mercado externo da manga não é uniforme. Existem grandes diferenças quanto aos gostos, preferências e exigências dos consumidores. As variedades mais procuradas mudam de uma região para outra, de um país para outro (ALMEIDA *et al.*, 2000). Na comercialização da manga a qualidade é fundamental para o seu sucesso, especialmente quando se considera o mercado de exportação.

Além de ofertar uma fruta de boa qualidade, várias estratégias são necessárias para se estabelecer no mercado mundial de manga, tais como: produção integrada; uso mínimo de agrotóxicos; não emprego de mão-de-obra infantil; redução de custos e aumento de produtividade; processamento e mínimo processamento da fruta; melhoria no tratamento ao cliente; programa de marketing mais agressivo; cumprimento dos prazos de entrega; acompanhamento das tendências do mercado-alvo e diversificação da produção com o plantio de variedades comerciais com épocas de colheita distinta umas das outras (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Este mercado é bastante exigente e impõe as barreiras sanitárias que constituem os principais entraves já que a manga se encontra no Sistema Geral de Preferências (SGP), a qual se beneficia da tarifa alfandegária de 0% tanto para a União Européia e quanto para os Estados Unidos pelo fato de que, uma vez não produzida por estes países, a manga não recebe taxaço dos mesmos. As barreiras sanitárias podem ser compreendidas como um regulamento técnico referente à qualidade, higiene e saúde dos vegetais, com o intuito de garantir a qualidade dos

alimentos consumidos pela população de um país, bem como evitar a difusão de pragas e doenças. A União Européia é o mercado importador da fruta brasileira menos exigente quando comparado ao norte-americano, porque exige apenas o Certificado Fitossanitário de Origem - CFO (CINTRA; BOTEON, 2008).

O surgimento e a implementação de novas tecnologias no cultivo da mangueira têm ampliado as exportações, o que contribui para a redução da sazonalidade e conseqüentemente ampliação de concorrência. Neste contexto, o Equador e o Peru são os principais concorrentes da manga brasileira sendo que o produto nacional apresenta melhores condições climáticas nas zonas de cultivo como baixa precipitação e umidade relativa e um elevado grau de luminosidade, fatores que concorrem favoravelmente para uma adequada qualidade mercadológica, no aspecto de coloração como sanidade vegetal. O Equador e o Peru, assim como a Venezuela, registram excesso de chuva e alta umidade, o que reduz o grau de coloração da fruta e favorece a incidência de antracnose (ARAÚJO, 2004).

O mercado internacional de manga é abastecido por mais de 60 países, mas apenas seis deles respondem por aproximadamente 80% do fornecimento. A época de oferta de manga no mercado mundial varia de acordo com o país exportador, mas no geral se concentra de abril a agosto, exatamente quando estão presentes no mercado os maiores exportadores da fruta (ALMEIDA *et al.*, 2001; ARAÚJO, 2004).

Os principais países importadores de manga foram os Países Baixos (Holanda), Estados Unidos, Portugal, Reino Unido, Espanha, Canadá entre outros, foram destinadas a esses mercados consumidores aproximadamente 57 toneladas de manga, totalizando uma divisa de US\$ 32 milhões (IBRAF, 2009). Enquanto que os principais países produtores de manga foram Índia, China, Tailândia, Paquistão, México, Indonésia, Filipinas, Brasil, dentre outros (FAO, 2009).

No Brasil a produção de manga está centralizada nos meses de setembro a março, época de entressafra dos principais países produtores e exportadores, conferindo-lhe vantagens comerciais por desfrutar nas vendas de preços mais elevados e ter poucos concorrentes no mercado na época de sua produção (ALMEIDA *et al.*, 2001).

A manga produzida no Vale do São Francisco é exportada para os principais mercados internacionais, Estados Unidos e União Européia. Observa-se que o pico de importação de manga brasileira pelo mercado norte-americano ocorre em outubro, e o europeu, em novembro (CINTRA; BOTEON, 2008).

As variedades preferidas para exportação são 'Tommy Atkins' e 'Haden'. A manga requerida para a exportação deve apresentar uma coloração vermelha e brilhante, com fibras curtas e peso variando de 250 e 600 g por unidade, quando destinada para o mercado norte-americano, e de 250 a 750 g por unidade quando o mercado alvo é o europeu (PIZZOL *et al.*, 1998).

Entretanto, o mercado de produtos derivados da manga ainda é bastante reduzido, e o mercado de frutas secas/desidratadas é ainda mais reduzido, tendo como principais mercados a Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos, e os principais exportadores são Tailândia, Índia, Filipinas, Taiwan e Malásia. Dessa forma, o produto desidratado é importado na forma de cubos, grãos, pedaços, rodela, lâminas e pó, com a particularidade de preferir-se que sejam de cor laranja-amarelado (SAÚCO, 1999).

2.3 Características Químicas e Físico-Químicas da Manga

A determinação da composição centesimal de um produto fornece informações sobre a composição química, físico-química e, ou, física, além de ter diferentes finalidades como: avaliação nutricional de um produto, controle de qualidade do alimento, desenvolvimento de novos produtos e a monitoração da legislação (CHAVES *et al.*, 2004).

A polpa integral de manga é submetida a vários processos de industrialização com a finalidade de produzir os produtos derivados de manga. Por isso, é fundamental o conhecimento das propriedades físicas e químicas da polpa, pois estas viabilizam economicamente cada etapa do processo (VIDAL *et al.*, 2006).

A composição química e as características físicas das mangas variam com as condições climáticas, condições fitossanitárias, tratamentos utilizados na pré-colheita, colheita e pós-colheita, grau de maturação do fruto, variedade, manejo, tratos culturais e método de processamento empregado. As exigências qualitativas para a comercialização de frutos de manga variam em função do mercado que se pretende atingir. A qualidade pós-colheita está relacionada com a minimização da

taxa de deterioração para que os frutos possam estar atraentes aos consumidores pelo maior espaço de tempo (RAMOS; SOUZA; BENEVIDES, 2004; SALLES; TAVARES, 1999).

As características químicas estão estritamente associadas com a maturação dos frutos, no entanto têm a desvantagem de participarem de várias reações que levam a deterioração do fruto. Dentre os fatores de qualidade dos frutos um dos mais importantes é o sabor, dado pelo balanço entre os açúcares solúveis e ácidos orgânicos (LIMA, 2007).

A qualidade da manga exportada ou apresentada nas redes atacadistas e varejistas do mercado consumidor representa um fator imprescindível na hora da compra pelo consumidor. No mercado interno o sabor, o rendimento e maciez de polpa são qualidades muito importantes no grau de seletividade do consumidor. Enquanto que nos mercados europeus e norte-americanos a aparência da fruta é o fator inicial de atração, e em seguida, o sabor, o rendimento e maciez de polpa, atributos que fazem com que o consumidor retorne para comprar a mesma variedade de manga escolhida (PINTO, 2002).

As mangas quando verdes são adstringentes, ácidas e ricas em vitamina C, entretanto quando amadurecem são doces, ricas em pró-vitamina A, moderada em vitamina C e altamente aromáticas. Os principais constituintes são carboidratos ácidos orgânicos, proteínas e aminoácidos, pigmentos, substâncias pectinas, polifenóis, vitaminas, minerais, ácidos graxos e componentes responsáveis pelo aroma (LAKSHMINARAYANA, 1980).

Durante o amadurecimento, as mangas apresentam alterações físico-químicas como o aumento dos sólidos solúveis, pH, açúcares totais, sacarose, carotenos e a intensidade do sabor; diminuem o teor de sólidos insolúveis, acidez e amido; sólidos totais permanecem constantes; a respiração e a transpiração aumentam até um pico para então diminuir; e a alteração da coloração da polpa: de amarelo claro para amarelo escuro ou laranja (SUGAI, 2002).

No Brasil, de um modo geral, o mercado industrial tem preferência por matéria-prima que possua características como alto rendimento em polpa, resistência a doenças, elevado teor de sólidos solúveis e ausência de fibras. Enquanto que o mercado consumidor de frutos frescos prefere produtos com coloração atrativa, baixa acidez e também com altos teores de sólidos solúveis e ausência de fibras. Este fato leva à necessidade de selecionar cultivares que

possam produzir frutos com qualidade, seja para indústria ou para o consumo *in natura* (GONÇALVES *et al.*, 1998; PINTO, 2002; SANTOS, 2003).

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) normalmente é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, embora, medidos através de refratômetro, incluam principalmente açúcares solúveis, além das pectinas, sais e ácidos. Normalmente é expressa em (°Brix), podendo-se converter em percentagem (COCOZZA, 2003). No entanto, quando as frutas são colhidas durante o período das chuvas, estas promovem a diluição dos sólidos, o que altera a composição das frutas (BUENO *et al.*, 2002).

Os sólidos solúveis totais (SST) têm tendência de aumento com o avanço da maturação, enquanto a acidez total titulável (ATT) diminui com o amadurecimento, sendo assim, a relação SST/ATT é diretamente proporcional aos SST e inversamente proporcional a ATT. Completando essas exemplificações, a relação SST/ATT é indicativa do sabor. Como em outras frutas, em mangas essa relação aumenta em função do aumento de SST e diminuição de ATT (COCOZZA, 2003).

O conteúdo de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento na maioria das frutas tropicais, devido à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório ou de sua conversão em açúcares. Espera-se uma diminuição na acidez com o amadurecimento das frutas, pois os ácidos orgânicos voláteis e não voláteis estão entre os constituintes celulares mais metabolizados no processo de amadurecimento. O declínio na acidez e desaparecimento da adstringência se dá de acordo com a variedade e estágio de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Evangelista *et al.* (2002) reporta que durante a maturação da manga o pH aumenta gradativamente, a acidez diminui até atingir um teor ácido agradável que combinado com o teor de açúcares solúveis, proporciona o paladar característico da fruta, podendo variar de uma variedade para outra.

Tal como ocorre com a maioria das frutas, a aparência da manga é um fator importante para o sucesso na sua comercialização. Porém, muitas frutas com excelente aparência (cor, textura, forma, etc.) nem sempre apresentam características intrínsecas desejáveis.

A manga é uma fruta tropical de fino sabor e aroma, coloração atrativa e valor nutritivo significativo. Nutricionalmente, esta fruta é uma excelente fonte de antioxidantes que podem ser preventivos ao câncer, possui níveis significativos de beta-caroteno e de vitamina A e C. Embora não seja uma fruta com teores muito elevados em vitamina C, a manga madura, em relação a esta vitamina, é mais rica que o limão, o abacaxi e o mamão. A vitamina C aumenta a resistência do sistema imunológico e possui múltiplas funções em diversas partes do organismo, por isso, ela constitui um dos componentes nutricionalmente mais importante na manga. Além desses nutrientes, a manga fornece fibras importantíssimas para o bom funcionamento intestinal; sais minerais indispensáveis à composição de enzimas, hormônios, músculos, sangue, linfa e dentes; água; carboidratos; ácidos orgânicos; proteínas e pigmentos (CHOUDHURY; COSTA, 2004). Portanto, a manga é constituída principalmente de água, carboidratos, ácidos orgânicos, sais minerais e pigmentos.

O valor vitamínico da manga é direcionado, principalmente, em torno do seu conteúdo de vitamina A (carotenóides), vitamina C (ácido ascórbico), e pequenas quantidades de vitaminas do complexo B (CARDELLO; CARDELLO, 1998).

O teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação e com o armazenamento de muitas hortícolas, devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbinase), ou pela ação de enzimas oxidantes como a peroxidase. Essa vitamina encontra-se em tecidos vegetais na forma reduzida como ácido ascórbico (AA), ou na forma oxidada, como ácido dehidroascórbico (DHA), ambos com atividade vitamínica. No entanto, a degradação do DHA para ácido 2,3-dicetogulônico leva à perda da atividade biológica e esse, através de outras reações químicas, produz pigmentos escuros que depreciam a aparência do produto. A vitamina C é um excelente antioxidante e atua nas reações redox como transportador de elétrons para a cadeia respiratória, bem como, regenerando diferentes substratos de sua forma oxidada para a forma reduzida (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Deve-se notar, todavia, que a composição de vitaminas de frutas é influenciada pelo solo, clima, regime pluvial, o grau de maturação e a temperatura (LIMA, 2007).

A vitamina C é hidrossolúvel e é rapidamente destruída pelo calor e por oxidação. As perdas durante o processamento variam de 10 a 50%, em função das condições aplicadas (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

O conteúdo de carotenóides aumenta, durante o amadurecimento das frutas, à medida que o de clorofila diminui, o que caracteriza a mudança da cor verde para amareladas e/ou vermelhas. A composição de carotenóides em mangas pode alterar-se durante o processo de amadurecimento sendo o β -caroteno, o caroteno mais abundante no fruto imaturo e o fitoflueno na fruta madura, porém γ -caroteno é a forma predominantemente presente em todos os estádios de amadurecimento (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001; COCOZZA, 2003).

Nesse percurso é importante lembrar que os pigmentos carotenóides têm como funções a proteção da clorofila e do aparelho fotossintético contra a fotodegradação, bem como a absorção de luz em comprimento de onda diferente do da clorofila, aumentando o potencial energético do sistema. São compostos terpenóides formados por oito unidades de isopreno divididos em dois subgrupos: os carotenos e seus derivados oxigenados – as xantofilas. São insolúveis em água e, usualmente, diferentes compostos encontram-se nos tecidos vegetais em pequenas proporções, resultando na gama de coloração característica de cada espécie e/ou variedade. Assim sendo, o γ -caroteno é laranja-avermelhado, ao passo que o β -caroteno é laranja. Este é considerado pró-vitamina A, o qual será transformado no organismo humano em vitamina A (retinol). As frutas que se destacam pelo teor de β -caroteno são: goiaba, manga, caqui, mamão, pêsego, damasco, melão, maracujá e tomate (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os carotenóides são considerados um grupo de pigmentos solúveis, principalmente em lipídeos, e conferem as cores amarelas e vermelhas dos alimentos. As causas principais da perda de cor dos carotenóides referem-se às reações oxidativas as quais são aceleradas pela temperatura de estocagem, da disponibilidade de oxigênio, da intensidade de exposição à luz, da atividade de água e da acidez do produto, e presença de catalisadores metálicos, sendo reduzida pela presença de antioxidantes como a vitamina C (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

O conteúdo de açúcares em mangas varia em função da variedade, condições nutricionais do solo, condições climáticas, estágio de maturação e temperatura de armazenamento. Durante o amadurecimento, os teores de glicose e frutose variam, enquanto que o de sacarose aumenta de três a quatro vezes, sendo, portanto, o principal açúcar contribuinte para a doçura da manga (LAKSHMINARAYANA, 1980).

Os principais açúcares solúveis totais (AST) presentes nas frutas são a frutose, a glicose e a sacarose. O dissacarídeo sacarose é o principal açúcar não-reduzidor enquanto glicose e frutose constituem os principais açúcares redutores, havendo, na maioria das frutas, predomínio da glicose. Durante o crescimento e a maturação, os teores de açúcares redutores aumentam tanto em frutas climatéricas quanto nas não-climatéricas. Outro aspecto de relevante importância é a proporção entre os diferentes tipos de açúcares, pois constitui um importante atributo de qualidade uma vez que diferem em grau de doçura, sendo assim, a frutose possui grau de doçura maior que a sacarose e esta por sua vez maior que a glicose. O avanço da maturação promove um aumento no conteúdo de açúcares, atribuído principalmente, à hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta, resultando na produção de açúcares solúveis totais. (LUCENA, 2006).

2.4 Desidratação

Apesar da grande potencialidade, diversidade de tipos e de cultivares, ainda há o contraste negativo com as condições inapropriadas para o armazenamento e a comercialização da manga, sendo que frutas tropicais e climatéricas, como a manga, não resistem mais do que 20 a 25 dias de transporte, conseqüentemente, se faz necessário o emprego de tecnologias para prolongar a vida pós-colheita (NEVES *et al.*, 2008).

Na conservação dos alimentos, é preciso saber e conhecer os processos de deterioração, alterando as condições do meio que a favorecem. Estas condições estão condicionadas aos fatores intrínsecos (características inerentes ao alimento) e extrínsecos (referente ao ambiente que circunda o alimento). Os fatores intrínsecos são: pH, acidez, atividade de água (a_w), potencial de oxirredução (Eh), nutrientes, constituintes antimicrobianos, estruturas biológicas e microbiota competidora.

Enquanto que os fatores extrínsecos referem-se à temperatura ambiente, umidade relativa do ambiente e presença e concentração de gases na atmosfera (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Assim, a desidratação ou secagem dos alimentos constitui uma das técnicas de conservação que reduz a quantidade de água presente no alimento, mais precisamente sua atividade de água. Esta redução impede o desenvolvimento microbiano e inibe a maioria das reações químicas e enzimáticas que provocam alterações no alimento.

Segundo Soares *et al.* (2001), a desidratação de alimentos consiste em um método de conservação que impede sua deterioração e perda do valor comercial possibilitando redução de perdas pós-colheita. Ao mesmo tempo, ocorre o refinamento do alimento, tendo em vista a colocação de um novo produto no mercado. Além disso, a desidratação se revelou também como uma forma de reduzir os custos energéticos, importante para o transporte, embalagem e armazenamento dos alimentos com alto teor de água. Pode ser utilizada ainda, como pré-tratamento para alguns processos complementares (PARK; BIN; BROD, 2001).

A desidratação é uma técnica que desenvolve novos produtos derivados de outros, exemplo frutas com valor agregado e propriedades funcionais. Os produtos desidratados podem ser consumidos diretamente como produtos prontos para o consumo ou como ingredientes para elaboração de produtos de confeitaria, iogurtes, sorvetes, entre outros (SOUZA NETO *et al.*, 2005).

A manga desidratada pode ser obtida através da secagem natural ao sol, secagem artificial realizada por vaporização, sublimação, remoção de água por solvente ou na adição de agentes osmóticos, por exemplo, sais e açúcares, ou pela combinação de dois métodos (RAMOS; SOUZA; BENEVIDES, 2004; SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001). Na desidratação, a secagem é realizada pelo calor produzido artificialmente em condições de temperatura, umidade e corrente de ar cuidadosamente controladas (GAVA, 2002; GEOCITIES, 2008; SILVA, 2000).

Na secagem, o calor é utilizado com o intuito de evaporar a água do produto, sendo que a água evaporada na superfície externa do produto é removida e transferida para o meio de secagem que, normalmente, é o ar (ALMEIDA, FONSECA; GOUVEIA, 1999).

O ar é o meio mais usado na secagem de alimentos em função de sua maior disponibilidade e controle, também não apresenta maiores dificuldades durante a sua utilização. O ar leva o calor até o alimento, provocando evaporação da água, e absorve imediatamente o vapor d'água que se desprende do produto (CRUZ, 1990; GAVA, 2002; GEOCITIES, 2008).

Na secagem com ar aquecido o material a ser seco é exposto a uma corrente de ar quente que flui continuamente e assim a umidade é removida. Esse processo preserva a estabilidade do alimento por longos períodos de estocagem, apesar dos decréscimos na qualidade do produto final como dureza excessiva, degradação da cor, aroma e sabor (RATTI, 2001).

No processo de desidratação de alimentos por contato com ar quente, a limitação na taxa de secagem constitui o maior problema durante o processo devido à difusividade da água que decresce proporcionalmente ao teor de umidade (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001). Todavia, o congelamento e o descongelamento do produto antes da secagem aumentam a porosidade, facilitando a retirada de água do sistema e a reidratação.

A secagem a vácuo contribui para acelerar a remoção da água do alimento, conseqüentemente, reduz o tempo total de processamento, possibilitando a obtenção de frutas desidratadas e boa qualidade em comparação á pressão atmosférica (SOUZA NETO *et al.*, 2005).

Nesse sentido, os mais variados métodos de secagem possuem um objetivo em comum que é a redução da atividade de água até níveis próximos de 0,60, o qual elimina a possibilidade de desenvolvimento de microrganismos, além de reduzir a velocidade das reações deteriorativas dos alimentos (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

Mota (2005) observa que, nos últimos anos, a desidratação de alimentos vem sendo objeto de muitas pesquisas na procura de métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos que conservem, com pouca alteração, suas características sensoriais e nutritivas.

As frutas desidratadas podem ser usadas em produtos que não tem teor de umidade muito baixo, como biscoitos, cookies, snacks, cereais em barra, misturas secas para bolos, bolos, entre outros produtos. Recomenda-se que o teor de umidade e atividade de água para estas aplicações sejam de 12 a 16% e 0,50 a 0,60, respectivamente. Desse modo, as frutas desidratadas são consideradas microbiologicamente estáveis na maioria das aplicações (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

A escolha de um método de desidratação a ser utilizado vai depender de alguns fatores, entre os quais podemos considerar: matéria-prima (forma e propriedade); propriedades físicas, como cor e sabor desejados para o produto seco; condições e custos de produção; as exigências do mercado e mão-de-obra especializada (MACHADO, 2006; SILVA, 2000). A desidratação deve ser realizada o mais rápido possível para assegurar produtos de alta qualidade a um custo razoável.

Outros aspectos importantes são a taxa e o tempo total de secagem, que são influenciados pelas propriedades dos produtos, principalmente tamanhos de partícula e geometria; arranjo geométrico dos produtos em relação ao equipamento; as propriedades físicas do meio secante/ambiente e as características do equipamento de secagem (MACHADO, 2006).

A velocidade de evaporação da água do alimento irá depender de diversos fatores, tais como temperatura, umidade, velocidade do ar, tipo e a variedade do material, o seu conteúdo em umidade livre, os tratamentos recebidos anteriormente à secagem, tipo de desidratador, área superficial e a porosidade das porções a secar. Nesse caso, é importante lembrar as inúmeras vantagens do processo de desidratação, dentre elas (GAVA, 2002; SILVA, 2000):

- ✓ Rapidez da operação;
- ✓ Independência em relação às condições meteorológicas;
- ✓ Prevenção do desenvolvimento microbiano;
- ✓ Prevenção das alterações químicas ou físicas do alimento, induzidas ou auxiliadas pelo excesso de umidade;
- ✓ Redução do peso (50% - 80%), em consequência da eliminação da água como também pela retirada de partes não comestíveis (cascas, sementes, caroço);
- ✓ Menor custo com embalagem, armazenamento e transporte devido à redução de volume;

- ✓ Preparação de produtos para processos nos quais somente produtos desidratados possam ser utilizados;
- ✓ Remoção da umidade adicionada em operações de processamento; reaproveitamento de produtos;
- ✓ Facilidade e controle das condições de secagem e sanitárias dentro da câmara de secagem;
- ✓ Redução de espaço ocupado e tempo de secagem.

Em contrapartida, a desidratação é um processo caro, exigindo um capital maior e mão-de-obra especializada (CEREDA, 2003; FRANCO; LANDGRAF, 2005; GAVA, 2002; SILVA, 2000). Desse modo, pode-se deduzir que cada técnica de conservação de alimentos apresenta suas próprias limitações.

Conhecem-se atualmente inúmeros tipos de secadores ou desidratadores que podem ser utilizados na desidratação de alimentos. O tipo de desidratador a ser escolhido vai depender da natureza da matéria-prima que vai ser desidratada, da forma que se deseja dar ao produto processado, das qualidades a serem mantidas no alimento, da quantidade de material a ser seco, da sensibilidade do alimento à injúria térmica, das características de reidratação, bem como dos aspectos econômicos, exigências do mercado, custo de produção, mão-de-obra, das condições de operações e da umidade final desejada (FRANCO; LANDGRAF, 2006; GAVA, 2002; GEOCITIES, 2008; MACHADO, 2006; SILVA, 2000).

Cereda (2003) também observou inúmeras características que devem influenciar na escolha do desidratador, tais como: facilidade de carga e descarga e, de preferência, operação contínua e automática; distribuição uniforme da matéria-prima para melhor aproveitamento do calor; circulação rápida, fácil e uniforme do ar quente, assim como eficiente controle de temperatura e movimentação mecânica da matéria-prima para a obtenção de um produto de qualidade elevada.

Os desidratadores que podem ser utilizados na desidratação de alimentos são agrupados em duas categorias distintas: os desidratadores adiabáticos, que fornecem calor por meio de ar quente, e os desidratadores por contato, que fazem à transferência de calor via superfície sólida. Nos desidratadores adiabáticos estão inclusos os de cabine, túnel, atomizador (spray-dryer), leiteo fluidizado e os fornos secadores, enquanto que para os desidratadores por contato cita-se o secador de tambor (GAVA, 2002; SILVA, 2000).

Os equipamentos de desidratação também podem ser classificados de acordo com o fluxo de carga e descarga (contínuo ou descontínuo); pressão aplicada (atmosférica ou vácuo); meios de aquecimento (direto ou indireto); ou ainda de acordo com o sistema utilizado para fornecimento de calor (convecção, condução, radiação ou dielétrico). Por conseguinte, os alimentos podem ser desidratados com ar, vapor superaquecido, a vácuo, por um gás inerte ou pela aplicação direta do calor (GEOCITIES, 2008; SILVA, 2000).

2.5 Alterações provocadas pela desidratação

Durante a desidratação, os alimentos podem sofrer várias alterações, tanto no seu valor nutritivo como em suas características sensoriais. Mas algumas vezes essas alterações são desejáveis em certos produtos.

As alterações que ocorrem nos alimentos devido à perda de umidade são físicas, químicas e sensoriais. No caso das frutas e hortaliças *in natura* ou minimamente processadas, a perda de umidade levam o produto ao murchamento e a inaceitabilidade para o consumo. Em outros alimentos, a perda de umidade leva ao endurecimento do produto e à perda de peso (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

Cruz (1990) destaca que com a perda da água o valor alimentício do produto concentra-se, ou seja, ocorre à concentração dos nutrientes por unidade de peso quando comparado com o produto fresco. O alimento desidratado é leve, compacto, fácil de transportar, além de manter o sabor inalterado por longos períodos.

Os alimentos desidratados, de modo geral, não apresentam atividade enzimática porque as reações enzimáticas cessam quando a umidade atinge níveis que impedem a mobilidade das enzimas, isto é, a_w menor que 0,40. Entretanto, a atividade enzimática pode iniciar-se caso o produto absorva umidade do ambiente onde é armazenado (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

O principal problema que ocorre com a desidratação de alimentos diz respeito à possibilidade de perda, mesmo que parcial, de determinados nutrientes, particularmente os suscetíveis ao calor utilizado durante o processo de secagem. É o caso das vitaminas, onde algumas são mais sensíveis que outras em relação ao calor. A riboflavina é ligeiramente sensível, mas as perdas são pequenas. A tiamina

é sensível ao calor e destruída pelos tratamentos com enxofre. A vitamina C também é sensível ao calor e à oxidação, assim como o caroteno. Recomenda-se, muitas vezes, a aplicação de ácido ascórbico para equilibrar o teor de vitamina C que, eventualmente, venha a se perder durante o tratamento, e também prevenir a oxidação. Por outro lado, estas vitaminas se volatilizariam num processo comum de cozimento. No que dizem respeito às vitaminas lipossolúveis, estas são mais estáveis ao calor e à oxidação (CRUZ, 1990; SILVA, 2000; ORNELLAS, 2001).

A perda do valor biológico das proteínas depende dos métodos de secagem a que o alimento foi submetido. As baixas temperaturas podem aumentar a sua digestibilidade quando comparada com esse mesmo produto antes da desidratação. Para preservar as gorduras contra os efeitos negativos das altas temperaturas, recomenda-se a utilização de antioxidantes para inibir as reações de oxidação dos ácidos graxos. Os carboidratos não são muito afetados pelo processo de desidratação (SILVA, 2000).

Cor, textura e sabor do alimento sofrem danos causados pelo calor, sendo a textura a mais afetada devido às altas temperaturas provocarem alterações físicas e químicas na superfície do alimento. Conseqüentemente, a cor é alterada, pois os pigmentos sofrem efeitos negativos por causa da mudança na superfície do alimento e do emprego do calor. O sabor e o aroma sofrem algumas alterações provocadas pela perda de alguns componentes voláteis, os quais conferem o flavor característico de cada alimento (CAMARGO, 2003).

A absorção ou ganho de umidade constitui uma alteração física que ocorre em alimentos de baixa atividade de água ou umidade. Esta alteração tem efeitos diferentes conforme o produto, os quais podem deteriorar a qualidade do produto, como alterações de textura (amolecimento ou aglomeração), crescimento microbiológico, oxidação de lipídeos e pigmentos, atividade enzimática, escurecimento enzimático e não-enzimático, perda de vitaminas e outras reações específicas para cada alimento, além disso, o ganho de umidade promove o aumento da atividade de água do produto que pode levar, dentre outros, a um desenvolvimento microbiano. No caso de alimentos desidratados ocorre é a aglomeração ou perda do fluxo livre devido à atração das superfícies umedecidas as quais geram uma força suficiente para causar a união de partículas adjacentes e produzir a aglomeração. Desse modo, há uma perda de qualidade e,

conseqüentemente, limitação da vida de prateleira de frutas desidratadas (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

Roque-Specht e Maia (2002), por exemplo, chamam a atenção para a importância do tempo de secagem afirmando que este está relacionado com a economia de energia e tempo e com os aspectos nutricionais. Mesmo usando calor brando (60°C), mas com tempo prolongado, ocorre desnaturação protéica, inativação enzimática e perdas do valor nutritivo dos alimentos.

Na Ásia, a manga é geralmente preservada na forma desidratada, porém este fruto seco normalmente apresenta textura indesejável, cor pouco intensa, sabor alterado, além da perda do valor nutricional, o que reduz sua importância econômica (TEDJO *et al.*, 2002).

As principais alterações de deterioração de vegetais desidratados são: as reações de escurecimento não-enzimático, o ganho de umidade, a oxidação de pigmentos (clorofila e carotenóides, por exemplo), as reações de oxidação de lipídeos e de vitaminas, A, B₁ e C. Entretanto, nas frutas desidratadas os fatores de deterioração mais expressivos são as reações enzimáticas e de escurecimento não-enzimático, isso se deve normalmente ao fato que as frutas não são branqueadas, assim as reações enzimáticas predominam as quais podem ocasionar no produto alterações de textura e cor, além de conferir um aspecto e sabores desagradáveis (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

A água é um dos fatores que mais influem na alteração dos alimentos. Por outro lado, está perfeitamente demonstrado que os alimentos com o mesmo teor em água se alteram de forma distinta, visto que, a quantidade de água não é, por si só, um indício fiel da deterioração dos alimentos. Dessa forma, surgiu o conceito de atividade de água a qual indica a intensidade de forças que a unem aos outros componentes e, conseqüentemente, a água disponível para o crescimento de microrganismos assim como para as reações químicas e bioquímicas (ORDOÑEZ, 2005).

2.6 Atividade de água (a_w)

A água consiste em um dos componentes mais importantes dos alimentos, afetando suas propriedades, principalmente as físicas. A forma como a água afeta as propriedades do alimento é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física, assim como a composição química de vários solutos (PARK; BIN; BROD, 2001).

A água contida nos alimentos encontra-se sob as seguintes formas: livre, de estrutura e de constituição. A água livre é a que não se encontra ligada a nenhuma estrutura molecular dentro da célula, isto é, encontra-se em estado livre e é relativamente fácil de ser eliminada. Constitui a fração de água existente nos alimentos. As demais formas de águas existentes nos alimentos concentrados são denominadas de estrutura (altera a natureza física da substância) e de constituição (entra na formação da substância), que apesar da importância sob o aspecto físico-químico não apresentam valores no aspecto prático, pelos baixos teores com que estão presentes. Na determinação do teor de umidade interessa apenas as formas de água livre e de estrutura. A determinação da umidade (percentagem de água) pode ser feita por dois processos: pelo processo indireto e processo direto. No indireto (secagem em estufa), o que se determina é a matéria seca (massa seca), admitindo-se que a perda de massa corresponda à massa de água perdida. Na realidade, outras substâncias voláteis além da água são consideradas, também, como água, ocasionando algum erro, o que vem a ser uma desvantagem do método. No processo denominado direto (destilação com tolueno), determina-se a quantidade de água (massa de água) diretamente, embora também esteja sujeito a erros, uma vez que não é muito fácil distinguir a exata separação da camada de água e do tolueno, que é também evaporado e condensado, dentro do tubo receptor graduado (SILVA, 1990).

A água é um dos principais componentes dos alimentos. Todo alimento contém água, embora esta não se encontre ligada do mesmo modo. Assim é de fundamental importância conhecer a atividade de água de um alimento, visto que, por meio dela, podem ser previstas reações químicas e enzimáticas, e desenvolvimento de microrganismos, além de propor a escolha adequada de embalagem para um produto (FERREIRA; PENA, 2003; SILVA, GOUVEIA; ALMEIDA, 2002).

Para a compreensão mais ampla de a_w nos alimentos, é necessário conhecer a sua definição. A a_w é o quociente entre a pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura. A a_w também pode ser compreendida como a umidade relativa do ar em equilíbrio com o produto na temperatura considerada. Os valores de a_w variam de 0 a 1; considerando que a a_w da água pura é 1,00 e, os microrganismos só se multiplicam em valores ligeiramente inferiores aquele valor. Contudo, a a_w de um alimento é sempre menor que 1,00, e a simples enunciação do conteúdo da água no alimento não indica quais alterações deteriorativas poderão ocorrer (ANDERSON, 1992; FRANCO; LANDGRAF, 2005; GAVA, 2002; ORDÓÑEZ, 2005; PARK; BIN; BROD, 2001; SILVA, 2000).

A manga, como a maioria dos materiais biológicos, possui alto conteúdo de água, em média, 80 a 90% de umidade. Por este motivo, é interessante conhecer o mecanismo de troca de vapor de água entre um alimento e o ambiente, pois possibilita prever as condições de processamento, secagem, armazenamento e a escolha do tipo de embalagem a ser utilizada (SILVA; GOUVEIA; ALMEIDA, 2002).

A desidratação do produto diminui a quantidade de água disponível, dessa forma, contribui para a conservação e uso prolongado do material, pois a remoção da água reduz a sua atividade em materiais biológicos, retardando o desenvolvimento de microrganismos e o desencadeamento de reações bioquímicas as quais aceleram o processo degenerativo e, conseqüentemente, levam a perda de qualidade do produto (CORRÊA *et al.*, 2006).

Resende *et al.* (2006) afirmaram que os materiais biológicos possuem propriedade de perder ou ganhar água do ambiente, convergindo, constantemente, para uma relação de equilíbrio entre o seu teor de água e as condições do ar ambiente. Esse equilíbrio é alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto iguala-se a do ar que o envolve. Desse modo, a atividade de água e a umidade relativa, quando atingido o equilíbrio dinâmico, são numericamente iguais (FADINI *et al.*, 2006). Assim, no equilíbrio a a_w está relacionada com a umidade relativa (% UR) do ambiente através da seguinte equação:

$$a_w = \frac{P_w}{P_v} = \frac{UR}{100} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

P_w = pressão parcial da água contida no alimento;

P_v = pressão de vapor da água pura a mesma temperatura;

a_w = atividade de água.

Silva, Gouveia e Almeida (2002) relatam que a partir da umidade de equilíbrio é possível determinar o conteúdo de umidade mínimo que o produto pode atingir sob condições específicas do ar de secagem.

A a_w representa a disponibilidade de água para o desenvolvimento de microrganismo, do ponto de vista microbiológico, e para a ocorrência de reações deteriorantes, tais como escurecimento, oxidação, hidrólise. Segundo tal formulação, a a_w constitui um dos fatores mais relevantes para o processamento, conservação e armazenamento de alimentos (TORREZAN *et al.*, 1997).

Segundo Ordóñez (2005) pode-se afirmar que a a_w dos alimentos frescos e processados é um dos parâmetros que determinam sua classificação em perecível ou estável, além da microbiota capaz de proliferar-se neles. Nessas circunstâncias, os alimentos foram classificados da seguinte maneira:

- a) alimentos com a_w superior a 0,98 (engloba a maior parte dos alimentos frescos) a maioria dos microrganismos podem se desenvolver rapidamente em temperatura ambiente;
- b) alimentos com a_w entre 0,98 e 0,93 (como leite concentrado, carnes curadas, queijos frescos, pão) há inibição do desenvolvimento das bactérias gram negativas, dando lugar as gram positivas;
- c) alimentos com a_w entre 0,93 e 0,85 (exemplos: alimentos desidratados, queijos maturados) desenvolvem cocos gram positivos, mofos e leveduras;
- d) alimentos com a_w entre 0,85 e 0,60 (alimentos de umidade intermediária como nozes, cereais, frutas secas) seguros do ponto de vista sanitário, embora os mofos possam proliferar-se; e, por último,
- e) alimentos com a_w inferior 0,60 (tais como doces diversos, leite em pó, bolachas) são microbiologicamente estáveis.

Os resultados permitem concluir que o valor de 0,60 para a_w é considerado como o limite mínimo para o desenvolvimento de microrganismo (TORREZAN *et al.*, 1997). O valor ótimo da atividade de água para o crescimento de microrganismos encontra-se entre 0,92 e 0,99 (PARK; BIN; BROD, 2001).

Todos os microrganismos contêm acima de 80% de umidade e necessitam de água livre para seu crescimento, tendo uma a_w mínima para o desenvolvimento. Em geral, as bactérias necessitam de valores de a_w superiores aos valores requeridos pelas leveduras e bolores. Entretanto, a maior parte dos microrganismos não morre pela remoção de água e podem crescer novamente quando o alimento for reidratado (MACHADO, 2006; SILVA, 2000). Dessa forma, as características dos microrganismos indicarão o teor máximo de a_w e o conteúdo de umidade que o produto deve alcançar no processo de desidratação (ANDERSON, 1992).

Em altas e baixas a_w , a oxidação nos alimentos desidratados é favorecida, assim a água afeta a oxidação de lipídeos e outras reações em que os radicais livres se fazem presentes no alimento desidratado. Há também destruição de vitaminas por oxidação, e ocorre durante o processo de secagem e estocagem, além de contribuir muito para a perda do valor nutritivo de alimentos desidratados. Todavia, as perdas de vitaminas lipossolúveis ocorrem, principalmente, devido à interação com radicais livres de peróxidos, sendo que a principal fonte destes é constituída pela oxidação de lipídeos (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

Nessas circunstâncias, o aumento da a_w no intervalo de 0,25 a 0,65 acarreta um aumento na taxa de degradação das vitaminas A, B₁, B₂ e C. Em relação à vitamina E, a degradação aumenta quando a_w está dentro da faixa de 0,10 a 0,65, já para o ácido ascórbico, a degradação aumenta exponencialmente com o aumento da a_w (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

A determinação da atividade de água é uma das medidas mais importantes no processamento e na análise dos materiais biológicos, em virtude da sua relevância no que diz respeito à qualidade e estabilidade. A diminuição da atividade de água com a desidratação da fruta contribui para a conservação e conseqüente uso prolongado da mesma. Desse modo, a atividade de água de um alimento determina a quantidade de água que tende a permanecer ou sair desse alimento e, conseqüentemente, sua disponibilidade (PARK; BIN; BROD, 2001; SILVA; PARK; MAGALHÃES, 2007).

O estudo da influência da a_w sobre os alimentos, com modelos científicos, começou há cerca de quarenta anos. No entanto, há milhares de anos que a a_w é utilizada com o objetivo de prolongar a vida de prateleira dos alimentos (TORREZAN *et al.*, 1997).

2.8 Higroscopicidade

Todo alimento contém água, embora esta não se encontre ligada do mesmo modo. A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades, principalmente as 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; BIN; BROD, 2001).

Segundo Martins (2001) a higroscopicidade é a propriedade de absorver a umidade da atmosfera, e 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, açúcares e etc..

Nos alimentos desidratados, onde a água ocorre em proporções mais baixas, este componente é um dos mais importantes. A higroscopicidade é uma característica muito marcante 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 por causa dos terminais polares presentes nessas moléculas (JAYA; DAS, 2004).

Observa-se nas polpas em pó que a qualidade e a vida de prateleira têm forte dependência com o seu conteúdo de água, o qual exerce influência sobre a palatabilidade, digestibilidade, estrutura física e o manuseio. Deste modo, praticamente todos os processos deteriorativos que acontecem com os alimentos também são influenciados pela concentração e mobilidade da água presente. Além disso, as polpas em pó apresentam fácil reconstituição em água e baixa relação volume/massa, conseqüentemente economiza custos em embalagens e espaço de armazenamento (VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007).

Os produtos desidratados em pó encontram ampla aplicação em diversas formulações alimentícias de preparo instantâneo e são de fácil utilização em operações 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).

A higroscopicidade de produtos sólidos porosos é estudada por meio das equações dos modelos matemáticos, os quais descrevem as isotermas de sorção de água, que são representações gráficas da relação existente entre o teor de umidade do material em equilíbrio com diferentes valores de atividade de água a uma determinada temperatura (CORRÊA; MOURE, 2000).

2.8 Isotermas de Sorção

O estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção. Estas equivalem a curvas que descrevem, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do alimento e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura. No entanto, esta relação é complexa e depende dos componentes dos alimentos como gordura, açúcares, amido, proteínas, etc. (PARK; BIN; BROD, 2001; SILVA; PARK; MAGALHÃES; 2007).

Todos os produtos agrícolas têm a capacidade de realizar trocas de água sob forma de vapor com o ambiente que os envolve. Através dessas trocas o produto absorve ou cede água do ambiente, fenômenos conhecidos, respectivamente, por adsorção e dessorção, de acordo com as propriedades higroscópicas do produto e do ar. Além disso, a afinidade entre a água e os outros componentes (gordura, amido, proteínas, etc.) de um produto, define sua higroscopicidade, na qual vêm a influenciar os processos de manuseio, processamento, estocagem e consumo de materiais biológicos (CORRÊA *et al.*, 2006; PRADO *et al.*, 1999).

É preciso lembrar que as isotermas de sorção podem ser de dois tipos: adsorção e dessorção. A adsorção é obtida quando um material seco é colocado em várias atmosferas, aumentando a umidade relativa e medindo o aumento de peso devido ao ganho de água. Na dessorção, o material inicialmente úmido é colocado

sob as mesmas condições ambientais utilizadas na adsorção, sendo medida a perda de peso, devido à saída de água. No entanto, a isoterma de dessorção possui valores de umidade de equilíbrio superiores aos da isoterma de adsorção a uma dada atividade de água (LABUZA, 1968).

Por intermédio das curvas de sorção é possível estudar a relação entre atividade de água e o teor de umidade de equilíbrio a dada temperatura. Além de fornecer informações para a realização das etapas de manuseio, secagem, armazenagem e qualidade dos produtos agrícolas (AFONSO JÚNIOR, 2001).

A isoterma de um produto relaciona graficamente o conteúdo de umidade de equilíbrio de um produto com a atividade de água do mesmo, a uma temperatura constante (GÁLVEZ; ARAVENA; MONDACA, 2006). Contudo, a umidade de equilíbrio pode ser definida como sendo a quantidade de massa de água por umidade de massa total (base úmida) que um produto contém quando é submetido a condições controladas de temperatura e umidade do ar (PRADO *et al.*, 1999).

A umidade de equilíbrio também pode ser descrita como a umidade que o produto irá apresentar a uma determinada umidade relativa do ar sob condições controladas de pressão e temperatura. Os dados de umidade de equilíbrio variam com o tipo de sólido (LUZ *et al.*, 2006).

Pode-se deduzir que a umidade residual refere-se a uma porcentagem mínima de umidade que permanece em todo alimento após ter sido desidratado, sendo que quanto maior o nível de açúcar no alimento, maior a dificuldade em se extrair a umidade ou agir como conservante. Recomenda-se que as frutas mais doces contenham um máximo de 20 a 25% de umidade residual após a desidratação (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

As curvas de equilíbrio higroscópico apresentam grande importância na aplicabilidade da definição dos limites de desidratação (conteúdo de umidade ótimo para armazenagem) dos materiais biológicos como frutas e vegetais. Observaram que quanto menor a umidade da polpa, mais energia é requerida para evaporar a água adsorvida ao produto. Além do que, à medida que a umidade relativa aumenta, mais tempo é necessário para que o equilíbrio higroscópico seja atingindo (SILVA; GOUVEIA; ALMEIDA, 2002).

Anselmo *et al.* (2006) reportam que na produção de frutas em pó as isotermas de equilíbrio higroscópico do produto têm por finalidade estabelecer se o produto sob condições específicas de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dessorver água. Nesse sentido, as polpas em pó mantêm uma forte relação entre a qualidade e a vida útil com o seu teor de água, visto que, há influência na patabilidade, digestibilidade, estrutura física e o manuseio (VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007).

As isotermas de sorção de umidade têm aplicação na predição do tempo de secagem, na vida de prateleira de um produto em determinada embalagem, dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto, na determinação do tipo de embalagem e ainda na caracterização de um produto, inclusive quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água distintos (GOMES, FIGUEIRÊDO, QUEIROZ, 2002; VIEIRA, FIGUEIRÊDO, QUEIROZ, 2007). Nessas circunstâncias, as isotermas de sorção são empregadas na análise e controle de vários processos na indústria de alimentos, por exemplo, preservação, secagem, definição de embalagens e misturas. Além de ser usadas para definir as mudanças na estabilidade do alimento e para selecionar os ingredientes apropriados para a formulação de um produto alimentício (KUROZAWA; EL-AOUAR; MURR, 2005).

2.9 Modelos Matemáticos de Isotermas

Os modelos matemáticos permitem que com poucos pontos experimentais podem-se construir isotermas de umidade, a qual pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas a_w , pontos estes de difícil determinação experimental. Atualmente, numerosos são os modelos com capacidade de predizer uma isoterma (PENA; RIBEIRO; GRANDI, 1997; CORRÊA *et al.*, 2006).

No intuito de prever o comportamento das isotermas, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas de sorção. Sendo que estes modelos em sua maioria são empíricos, no entanto, são úteis no conhecimento das características dos produtos. Dentre os modelos cita-se o BET (Brunauer, Emmet e Teller), GAB (Guggenheim, Anderson e Boer), Henderson, Oswin, Halsey, Smith, Peleg, Chung e Pfost, entre outros. Contudo, apenas os quatros primeiros modelos

citados serão discutidos a seguir (GOMES; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2002; PARK; BIN; BROD, 2001; SILVA; PARK; MAGALHÃES, 2007; VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007).

✓ **Modelo de BET (Brunauer, Emmet e Teller)**

Em 1918, Langmuir verificou que no equilíbrio, a taxa em que as moléculas se condensam na superfície é igual à taxa em que elas evaporam, de acordo com a seguinte equação (ALMEIDA, FONSECA; GOUVEIA, 1999):

$$\frac{U}{U_m} = \frac{C \cdot a_w}{1 + C \cdot a_w} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

U = teor de umidade em base seca (g de água por g de sólidos secos);

U_m = teor de umidade na monocamada molecular (g de água por g de sólidos secos);

C = parâmetro que depende da temperatura e da natureza do material;

a_w = atividade de água.

Vale à pena ressaltar, de maneira mais clara possível, que o conceito de Langmuir foi ampliado pelos pesquisadores Brunauer, Emmet e Teller, o que gerou a equação de BET (Equação 3). Neste estudo proposto por esses pesquisadores, à água se adsorve na forma de camadas, a primeira camada se fixa por adsorção sobre pontos uniformemente localizados e as moléculas seguintes se fixam, mediante pontes de hidrogênio, sendo o diâmetro dos capilares o fator que limita o número de camadas adsorvidas. Desse modo, a equação de BET é baseada na adsorção de multicamadas de vapor e gases (PRADO, 1998). Além disso, a isoterma de BET ajusta satisfatoriamente dados de atividade de água entre 0,1 a 0,5 e a equação é do tipo sigmoideal (LABUZA, 1968).

$$X_o = \frac{X_m \cdot C \cdot a_w}{(1 - a_w)} \left[\frac{1 - (n + 1) \cdot (a_w)^n + n \cdot (a_w)^{n+1}}{1 - (1 - C) \cdot a_w - C \cdot (a_w)^{n+1}} \right] \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

X_o – conteúdo de umidade de equilíbrio, kg kg⁻¹;

X_m – conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg kg⁻¹;

a_w – atividade de água;

n - número de camadas moleculares;

C - constante de ajuste do modelo.

Esta equação tem dois importantes casos especiais: quando $n = 1$, ela fica reduzida à equação de Langmuir (Equação 2) e quando n tende a infinito, ela se reduz à equação de BET linearizável (Equação 4):

$$\frac{a_w}{(1 - a_w) \cdot X_o} = \frac{1}{X_m \cdot C} + \frac{a_w (C - 1)}{X_m \cdot C} \quad (\text{Equação 4})$$

Park e 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 GAB (Guggenheim, Anderson e de Boer)**

Segundo Romero-Pên e Kieckbusch (2003) o conceito da teoria de adsorção física de BET foi ampliado por Guggenheim, Anderson e Bôer, dando origem a equação de GAB (Equação 5). É uma equação tripamétrica a qual permite ajustar dados de sorção de produtos agrícolas em uma faixa mais ampla de atividade de água (0,1 a 0,9) do que a permitida pela equação de BET. Contudo, a equação de GAB é reduzida a de BET quando K (constante) for igual à unidade (PRADO, 1998). Além disso, a equação de GAB é de amplo uso em alimentos e recomendada pelo Grupo de Projetos Europeus COST 90, que trata sobre propriedades físicas de alimentos (GÁLVEZ, ARAVENA; MONDACA, 2006).

$$X_o = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (\text{Equação 5})$$

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 - constantes de ajustes do modelo.

As constantes C e K estão relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada (X_m) e as subseqüentes, num dado sítio de sorção. O parâmetro K representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido. A constante de sorção C refere-se às interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água. Os valores ideais de C são aqueles inferiores a 200, de acordo com a faixa comumente encontrada na literatura (VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007). É importante notar que quando $K = 1$, a equação de GAB fica reduzida à equação de BET linearizada para n infinito. No geral, a aplicação do modelo de GAB depende do tipo de análise de regressão empregada.

Prado *et al.* (1999) reportam que o valor de X_m (monocamada de BET e GAB) diminui significativamente com o aumento da temperatura devido a redução do número de zonas ativas como resultado de mudanças físicas e/ou químicas induzidas pela temperatura. Além disso, os valores da monocamada (X_m) predizem o teor de umidade para uma armazenagem segura, na qual o material tem estabilidade máxima, dessa forma assegura que o material esteja menos sujeitos a alterações deteriorativas (VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007).

Lomauro, Baski e Labuza (1985) observaram que a equação de GAB pode representar com grande precisão mais que 50% das isotermas de frutas, vegetais e carnes, quando comparada com equações de dois parâmetros.

✓ **Modelo de OSWIN**

Na equação proposta por Oswin, Equação 6, há apenas dois parâmetros para estudar o equilíbrio higroscópico dos materiais biológicos, ou seja, duas constantes de fácil linearização. Por isso, apresenta algumas vantagens sobre os

modelos de BET e GAB, e é utilizado para analisar isotermas de sorção de diversos alimentos (ALMEIDA; FONSECA; GOUVEIA, 1999; PARK; BIN; BROD, 2001).

$$X_o = a \cdot \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: X_o - umidade de equilíbrio, base seca (b.s.);
 a_w – atividade de água;
 a e b – parâmetros de ajustes.

✓ Modelo de HENDERSON

O modelo empírico proposto por Henderson (1952), descrito na Equação 7, é um dos modelos mais empregados e descreve bem o comportamento de alimentos com uma ampla faixa de atividade de água (0,10 a 0,75), como grãos, cereais e frutas.

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

Onde: X_o - umidade de equilíbrio, base seca (b.s.);
 a_w – atividade de água;
 a e b – parâmetros de ajustes.

Os modelos matemáticos facilitam o cálculo do teor de umidade durante a secagem, visto que, neste processo ocorrem constantemente variações de temperatura e umidade relativa do ar em contato com o produto, o que acarreta mudanças no teor de umidade de equilíbrio, e, conseqüentemente, é necessário o seu cálculo inúmeras vezes. Assim o uso dos modelos matemáticos é relevante tanto no armazenamento quanto na secagem, os quais fazem ajuste dos valores de umidade de equilíbrio dos produtos em função da atividade de água e temperatura do ar (SILVA; GOUVEIA; ALMEIDA, 2002).

Os elementos que se destacam na escolha do melhor ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais são o coeficiente de correlação (R^2) que representa a relação entre as respostas observadas e os valores previstos pelo

modelo ajustado, e o erro médio relativo, E (%), definido como a média da porcentagem de diferença relativa entre valores experimentais e preditos (LOMAURO; BASKI; LABUZA, 1985). E , geralmente, é considerado que valores de E abaixo de 10% indicam um ajuste razoável para o propósito prático. O valor de E é obtido pela seguinte expressão:

$$E = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(M_i - Mp_i)|}{M_i} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

E - erro médio relativo;

M_i - valores obtidos experimentalmente;

Mp_i - valores preditos pelo modelo;

n - número de dados experimentais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

As variedades de manga selecionadas para a realização deste trabalho foram: 'Coité', 'Espada', 'Rosa' e 'Tommy Atkins', obtidas do Mercado São Sebastião, em Fortaleza – CE, as quais foram encaminhadas imediatamente ao laboratório de Frutos e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará – UFC.

3.2 Métodos

3.2.1 Obtenção da manga em pó

O procedimento experimental para a obtenção dos pós de mangas está exposto nas etapas descritas na Figura 1.

3.2.2 Descascamento e Corte

As variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins foram selecionadas e divididas em dois lotes de acordo com seus atributos de qualidade: cor, uniformidade, grau de maturação e isenção de doenças. Posteriormente, as amostras escolhidas foram preparadas no mesmo dia da compra dos frutos, os quais foram descascados e cortados manualmente.

3.2.3 Armazenamento e Descongelamento da Manga *in natura*

As variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins *in natura* foram acondicionadas em sacos plásticos flexíveis de polietileno, etiquetadas e armazenadas em freezer vertical a uma temperatura de -18 °C para conservar as qualidades naturais dos frutos. O descongelamento foi sob refrigeração em um refrigerador vertical com a temperatura em torno de 10 °C.

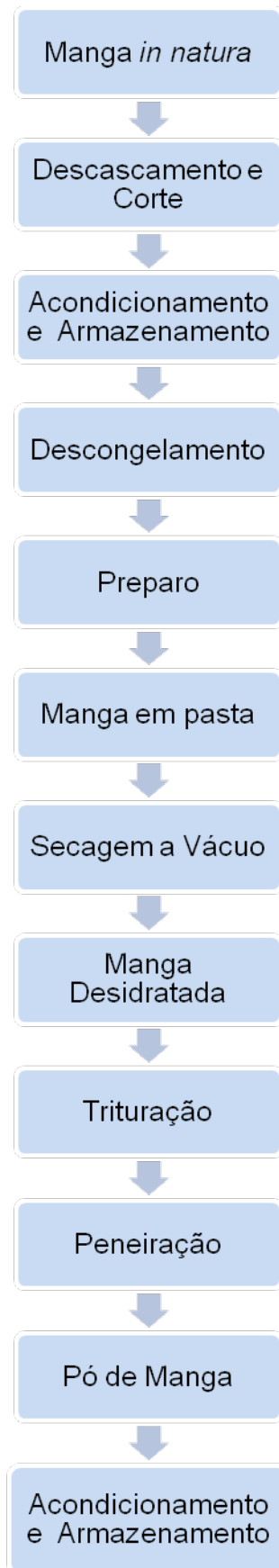


Figura 1 – Fluxograma utilizado na obtenção do pó de manga.

3.2.4 Preparo e Secagem

As amostras *in natura* de cada variedade de manga sob a forma de pasta, obtidas através da homogeneização das mesmas em um liquidificador (marca Arno) durante 10 minutos. Posteriormente, foram colocadas em placas de Petri e submetidas à desidratação em uma estufa a vácuo (modelo Q819V2 marca Quimis), sob temperatura de $61\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 18 horas.

3.2.5 Trituração e Peneiramento

A trituração do material desidratado foi realizada em um liquidificador da marca Arno durante 20 minutos, em seguida, os pós das mangas Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins foram peneirados manualmente em peneira com 16 “mesh Tyler” (abertura de 16 mm).

3.2.6 Acondicionamento e Armazenamento dos Pós de Manga

Os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins foram acondicionados em recipientes de vidro que foram higienizados, protegidos com folha de papel alumínio (para diminuir a entrada de luz) e filme PVC transparentes (para diminuir a entrada de oxigênio), e armazenados a temperatura ambiente de 23°C .

3.3 Análises Químicas e Físico-Químicas da Manga *In Natura* e em Pó

Em todas as determinações químicas e físico-químicas as amostras *in natura* e em pó encontravam-se à temperatura ambiente (23°C), e todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.3.1 Acidez Total Titulável

Determinou-se acidez total titulável (ATT) por titulometria com solução de NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador e expressando os resultados em percentagem (%) de ácido cítrico segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (BRASIL, 2005).

3.3.2 Sólidos Solúveis Totais

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado usando o refratômetro digital Reichert modelo AR-200, com compensação de temperatura automática, segundo o método da AOAC (1995). Os conteúdos de SST foram expressos em °Brix.

3.3.3 pH

O pH foi medido em potenciômetro digital modelo SCO9 código S18HOF marca Quimis, previamente calibrado com soluções tampão para pH 4,0 e 7,0 segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (BRASIL, 2005).

3.3.4 Relação SST/ATT

Esta relação foi obtida dividindo-se o conteúdo de SST pela ATT.

3.3.5 Açúcares Redutores e Açúcares Solúveis Totais

A partir da amostra de polpa diluída para 100 mL de água destilada e filtrada em papel Wathman qualitativo nº 1, tomou-se as alíquotas a serem usadas nas determinações dos teores dos açúcares.

Determinou-se os açúcares redutores (% de glicose) pelo método do DNS (ácido dinitrosalicílico), conforme Miller (1959), sendo assim, tomou-se 0,5 mL do filtrado diluído, adicionou-se 1 mL de água destilada e 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS), procedendo-se a reação em banho-maria a 100°C por 5 minutos. Após resfriadas em banho de gelo, o volume das amostras foi completado para 10 mL com água destilada. As leituras foram feitas em espectrofotômetro, a 540 nm, e os resultados foram expressos em percentagem (%).

Para análises dos açúcares solúveis totais (% de sacarose) tomou-se 25 mL do filtrado e adicionou-se 2 mL de HCl, procedendo-se a reação em banho-maria, a 70 – 80°C por 30 minutos. Após a fervura, foi resfriado e neutralizado com solução de NaOH a 20% e HCl 1:1, em seguida o volume foi completado para 50 mL com água destilada. Tomou-se em tubos de ensaio 1 mL da amostra, adicionou-se 0,5 mL de água destilada e 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS), para depois de agitados, aquecidos em banho-maria a 100°C por 5 minutos e resfriados em banho

de gelo e a leitura das amostras foi processada a 540 nm, conforme Miller (1959). Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.6 Vitamina C

A vitamina C foi determinada através da titulometria com solução de DFI (2,6-diclorofenolindofenol) até coloração róseo claro permanente, utilizando 1 g de polpa diluída em 50 mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg / 100 g de vitamina C.

3.3.7 Umidade

A umidade das amostras foi determinada por evaporação direta a 105 °C, em estufa de secagem com circulação e renovação de ar, modelo TE-394, marca Tecnal, conforme a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (BRASIL, 2005).

3.3.8 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado utilizando 5 g de amostra que após a carbonização em uma chapa aquecedora, foi levada a mufla a 550 °C até que ficasse somente as cinzas. Os resultados foram expressos em percentagem (%), segundo a metodologia da AOAC (1995).

3.3.9 Carotenóides Totais

Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (1962). Em Erlenmeyer de 250 mL, foram colocados 10 g de polpa, 30 mL de álcool isopropílico e 10 mL de hexano, seguido de agitação por 1 minuto. O conteúdo foi transferido para funil de separação de 125 mL envolvido em alumínio, onde se completou o volume com água destilada. Deixou-se em repouso por 30 minutos, seguindo-se a lavagem do material. Repetiu-se esta operação por mais três vezes. Filtrou-se o conteúdo com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro para um balão volumétrico de 50 mL envolto com alumínio, onde foram adicionados 5 mL de acetona e completado o volume com hexano. As leituras foram feitas a 450 nm e os resultados expresso em mg / 100 g, calculados através da fórmula:

$$\text{Carotenóides totais} = (A_{450} \times 100) / (250 \times L \times W) \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

A_{450} = absorvância;

L = largura da cubeta em cm; e

W = quociente entre a massa da amostra original em gramas e o volume final da diluição em mL.

3.3.10 Minerais

A determinação dos teores dos elementos minerais (Cu, Fe, Mn, Zn, Mg, Ca, K e Na) foi feita por via seca, ou seja, a partir da cinzas, onde foram adicionados 2,5 mL de HCl 1:1 e água deionizada aos cadinhos. O conteúdo foi transferido e filtrado para balão de 100 mL. Adicionou-se novamente aos cadinhos 2,5 mL de HCl 1:1, sendo então submetidos à evaporação, seguida, da lavagem com água deionizada e transferindo o conteúdo ao balão até completar o volume do mesmo (AOAC, 1995).

Os minerais sódio e potássio foram determinados quantitativamente por meio da fotometria de chama, sendo os resultados expressos em g / 100 g de amostra (AOAC, 1995).

Os minerais cálcio, ferro, manganês, cobre, magnésio e zinco foram determinados quantitativamente por meio de espectrofotometria de absorção atômica, sendo os resultados expressos em mg / 100 g para os elementos cobre, ferro, manganês e zinco, e para os elementos magnésio e cálcio os resultados foram expressos em g / 100 g de amostra (AOAC, 1995).

3.4 Modelagem da Isoterma de Adsorção

Na determinação das isotermas de adsorção de umidade foi empregado o método gravimétrico estático, descrito por Spiess e Wolf (1987), utilizando-se soluções saturadas de sais tais como LiCl, CH₃CO₂K, K₂CO₃, NaBr, SnCl₂, KCl e BaCl₂ (Tabela 1), a temperatura de 23°C de acordo com Greespan (1977). As soluções de sais foram preparadas e colocadas em recipientes de vidro temperado, tendo as dimensões de 15 cm de comprimento por 15 cm de altura, fechados com silicone e por uma tampa de 19 cm de comprimento, denominados de células (Figura 2).

Tabela 1 - Atividade de água de soluções salinas saturadas a 23°C.

Célula	Solução Salina	Atividade de água (a_w)
1	LiCl	0,1
2	CH ₃ CO ₂ K	0,2
3	K ₂ CO ₃	0,4
4	NaBr	0,5
5	SnCl ₂	0,7
6	KCl	0,8
7	BaCl ₂	0,9

Fonte: GREESPAN (1977).

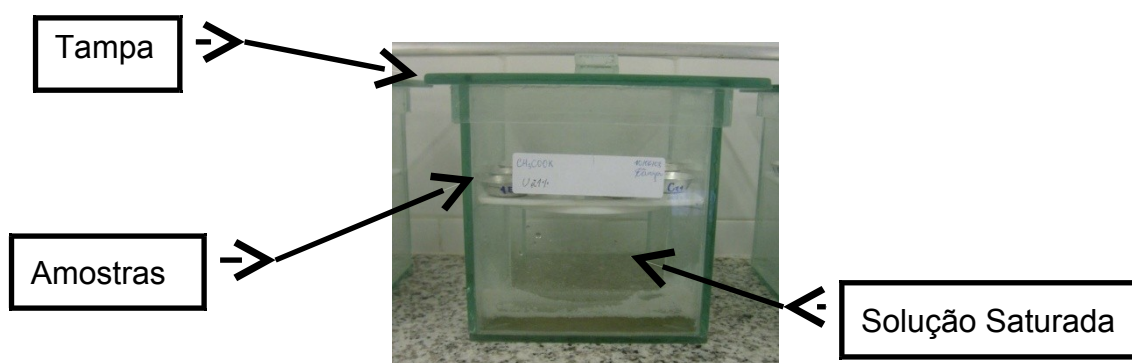


Figura 2 - Representação esquemática de uma célula utilizada para estabelecer o equilíbrio dos diferentes pós de manga.

As determinações das isotermas de adsorção foram realizadas com a pesagem das amostras, após secagem em estufa a vácuo a 61 °C, em triplicata, com aproximadamente 0,5 g de cada amostra em cadinhos de alumínio, previamente tarados. Em seguida, os cadinhos com as amostras foram colocados sobre o suporte contido dentro das células, as quais continham as soluções saturadas. Assim permaneceram nesses ambientes até atingirem o equilíbrio, ou

seja, até que não houvesse mais variação de massa, detectada através de pesagem numa balança analítica modelo B- TEC- 210A marca Tecnal. O processo foi realizado com pesagens a cada 24 horas até atingirem o equilíbrio. Durante este período as amostras foram submetidas à inspeção visual, para detectar quaisquer alterações perceptíveis. Posteriormente, os cadinhos foram levados a estufa a 105°C para determinação do teor de umidade final das amostras.

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

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (\text{Equação 10})$$

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 matemático dos dados experimentais das isotermas dos pós de cada variedade de manga foram utilizados os modelos matemáticos de GAB, BET, Henderson e Oswin representados, respectivamente, pelas equações abaixo:

GAB

$$X_o = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (\text{Equação 11})$$

BET:

$$X_o = \frac{X_m \cdot C \cdot a_w}{(1 - a_w)} \cdot \left[\frac{1 - (n + 1) \cdot (a_w)^n + n \cdot (a_w)^{n+1}}{1 - (1 - C) \cdot a_w - C \cdot (a_w)^{n+1}} \right] \quad (\text{Equação 12})$$

Henderson:

$$X_o = \left[\frac{-\ln(1 - a_w)}{b} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (\text{Equação 13})$$

Oswin:

$$X_o = a \cdot \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

a_w - atividade de água, adimensional;

X_o - umidade de equilíbrio, base seca (b.s.);

n - número de camadas moleculares;

X_m - conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg.kg^{-1} ;

a , b , C e K - constantes de ajustes dos modelos.

3.5 Análises Estatísticas

As características químicas e físico-químicas das amostras *in natura* e em pó para cada variedade de manga foram avaliadas por meio de análise estatística descritiva dos dados, onde se realizou a análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (VIEIRA, 2006).

Para o ajuste das isotermas de adsorção das variedades de manga estudadas foram testados os modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin, utilizando o programa STATISTICA versão 7.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Química e Físico-Química das Mangas *In Natura*

Os resultados das quatro variedades de manga *in natura* obtidos para os parâmetros de vitamina C, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), relação SST/ATT, pH, umidade, cinzas, açúcares redutores (AR), açúcares totais (AT) e carotenóides encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos de quatro variedades de manga *in natura*.

Parâmetros	Coité	Espada	Rosa	Tommy Atkins
Vitamina C (mg/100g)	44,68 b ± 10,31	38,35 c ± 11,17	52,11 a ± 10,01	36,24 c ± 2,63
ATT (% ácido cítrico)	0,53 a ± 0,32	0,52 a ± 0,31	0,46 ab ± 0,12	0,40 b ± 0,15
SST (°Brix)	13,08 bc ± 1,78	16,65 a ± 3,04	13,90 b ± 0,82	12,60 c ± 0,23
SST/ATT	38,29 b ± 27,29	50,37 a ± 36,92	32,27 b ± 8,26	35,32 b ± 13,40
pH	3,88 a ± 0,72	4,17 a ± 0,68	3,97 a ± 0,39	3,92 a ± 0,06
Umidade (%)	86,02 a ± 2,00	81,93 c ± 0,44	83,62 b ± 1,64	83,93 b ± 1,77
Cinzas (%)	0,25 b ± 0,09	0,35 a ± 0,12	0,21 b ± 0,07	0,22 b ± 0,10
Açúcares Redutores (%)	3,56 c ± 0,55	6,35 a ± 0,34	4,25 b ± 0,57	4,10 b ± 0,61
Açúcares Totais (%)	7,62 c ± 2,44	16,27 a ± 5,89	8,55 c ± 0,72	11,28 b ± 2,61
Carotenóides (mg/100g)	2,03 b ± 0,76	1,49 c ± 0,50	2,74 a ± 1,19	1,65 c ± 0,23

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As variedades Rosa e Coité apresentaram as maiores concentrações de vitamina C (52,11 mg/ 100 g e 44,68 mg/ 100g, respectivamente) e diferem entre si, enquanto que as variedades Espada e Tommy Atkins tiveram os menores teores de vitamina C, não diferindo entre si, porém diferiram das demais variedades. No entanto, esses valores são superiores aos encontrados por Lima (2007) analisando a 'Tommy Atkins' orgânica que foi de 11,57 mg/ 100 g, por Bastos *et al.* (2005) que encontraram 28,75 mg/ 100g e Santos (2003) que obteve 17,30 mg/100g para 'Tommy Atkins'. Os resultados constatados por Bezerra (2005) para as variedades Rosa e Tommy Atkins foram de 35,43 e 38,34 mg/ 100 g de vitamina C, respectivamente. Lucena (2006) detectou uma redução no teor de vitamina C de 21,98 mg/ 100g para 12,92 mg/ 100g para 'Tommy Atkins' durante o armazenamento. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a vitamina C é acumulada durante o desenvolvimento das frutas na planta, após a colheita, o acúmulo é menor ou decresce em alguns produtos como a manga e a maçã, portanto, quanto mais

precoce a colheita, menor o seu teor produto. De acordo com Gonçalves *et al.* (1998), a manga constitui fonte razoável de vitamina C, apresentando teores que podem variar de 5 a 178 mg/ 100 g de polpa. Azoubel, Garcia e Nave (1998) afirmaram que a manga apresenta em média 5 mg/ 100g de vitamina C. Vanucchi e Jordão Jr. (1998) propõem 60 mg/ 100g de vitamina C por dia para adultos, enquanto BRASIL (2004) recomenda uma ingestão diária de 45 mg de vitamina C por dia.

A acidez total titulável variou de 0,53 a 0,40% de ácido cítrico para a variedade Coité e Tommy Atkins, respectivamente, as quais diferiram estatisticamente entre si, no entanto não diferem da variedade Rosa, e esta não apresentou diferença significativa em relação as demais variedades. Brandão *et al.* (2003) analisaram a 'Coité' e encontraram 0,61% de ácido cítrico, enquanto Pina *et al.* (2003) obtiveram 0,52% de ácido cítrico para a mesma variedade. Bezerra (2005) encontrou resultados superiores ao analisar as variedades Rosa e Tommy Atkins (0,72 e 0,54% de ácido cítrico, respectivamente). Lima (2007) relatou que a acidez para 'Tommy Atkins' orgânica varia de 0,39 a 0,86% de ácido cítrico. Brunini, Durigan e Oliveira (2002) encontraram 0,84% de ácido cítrico para 'Tommy Atkins', Martim (2006) 0,12% de ácido cítrico e Santos (2003) 0,41% de ácido cítrico, enquanto Lucena (2006) obteve uma variação de 0,83 a 14,63% de ácido cítrico, e para a mesma variedade. Tais diferenças podem ser atribuídas às diferentes condições edafoclimáticas durante a produção e ao índice de maturidade do fruto. Os produtos mais ácidos são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração. Sob este aspecto, para o processamento industrial preferem-se frutos mais ácidos ao invés de frutos com baixa acidez. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) espera-se uma diminuição na acidez com o amadurecimento dos frutos, pois os ácidos orgânicos voláteis e não voláteis estão entre os constituintes celulares mais metabolizados no processo de amadurecimento. O declínio na acidez e desaparecimento da adstringência acontece de acordo com a variedade e estágio de maturação.

Quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST), expressos em °Brix, verifica-se que estes variaram numa faixa de 16,65 °Brix para variedade Espada a 12,60 °Brix para variedade Tommy Atkins, diferindo estatisticamente entre si. Sendo que a 'Tommy Atkins' não difere da 'Coité', a qual também não apresenta diferença significativa da 'Rosa'. Em geral, a variação observada no teor de SST pode ser atribuída às características próprias dos frutos. Estes teores variam com o local de

produção, estágio de maturação dos frutos e a variedade analisada. Os resultados obtidos foram superiores aquele encontrado por Brunini, Durigan e Oliveira (2002) ao avaliar polpa congelada de manga Tommy Atkins (11,40 °Brix), e por Dantas Júnior, Queiroz e Figueiredo (2007) que obtiveram 13,62 °Brix analisando a 'Espada'. Salles e Tavares (1999) constataram a variação de 8,2 a 17,40 °Brix para 'Tommy Atkins', enquanto Cocozza (2003) obteve uma variação de 6,9 °Brix a 12,2 °Brix, Lucena (2006) de 5,6 °Brix a 8,5 °Brix, Martim (2006) obteve 14,13 °Brix e Santos (2003) de 15,00 °Brix para a mesma variedade. Em relação à variedade Coité, Souza Neto *et al.* (2005) encontraram 12,50 °Brix, Brandão *et al.* (2003) obtiveram 16 °Brix, enquanto Pina *et al.* (2003) encontraram 22 °Brix. A evolução do teor de SST em manga varia de 7,0 a 17,4 °Brix, dependendo da variedade e do estágio de maturação do fruto (LUCENA, 2006). Os sólidos solúveis totais (°Brix) são usados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidos sendo constituída na sua maioria por açúcares. O °Brix é utilizado para intensificar o controle da qualidade do produto final, controle de processos, ingredientes e outros (CHAVES *et al.*, 2004).

Os resultados obtidos para relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) mostram que a variedade Espada teve a maior média (50,37), diferindo das demais variedades, as quais não apresentaram diferença significativa entre si. Observa-se que a relação SST/ATT é diretamente proporcional aos SST e inversamente proporcional a ATT. Os SST têm tendência de aumento com o avanço da maturação, enquanto que ATT diminui com o amadurecimento. Como em outros frutos, em mangas essa relação aumenta em função do aumento de SST e diminuição de ATT (COCOZZA, 2003). Geralmente, os valores podem variar em função do estágio de maturação, como observado por Salles e Tavares (1999) para 'Tommy Atkins', que encontraram um mínimo de 5,1 nos frutos colhidos aos 75 dias após a indução floral até o máximo de 87 nos frutos colhidos aos 120 dias, e Lucena (2006) encontrou uma variação de 0,38 a 10,13. De acordo com Lima (2007), a 'Tommy Atkins' orgânica apresentou para a relação SST/ATT valores de 10,70 a 25,62, e Martim (2006) obteve 115,82 para 'Tommy Atkins'. A relação SST/ATT é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois esta relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes. Além de ser um indicador da palatabilidade dos frutos, sendo assim, um indicativo de sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os valores de pH não diferiram estatisticamente entre as variedades de manga analisadas, sendo que a 'Espada' obteve o maior valor (4,17) e a variedade Coité o menor valor (3,88). Bezerra (2005) encontrou 3,73 e 4,08 para 'Rosa' e 'Tommy Atkins', respectivamente. Pina *et al.* (2003) encontraram pH igual a 3,6 para 'Coité', esse valor é similar ao encontrado por Brandão *et al.* (2003) para a mesma variedade. Pfaffenbach *et al.* (2003), encontraram valores de pH para 'Espada' de 4,2 na colheita e 4,9 após 28 dias de refrigeração, e 4 dias em temperatura ambiente. Lima (2007) obteve para 'Tommy Atkins' orgânica pH de 3,67. Para Rocha *et al.* (2001) os resultados variaram entre 3,23 a 4,51 para 'Tommy Atkins', e para Lucena (2006) a variação foi de 2,84 a 3,66, sendo que Martim (2006) e Santos (2003) encontraram o mesmo valor de pH igual a 4,11. A manga é considerada um fruto ácido com a maioria das variedades apresentando valores de pH abaixo de 6,0, dependendo da variedade e do estágio de maturação do fruto, algumas variedades de manga apresentam teores mais baixos. Deste modo, durante o amadurecimento há diminuição da acidez e conseqüentemente aumento do pH (LUCENA, 2006). A diferença entre os valores de pH pode ser explicada pelo fato da manga ser considerada um fruto ácido, na maioria das variedades apresentando valores de pH abaixo de 4,5. Para Chaves *et al.* (2004) é importante a determinação do pH de um alimento para observar a influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, temperatura de esterilização, tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria, tipo de aditivos e vários outros fatores.

As variedades Coité e Espada apresentaram, respectivamente, o maior (86,02%) e o menor (81,93%) valor para umidade, diferindo entre si e das demais variedades, no entanto, a 'Rosa' não difere da 'Tommy Atkins', ou seja, não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si. Souza Neto *et al.* (2005) encontraram 86,61% de umidade para variedade Coité, comportamento similar foi constatado neste estudo. Os autores Brandão *et al.* (2003) encontraram 83,03% de umidade para variedade Coité, valor semelhante ao relatado por Pina *et al.* (2003) para a mesma variedade. Dantas Júnior, Queiroz e Figueiredo (2007) obtiveram 86,94% de umidade estudando a 'Espada'. Leite *et al.* (2005) avaliando as características da 'Tommy Atkins' observaram um conteúdo de água médio de 85,24%, enquanto Martim (2006) obteve 86,48% e Santos (2003) 82,54%. As frutas são alimentos que apresentam elevados teores de umidade, e por isso, estão

sujeitos a sofrer inúmeras alterações uma vez que a água é o principal veículo para o processamento de alterações de natureza química e bioquímica nos alimentos.

Quanto às cinzas, observou-se que a variedade Espada apresentou o maior teor de cinzas (0,35%), diferindo estatisticamente das demais variedades. Contudo, as variedades Coité, Rosa e Tommy Atkins não apresentaram diferença significativa, ou seja, não diferem estatisticamente entre si. Santos (2003) analisando a 'Tommy Atkins' obteve 0,20% de cinzas. Em relação às cinzas em alimentos, observa-se que a composição das cinzas refere-se à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos (CHAVES *et al.*, 2004).

Os valores de açúcares redutores (AR) foram estatisticamente semelhantes para as variedades Rosa e Tommy Atkins. A variedade Espada, com um valor médio de AR de 6,5%, foi superior as demais variedades, enquanto a variedade Coité apresentou o menor valor para essa característica, as quais são diferentes estatisticamente entre si. Resultados superiores foram encontrados por Pina *et al.* (2003) e Brandão *et al.* (2003) para 'Coité' (5,03% e 3,8%, respectivamente). Enquanto que os resultados de Lucena (2006) (2,77 a 3,48%), Martim (2006) (3,22%) e Santos (2003) (3,88%) foram inferiores para 'Tommy Atkins'. Bezerra (2005) obteve 3,88% e 3,31% para as variedades Rosa e Tommy Atkins, respectivamente. PINA *et al.* (2003) relataram que o aumento dos açúcares redutores pode ser devido, principalmente, as reações de hidrólise da sacarose. O tempo de armazenamento, por sua vez, deve influenciar na hidrólise da sacarose, visto que a maior concentração de açúcares redutores coincidiu com o maior período de estocagem. CHAVES *et al.* (2004) relataram que o teor de açúcares aumenta com a maturação dos frutos, e para alguns autores os açúcares podem ser considerados como as principais substâncias das frutas.

Quanto aos açúcares solúveis totais (AST), observou-se que as variedades Coité e Rosa apresentaram os menores valores, não diferindo entre si. A variedade Espada apresentou o maior percentual de açúcares solúveis totais, com um valor de 16,27%, diferindo estatisticamente das demais variedades, sendo que o mesmo é observado para variedade Tommy Atkins. Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) encontraram 26% de açúcares solúveis totais em polpa de manga. Pina *et al.* (2003) e Brandão *et al.* (2003) obtiveram para variedade Coité 16,62% e 12,2%, respectivamente. Lucena (2006) relatou uma variação de 3,14 a 5,50% para 'Tommy

Atkins', Santos (2003) obteve 11,77% e Martim (2006) encontrou 11,09%. Bezerra (2005) constatou um teor de 13,84% para Rosa e 12,94% para Tommy Atkins.

Os teores de carotenóides encontrados variaram de 2,74 a 1,49 mg/ 100g, respectivamente, para as variedades Rosa e Espada, as quais apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, a manga Espada não difere estatisticamente da variedade Tommy Atkins (1,65 mg/ 100g). Bezerra (2005) constatou 1,28 mg/ 100g para 'Rosa' e 1,80 mg/ 100g para 'Tommy Atkins'. Lucena (2006) encontrou uma variação de 0,26 a 1,14 mg/ 100g na 'Tommy Atkins'. De acordo com Fonseca (2002), o teor de carotenóides presentes na manga aumenta de acordo com a maturação, conferindo a cor amarela do fruto maduro, dentre eles o β caroteno, presente em maior quantidade.

4.2 Caracterização Química e Físico-Química das Mangas em Pó

Os resultados das quatro variedades de manga em pó obtidos para os parâmetros de vitamina C, acidez total titulável (ATT), pH, umidade, cinzas, açúcares redutores (AR) e açúcares totais (AT) encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos de quatro variedades de manga em pó.

Parâmetros	Coité	Espada	Rosa	Tommy Atkins
Vitamina C (mg/100g)	68,42 ab \pm 10,16	61.84 b \pm 29,90	76,57 a \pm 8,91	36,22 c \pm 9,22
ATT (% ácido cítrico)	2,16 c \pm 0,86	2.17 c \pm 0,58	4,10 a \pm 0,80	2,47 b \pm 0,20
pH	4,14 a \pm 0,07	3.95 b \pm 0,36	3,44 d \pm 0,04	3,80 c \pm 0,01
Umidade (%)	12,08 a \pm 2,97	12.46 a \pm 0,94	14,45 a \pm 0,21	13,98 a \pm 0,76
Cinzas (%)	1,68 a \pm 0,28	1.34 a \pm 0,62	1,32 a \pm 0,18	1,59 a \pm 0,25
Açúcares Redutores (%)	32,12 b \pm 5,10	33.43 b \pm 1,84	36,32 a \pm 0,90	29,14 c \pm 1,91
Açúcares Totais (%)	38,83 a \pm 3,03	39.04 a \pm 1,48	40,47 a \pm 3,24	39,42 a \pm 3,34

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se que os teores de vitamina C encontrados variaram de 76,57 a 36,22 mg/ 100g nas variedades Rosa e Tommy Atkins, respectivamente, as quais apresentaram diferença significativa entre si e em relação as demais variedades. A vitamina C é, provavelmente, a mais sensível de todas as vitaminas contidas nos alimentos, sendo rapidamente destruída durante a desidratação a altas temperaturas

(ALVES, 2003). No entanto, o efeito das condições de secagem de manga sobre o teor de vitamina C, apresentou boa retenção do mesmo nas amostras submetidas a esse tipo de processamento. A vitamina C é largamente empregada como agente antioxidante para estabilizar a cor e o aroma do alimento, assim como conservante e no enriquecimento de alimentos ou restauração do valor nutricional perdido durante o processamento (CHAVES *et al.*, 2004)

Constata-se que os valores médios de acidez total titulável (% de ácido cítrico) foram maiores (4,10% de ácido cítrico) para o pó da variedade Rosa, sendo diferente estatisticamente das demais variedades, e menores para as variedades Coité e Espada (2,16 e 2,17% de ácido cítrico, respectivamente), sendo que estas não apresentaram diferença significativa entre si. Segundo Azevêdo *et al.* (2008), a farinha da casca de manga obteve 1,92 % de ácido cítrico.

Observa-se que os valores de pH apresentaram diferença estatística entre as diferentes variedades de manga. Os valores variaram numa faixa de 4,14 (variedade Coité) a 3,44 (variedade Rosa). O valor do pH é influenciado pela maturidade dos frutos e o período de colheita dos mesmos. O pH influencia o sabor dos produtos e, de acordo com Pereira, Queiroz e Figueirêdo (2006), é desejável se ter, em geral, um pH inferior a 4,5 para impedir a proliferação de microrganismos no produto final.

Percebe-se que os teores de umidade variaram de 12,08% a 14,45% nas variedades Coité e Rosa, respectivamente, as quais não diferem estatisticamente entre si, assim como das demais variedades, isto é, não houve diferença estatística significativa entre os valores médios de umidade da manga em pó nas quatro variedades analisadas. Azevêdo *et al.* (2008), ao analisar a farinha da casca de manga encontrou 4,67 % de umidade. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar o armazenamento, embalagens e processamento. Por isso, o conteúdo de umidade de um alimento é de grande importância por razões diversas (CHAVES *et al.*, 2004).

Os resultados obtidos para cinzas mostram como valor mínimo 1,32% (variedade Rosa) e valor máximo 1,68% (variedade Coité), não diferindo estatisticamente entre si. No entanto, verifica-se que entre os valores médios de cinzas para as diferentes variedades de mangas em pó não houve diferença significativa entre as amostras analisadas. De acordo Azevêdo *et al.* (2008), a farinha da casca de manga obteve 0,40 % de cinzas. Em relação às cinzas em

alimentos, observa-se que são consideradas como medida geral de qualidade e freqüentemente é utilizada como critério na identificação dos alimentos (CHAVES *et al.*, 2004).

De acordo com os resultados obtidos, nota-se elevada concentração dos açúcares redutores na manga em pó, quando comparada com o teor nas mangas *in natura*. Este aumento nos açúcares redutores é decorrente da eliminação de parte da água do produto no processo de secagem, conduzindo a uma concentração nestes teores. A variedade Rosa sobressaiu-se em relação às demais variedades com 36,32% de teor de açúcar redutor, diferindo das demais amostras, sendo que Coité e Espada não diferem estatisticamente entre si, já a Tommy Atkins obteve o menor teor, mas distingue das outras variedades. Azevêdo *et al.* (2008), encontraram 24,70 % na farinha da casca de manga.

Quanto aos açúcares solúveis totais observou-se que as variedades Coité e Rosa apresentaram o menor (38,83%) e o maior (40,47%) teor de açúcares solúveis totais, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si e nem das demais variedades. Estas também não apresentaram diferença significativa entre si, ou seja, todas as variedades são estatisticamente semelhantes quanto ao teor de açúcares solúveis totais. Estes representam o teor dos diferentes açúcares como glicose, frutose e sacarose presentes na composição das frutas.

4.3 Caracterização Mineral das Mangas em Pó

Os resultados das médias apresentados para as concentrações de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K) e sódio (Na) das variedades de Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins em pó encontram-se expostos na Tabela 4.

A concentração de cobre (Cu) variou de 8,25 mg/ 100g a 4,99 mg/ 100g nas variedades Tommy Atkins e Coité, respectivamente, as quais são diferentes estatisticamente entre si. No entanto, a variedade Tommy Atkins não apresentou diferença significativa entre a variedade Rosa, e nem a variedade Coité diferenciou estatisticamente da variedade Espada. Felipe (2006), ao analisar o pó da casca de manga obteve 0,41 mg/ 100g, enquanto que Soares *et al.* (2004) ao analisar suco concentrado de manga encontraram 0,06 mg/ 100g.

Tabela 4 - Valores médios dos minerais de quatro variedades de manga em pó.

Parâmetros	Coité	Espada	Rosa	Tommy Atkins
Cu (mg/ 100g)	4,99 b ± 1,01	6,06 b ± 1,64	7,97 a ± 4,31	8,25 a ± 1,10
Fe (mg/ 100g)	9,79 ab ± 2,06	12,44 a ± 1,90	11,82 ab ± 3,01	8,74 b ± 1,06
Mn (mg/ 100g)	3,09 b ± 0,38	2,46 b ± 1,05	1,55 c ± 0,60	4,29 a ± 1,08
Zn (mg/ 100g)	6,01 a ± 1,37	7,93 a ± 1,77	5,03 a ± 1,25	4,88 a ± 1,29
Mg (mg/ 100g)	1110,02 a ± 63,03	982,95 b ± 85,29	939,97 b ± 77,82	911,94 b ± 49,98
Ca (mg/ 100g)	453,43 b ± 23,75	489,85 ab ± 10,36	393,15 c ± 92,00	513,32 a ± 83,00
K (mg/ 100g)	9077,33 a ± 639,43	7942,67 b ± 319,72	7276,67 b ± 875,16	8016,67 b ± 443,18
Na (mg/ 100g)	446,00 a ± 282,28	262,67 b ± 94,88	233,33 b ± 39,97	272,00 b ± 80,28

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A variedade Espada sobressaiu-se das demais variedades quanto ao teor de ferro (Fe), a qual obteve um teor de 12,44 mg/ 100g, sendo que difere apenas da variedade Tommy Atkins, a qual apresentou o menor teor de ferro (8,74 mg/ 100g), e que não difere nem da Coité e nem da Rosa, e estas também não apresentam diferença significativa entre si. Felipe (2006) obteve 3,93 mg/ 100g estudando pó da casca de manga. Soares *et al.* (2004) encontraram 0,18 mg/ 100g em suco concentrado de manga. Vale ressaltar que a ingestão diária recomendada (IDR) para este mineral é de 14 mg para adultos (BRASIL, 2004). É um dos constituintes da hemoglobina, cuja deficiência do mesmo na dieta da população resulta em anemia. Porém, é preciso salientar que nem todo ferro presente no alimento é absorvida pelo organismo.

Observando os resultados de manganês (Mn) percebe-se que as variedades Coité e Espada não são estatisticamente distintas uma da outra, porém elas diferem das variedades Tommy Atkins e Rosa, sendo que estas apresentaram o maior (4,29 mg/ 100g) e o menor conteúdo de manganês, respectivamente, além de serem significativamente diferentes entre si. A ingestão recomendada para adultos do mineral manganês é de 2,3 mg/ dia (BRASIL, 2004). De acordo com os dados obtidos, nota-se que todas as variedades de manga analisadas, exceto Rosa, superaram o valor indicado pela IDR para indivíduos adultos. Soares *et al.* (2004) ao analisar suco concentrado de manga obtiveram 0,16 mg/ 100g. Felipe (2006) encontrou 0,73 mg/ 100g para o pó de casca de manga.

Nota-se que os teores de zinco (Zn) variaram numa de faixa de 7,93 mg/ 100g na variedade Espada e de 4,88 mg/ 100g na variedade Tommy Atkins, contudo elas são estatisticamente iguais entre si, assim como não difere das variedades Coité e Rosa, as quais também não apresentaram diferença significativa entre si. De acordo com Brasil (2004), a recomendação diária de ingestão para este mineral é de 7 mg para adultos. Dessa forma, observa-se que o pó obtido da manga Espada ultrapassou o valor recomendado pela IDR para adultos. Segundo Felipe (2006), o pó da casca de manga obteve 13,49 mg/ 100g. Soares *et al.* (2004) encontraram 0,24 mg/ 100g em suco concentrado de manga.

Percebe-se que os teores de magnésio (Mg), não diferiram estatisticamente para as variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins, sendo que esta última obteve o menor (911,94 mg/ 100g) valor para o teor de magnésio. Entretanto, estas variedades apresentaram diferenças em relação à variedade Coité, a qual obteve o maior teor de magnésio (1110,02 mg/ 100g). O organismo de um adulto para suprir suas necessidades em relação a este mineral recomenda-se uma ingestão diária de 260 mg (BRASIL, 2004). Portanto, todas as amostras analisadas apresentaram grande concentração, ultrapassando o valor recomendado pela IDR para adultos. Segundo Soares *et al.* (2004) o suco concentrado de manga apresenta 10,2 mg/ 100g.

Os teores de cálcio (Ca) foram estatisticamente semelhantes para as variedades Coité (453,43 mg/ 100g) e Espada (489,85 mg/ 100g), todavia a variedade Espada também é significativamente semelhante a variedade Tommy Atkins. Porém, esta variedade, com um valor médio de cálcio de 513,32 mg/ 100g foi superior às demais variedades, e diferiu das mangas Coité e Rosa. Segundo Brasil (2004) a ingestão diária recomendada para este mineral é de 1000 mg para adultos. Se compararmos os valores encontrados para os pós das quatro variedades de manga com a IDR para adultos, podemos dizer que, as mangas Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins representam, respectivamente, 45,34%, 48,99%, 39,31% e 51,33% da IDR para adultos. De acordo com Felipe (2006), o pó de casca de manga obteve 39,80 mg/ 100g. Soares *et al.* (2004) encontraram 5,3 mg/ 100 g no suco concentrado de manga. Observa-se que a consumo indicado de cálcio é relativamente alta em virtude da necessidade de cálcio pelas pessoas por toda a vida. Sendo que, após 26 anos ou mais, não há mais ganho significativo de massa óssea pelo corpo, e a partir dos 40 anos de idade, o osso começa a perder

densidade, dessa forma, a ingestão de cálcio a partir da dieta auxilia a minimizar a perda óssea durante toda a vida (SILVA *et al.*, 2006).

Quanto à concentração de potássio (K), observou-se que a variedade Coité apresentou o maior teor (9077,33 mg/ 100g), diferindo estatisticamente das variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins, sendo que a Rosa obteve o menor (7276,67 mg/ 100g) teor de cálcio . Todavia, essas variedades não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre si. Soares *et al.* (2004) encontraram para o suco concentrado de manga 140 mg/ 100g, enquanto Felipe (2006) encontrou 205,79 mg/ 100g para o pó da casca de manga.

Quanto ao teor de sódio (Na), as variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins não apresentaram diferença significativa entre si, cujos valores variaram de 233,33 mg/ 100g a 272,00 mg/ 100g para Rosa e Tommy Atkins, respectivamente. Apenas a variedade Coité difere estatisticamente em relação às outras variedades, apresentando o maior valor de concentração de sódio (446,00 mg/ 100g). É importante salientar, que a ingestão deste mineral pela população é normalmente alta devido ao consumo de sal e alimentos processados. Soares *et al.* (2004) encontraram para o suco concentrado de manga valor de sódio de 17,2 mg/ 100g, e Felipe (2006) analisando pó da casca de manga encontrou 72,22 mg/ 100g.

Variações dos elementos minerais são esperadas em produtos cuja matéria-prima seja de origem agrícola devido à composição destas matérias-primas ser influenciada por diversos fatores como safra, tipo de solo, clima, estágio de maturação dos frutos (grau de maturidade), diferenças entre cultivares, procedência da fruta, diferenças no processamento, uso de diferentes fertilizantes nas lavouras, dentre outros (NAOZUKA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2006).

4.4 Isotermas de Adsorção das Mangas em Pó

Observou-se que as variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins apresentaram comportamento semelhante durante a aplicação do tratamento térmico (desidratação em estufa a vácuo a 61°C durante 18 horas).

Durante a realização das isotermas percebeu-se que na medida em que a umidade do ambiente aumentava os pós das mangas Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins demoravam mais para atingir a umidade de equilíbrio.

Verificou-se que os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins apresentaram mudanças físicas durante a absorção da água, mais especificamente nas células de SnCl₂ ($a_w = 0,7$), KCl ($a_w = 0,8$) e BaCl₂ ($a_w = 0,9$) onde se observou aglomeração das partículas, deixando-as mais aderidas devido a atração das superfícies umedecidas. Então, observou-se que nas a_w baixas os pós de manga adsorvem pequenas quantidades de água, e em relação às a_w elevadas existe um aumento grande da quantidade de água adsorvida.

A higroscopicidade dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins mostraram uma similaridade no comportamento durante a construção das isotermas de adsorção, as quais encerraram no mesmo período (15 dias) a modelagem das isotermas de adsorção.

As isotermas de adsorção para os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins foram discutidas separadamente em relação aos modelos matemáticos com dois parâmetros de ajuste (Henderson e Oswin) e com três parâmetros (BET e GAB), para verificar em qual deles a amostra se ajusta satisfatoriamente. Deste modo, os melhores modelos que ajustam satisfatoriamente os dados experimentais para as isotermas de adsorção dos pós de manga foram discutidos em relação às quatro variedades de manga.

4.4.1 Isoterma de Adsorção da Variedade Coité em Pó

Os parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Coité em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) encontram expostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Coité em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E).

Modelos	Parâmetros			R^2	E (%)
	X_m	C	K		
GAB	0,09086	6,860	0,9278	0,997	6,76
BET	X_m 86,72	C 0,00952	n 3,564	0,962	28,89
Henderson	a 0,9320	b 4,2378		0,986	18,36
Oswin	a 0,1470	b 0,5890		0,997	7,69

Analisando-se os dados da Tabela 5, verifica-se que os modelos de GAB e Oswin apresentaram o erro médio relativo (E) dentro da faixa descrita por Lomauro et al. (1985), ou seja, são inferiores a 10%. Considerando somente os coeficientes de correlação (R^2), verifica que todos os modelos ajustaram-se bem aos dados experimentais (valor mínimo de $R^2= 0,964$), exceto o do BET.

Todavia, ao levar em consideração igualmente os erros médios relativos, verifica-se que o modelo de GAB representou melhor os dados experimentais tendo o maior R^2 e menor valor de E ($R^2= 0,997$ e $E= 6,76\%$), seguido pelo modelo de Oswin que teve R^2 igual a 0,997 e E igual a 7,69, enquanto que o modelo de BET representou o pior ajuste dos dados experimentais ($R^2= 0,962$ e $E= 28,89\%$). Observa-se que o valor de K está em torno de 1,00, no entanto, é importante observar que quando $K=1$ a equação de GAB irá reduzir a equação de BET linearizável. Telis *et al.* (2000) obtiveram um bom ajuste de GAB aos dados experimentais de isotermas de casca e polpa de uva, para temperaturas de 20 a 70°C e atividades de água entre 0,02 e 0,85; Moura *et al.* (2004) verificaram que GAB representou satisfatoriamente as isotermas em polpa de caju para temperaturas de 35, 40, 50, 60 e 65 °C.

Em resumo, pode-se dizer que os modelos matemáticos de GAB e Oswin representam, razoavelmente bem, as isotermas de adsorção para manga Coité em

pó, sendo que o modelo de GAB foi superior porque apresentou o maior valor de R^2 e menor valor E (%).

Pela Figura 2, verifica-se que a diferença entre os resultados previstos para os modelos de GAB, Oswin, BET e Henderson aparece mais nitidamente quando a atividade de água está na faixa de 0,1 a 0,5. Contudo, o modelo de BET não ajustou satisfatoriamente dados de atividade de água nessa faixa como reportado na literatura. Deste modo, averigou-se que os modelos de GAB e Oswin apresentaram comportamento similares ao ajuste dos dados experimentais das isotermas de adsorção da variedade Coité em pó numa faixa mais ampla de atividade de água (0,1 a 0,9).

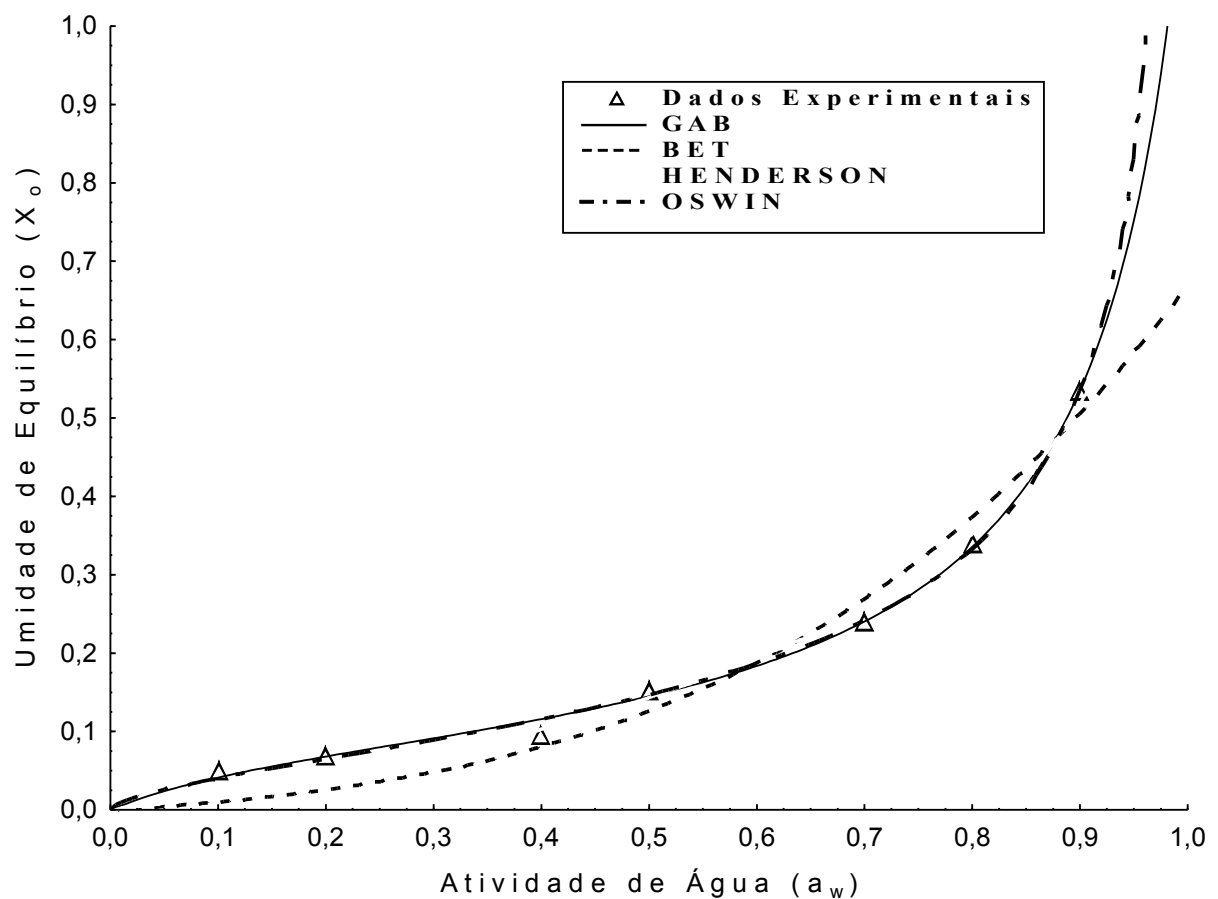


Figura 3 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Coité em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C.

4.4.2 Isoterma de Adsorção da Variedade Espada em Pó

Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Espada em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) estão reunidos na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Espada em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E).

Modelos	Parâmetros			R^2	E (%)
	X_m	C	K		
GAB	0,08857	13,12	0,9335	0,999	2,86
BET	X_m 63,64	C 0,001515	n 3,232	0,940	30,46
Henderson	a 0,9892	b 4,3723		0,978	18,22
Oswin	a 0,1571	b 0,5637		0,998	5,14

A análise da qualidade de ajuste das isotermas de adsorção da manga Espada em pó apresentados na Tabela 6 indica que os modelos de GAB e Oswin se destacam em relação aos modelos de BET e Henderson, por apresentarem melhor coeficiente de correlação, R^2 . Ou seja, para as equações de GAB e Oswin os R^2 obtidos foram de 0,999 e 0,998, respectivamente, enquanto que para BET e Henderson foram respectivamente de 0,940 e 0,978. Assim, os modelos de GAB e Oswin também apresentaram os menores valores do erro relativo, E (%), e o resultado foi 2,86 para GAB e 5,14 para Oswin, indicando que os dois modelos são mais adequados para a representação dos dados de isotermas de adsorção, visto que, apresentaram bons coeficientes de correlação e erro relativo médio. Os valores de C são inferiores a 200, os quais estão dentro da faixa comumente encontrada na literatura. Silva, Mata e Duarte (2005) encontraram valores de R^2 acima de 0,99 para o modelo de GAB ajustado as isotermas de adsorção de cajá em pó nas temperaturas de 10 a 50 °C. Pena, Ribeiro e Grandi (1997), ao utilizarem a equação de Oswin para determinação das isotermas de adsorção de umidade do guaraná em pó, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C obtiveram valores semelhantes para os coeficientes de correlação (R^2) acima de 0,99.

As curvas obtidas pelos modelos de BET, GAB, Henderson e Oswin mostram que as diferenças entre os modelos aplicados se encontraram melhor descritas no intervalo de atividade de água de 0,1 a 0,4. Observa-se que o modelo de BET não apresentou um bom ajuste aos dados experimentais na faixa de 0,1 a 0,5 de atividade de água como citado pela literatura. Os modelos de GAB e Oswin obtiveram bons ajustes aos dados experimentais em toda a faixa de atividade de água (Figura 3).

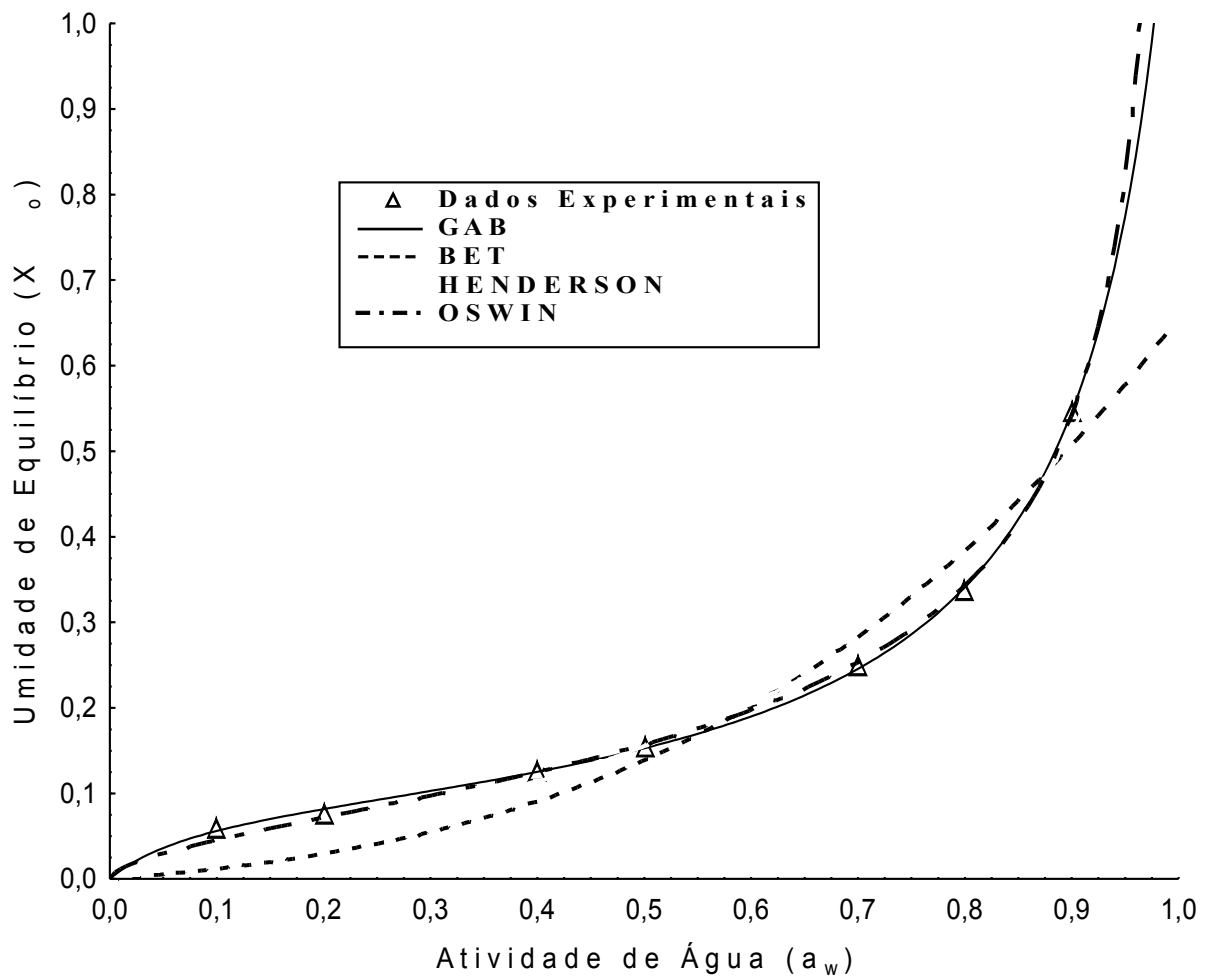


Figura 4 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Espada em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C.

4.4.3 Isoterma de Adsorção da Variedade Rosa em Pó

Os parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Rosa em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Rosa em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E).

Modelos	Parâmetros			R^2	E (%)
	X_m	C	K		
GAB	0,1059	33,81	0,9203	0,989	6,70
	X_m	C	n		
BET	79,71	0,002038	2,447	0,904	26,90
	a	b			
Henderson	1,146	4,307		0,957	19,25
		b			
Oswin	0,2002	0,5029		0,986	11,38

Os resultados da Tabela 7 mostram que o melhor modelo matemático é o de GAB, pois apresenta o maior coeficiente de correlação de 0,989 e menor erro médio relativo de 6,70. Os demais modelos apresentaram o erro médio relativo acima do padrão, ou seja, superiores a 10%, o que demonstra que os modelos de BET, Henderson e Oswin não se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais para manga Rosa em pó devido aos elevados valores de erro médio relativo (26,90; 19,25; 11,38; respectivamente) indicando serem inadequados para a descrição do fenômeno estudado. Então, a avaliação do melhor modelo de ajuste se dá pelo maior coeficiente de correlação, R^2 , e o menor erro médio relativo, E (%). Lomauro, Baski e Labuza (1985) avaliaram 163 dados da literatura de isotermas de frutas, vegetais, produtos cárneos, condimentos, leite, café, oleaginosas, etc., observaram que a equação de GAB, apresentou melhor ajuste de dados das isotermas do que as equações de Halsey e Oswin. Prado *et al.* (1999) verificaram que as isotermas de adsorção de tâmaras mostraram melhores ajustes dos dados experimentais nos modelos de GAB e BET, os quais apresentaram menor desvio relativo médio entre os valores experimentais e os preditos. Vieira, Figueirêdo e

Queiroz (2007) observaram que o modelo de Oswin teve o pior ajuste para as isotermas de adsorção da pitanga em pó.

Observa-se, na Figura 4, que a exposição dos dados experimentais colaborou para que houvesse uma maior diferenciação entre os modelos aplicados. Percebe-se que somente o modelo de GAB apresentou um ajuste favorável com os dados experimentais. Os maiores resíduos (diferença entre os dados experimentais e o modelo) se apresentam na atividade de água entre 0,1 a 0,5. O modelo de BET não teve um ajuste satisfatório aos dados de atividade de água nessa faixa como reportado na literatura.

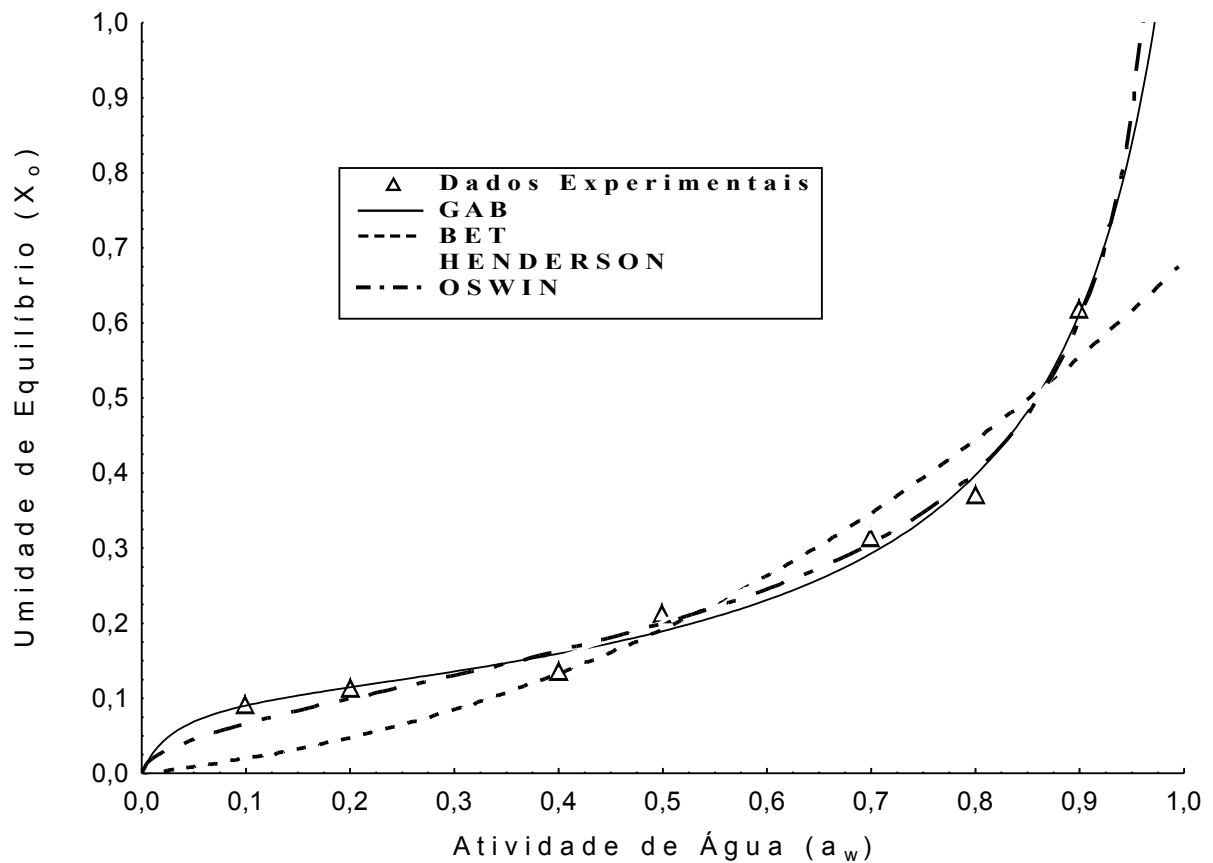


Figura 5 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Rosa em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C.

4.4.4 Isoterma de Adsorção da Variedade Tommy Atkins em Pó

Na Tabela 8 encontram os dados de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Tommy Atkins em pó, bem como os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E).

Tabela 8 – Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção da variedade Tommy Atkins em pó, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E).

Modelos	Parâmetros			R^2	E (%)
GAB	X_m 0,1024	C 17,16	K 0,9229	0,993	5,72
BET	X_m 74,45	C 0,001843	n 2,698	0,924	27,98
Henderson	a 1,079	b 4,2371		0,969	16,65
Oswin	a 0,1852	b 0,5286		0,992	7,75

De acordo com os resultados, verifica-se que os valores de R^2 para todas as equações dos modelos se ajustaram bem as isotermas, exceto o modelo de BET ($R^2 = 0,924$, inferior ao padrão). Porém para avaliação do melhor ajuste, levou-se em consideração valor do erro médio relativo (E) inferior a 10%, estando de acordo com Lomauro, Baski e Labuza. (1985). Assim sendo, as equações dos modelos de GAB e Oswin obtiveram os valores de 5,72% e 7,75%, respectivamente, os quais indicam que estes modelos representam satisfatoriamente as isotermas de adsorção para manga Tommy Atkins em pó. Silva, Gouveia e Almeida (2002) ao estudarem isotermas de dessorção em polpa de manga, observaram que os modelos matemáticos de GAB e Oswin também se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais. Fadini *et al.* (2006) ao estudarem as isotermas de macadâmia drageadas (salgada e doce) observaram que a equação de GAB foi a que melhor se ajustou para as duas isotermas, seguidas pela equações de BET e Oswin.

Verifica-se, na Figura 5, que a diferença entre os dados experimentais das isotermas da manga Tommy Atkins em pó para os modelos matemáticos aplicados está mais concentrada na faixa de atividade de água de 0,1 a 0,5. O modelo de BET é citado na literatura como um modelo satisfatório ao ajuste de dados no intervalo de 0,1 a 0,5 de atividade de água, no entanto, observa-se que o mesmo modelo não ajustou satisfatoriamente os dados experimentais nessa faixa como reportado na literatura. Dentre os modelos aplicados, os de GAB e Oswin tiveram um bom comportamento ao ajuste dos dados experimentais em toda a faixa de atividade de água.

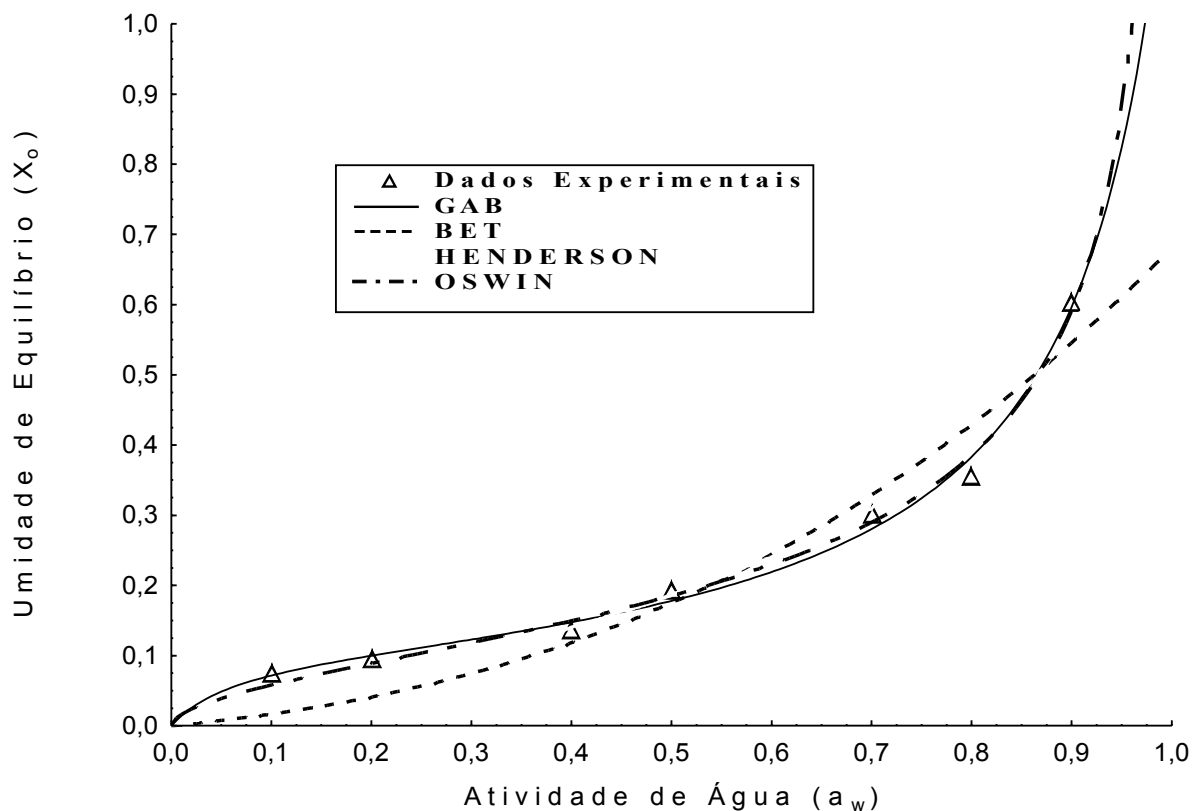


Figura 6 - Modelos para a isoterma de adsorção da variedade Tommy Atkins em pó para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 23 °C.

4.4.5 Isotermas de Adsorção dos Diferentes Pós de Manga pelo Modelo de GAB

Observa-se que a equação com base no modelo de GAB foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins, com os maiores coeficientes de correlação e os menores erros médios relativos, apresentando assim o melhor comportamento para representar as isotermas de adsorção dos pós de manga.

Os parâmetros de ajuste do modelo de GAB das isotermas de adsorção dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros dos ajustes do modelo de GAB, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) para os diferentes pós de manga.

Variedades	Parâmetros			R^2	E (%)
	X_m	C	K		
Coité	0,09086	6,860	0,9278	0,997	6,76
Espada	0,08857	13,12	0,9335	0,999	2,86
Rosa	0,1059	33,81	0,9203	0,989	6,70
Tommy Atkins	0,1024	17,16	0,9229	0,993	5,72

Analisando os dados mostrados na Tabela 9, verifica-se que o modelo de GAB ajustou satisfatoriamente as isotermas de adsorção para os pós de todas as variedades. Entretanto, a variedade Espada foi a que obteve o melhor ajuste, devido ao seu reduzido valor para o erro médio relativo ($E = 2,86\%$) e, ainda, elevado coeficiente de correlação ($R^2 = 0,999$), quando comparados com os resultados obtidos para os demais pós de manga.

O valor de X_m corresponde à umidade na monocamada do material adsorvente, e estar relacionado com o início de uma série de reações químicas de deterioração dos alimentos (FERREIRA; PENA, 2003). No intervalo de a_w aproximadamente 0,70 a 0,90 os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins tiveram o comportamento mais higroscópico, em que a monocamada apresentou uma maior absorção de umidade.

O parâmetro de K do modelo de GAB, que representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido,

observou-se que todos os valores foram menores que um, os quais variaram de 0,9203 a 0,9335.

Quanto a constante de sorção C do modelo de GAB, observou-se que todos os valores obtidos para as variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins foram inferiores a 200, estando dentro da faixa comumente encontrada na literatura.

Os resíduos, baseados na diferença entre os valores experimentais e os estimados para o modelo matemático de GAB, são apresentados na Figura 6.

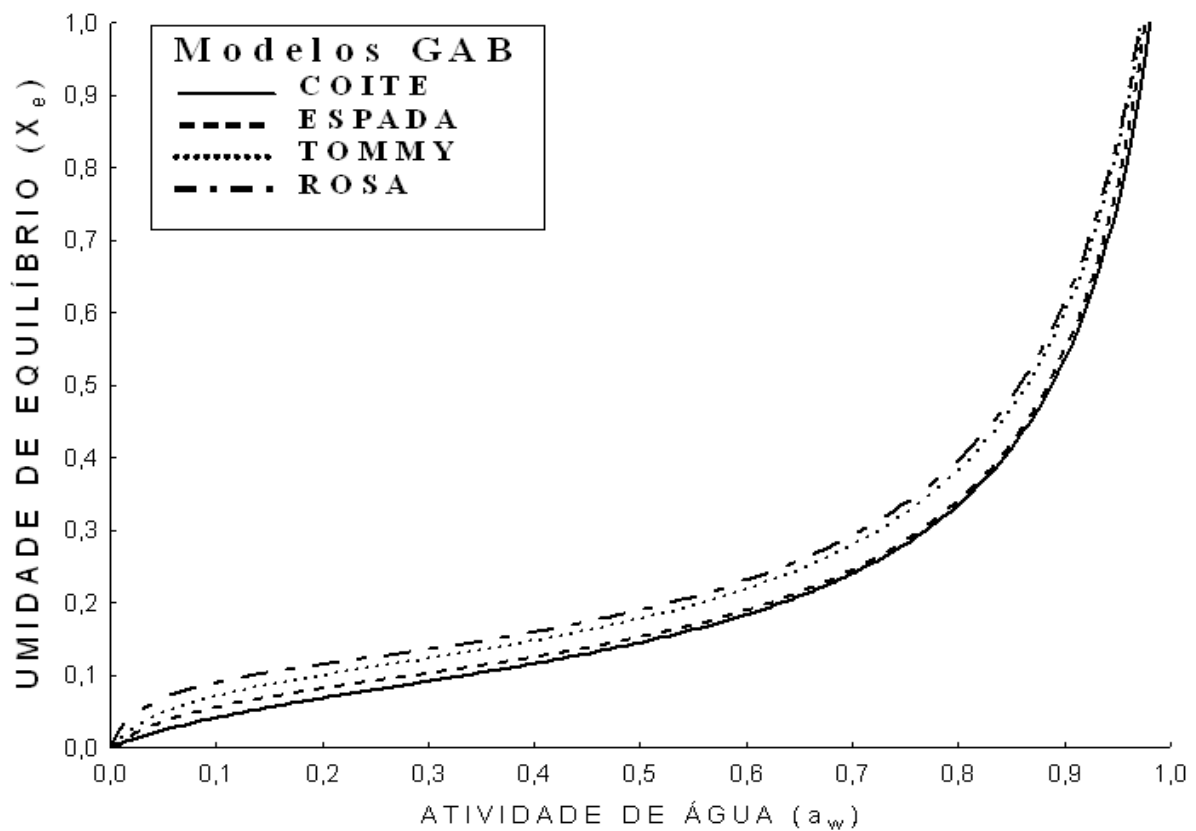


Figura 7 – Isotermas de adsorção em pós de manga na temperatura de 23 °C, segundo o modelo de GAB.

Constata-se que o modelo de GAB apresentou comportamento similar para as variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins. Observa-se que na faixa de a_w de aproximadamente 0,1 a 0,6 estas variedades apresentaram os maiores resíduos para o modelo de GAB.

Os pós das variedades Coité e Espada a partir da a_w 0,6 apresentaram mais semelhança no comportamento higroscópico dos pós em relação às variedades Rosa e Tommy Atkins, isso pode estar relacionado ao teor de umidade próximo entre a 'Coité' e 'Espada'. De um modo geral, todas as variedades apresentaram um comportamento higroscópico semelhante, principalmente no intervalo de a_w de 0,7 a 0,9.

As variações na umidade de equilíbrio são observadas quando a_w atinge o valor de 0,5, a partir deste valor os pós de manga requerem maiores cuidados ao serem manipulados e armazenados em ambientes com umidade relativa superior a 50%. Deste modo, verifica-se que em baixas a_w os pós de manga adsorvem pequenas quantidades de água, e em altas a_w existe um aumento grande da quantidade de água adsorvida.

Observa-se, ainda nesta figura, que as isotermas de adsorção dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins, assim como a maioria dos produtos de origem vegetal, apresentam em sua porção final, correspondente as atividades de água mais elevadas, um comportamento mais higroscópico que se caracteriza por uma ascensão pronunciada da curva.

4.4.6 Isotermas de Adsorção dos Diferentes Pós de Manga pelo Modelo de Oswin

O modelo de Oswin apresentou o segundo melhor ajuste dos dados experimentais para representar as isotermas de adsorção dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins.

Os parâmetros de ajuste do modelo de Oswin das isotermas de adsorção dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) estão expostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros dos ajustes do modelo de Oswin, os coeficientes de correlação (R^2) e os erros médios relativos (E) para os diferentes pós de manga.

Variedades	Parâmetros		R^2	E (%)
	a	b		
Coité	0,1470	0,5890	0,997	7,69
Espada	0,1571	0,5637	0,998	5,14
Rosa	0,2002	0,5029	0,986	11,38
Tommy Atkins	0,1852	0,5286	0,992	7,75

Verifica-se que o modelo de Oswin ajustou satisfatoriamente as isotermas de adsorção para todos os pós de manga, exceto para o pó da variedade Rosa. Esta apresentou o valor do erro médio relativo superior a 10%, percentual considerado como o limite máximo para o erro médio relativo durante a avaliação do melhor ajuste dos modelos matemáticos para as isotermas. Deste modo, o modelo de Oswin obteve o melhor ajuste para a variedade Espada, pois esta apresentou o menor valor para o erro médio relativo ($E = 5,14\%$). De acordo com os valores de R^2 , observa-se que todos os pós de manga se ajustaram bem as isotermas de adsorção.

Na Figura 8 é apresentado o gráfico dos valores de teores de umidade de equilíbrio observados e estimados de pós de manga pelo modelo de Oswin, relacionado com a atividade de água a temperatura de 23 °C.

Observa-se que a diferença entre os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins é mais perceptível quando atinge o intervalo de a_w de 0,2 a 0,6. A partir deste último valor, os pós das mangas serão mais susceptíveis as alterações indesejáveis devido aumento da higroscopicidade. Por isso que em ambientes com umidade relativa superior a 60% os cuidados ao manipular e armazenar os pós devem ser maiores.

O pó da variedade Rosa foi que apresentou os maiores desvios entre os valores experimentais e calculados para a representação do equilíbrio higroscópico do pó de manga.

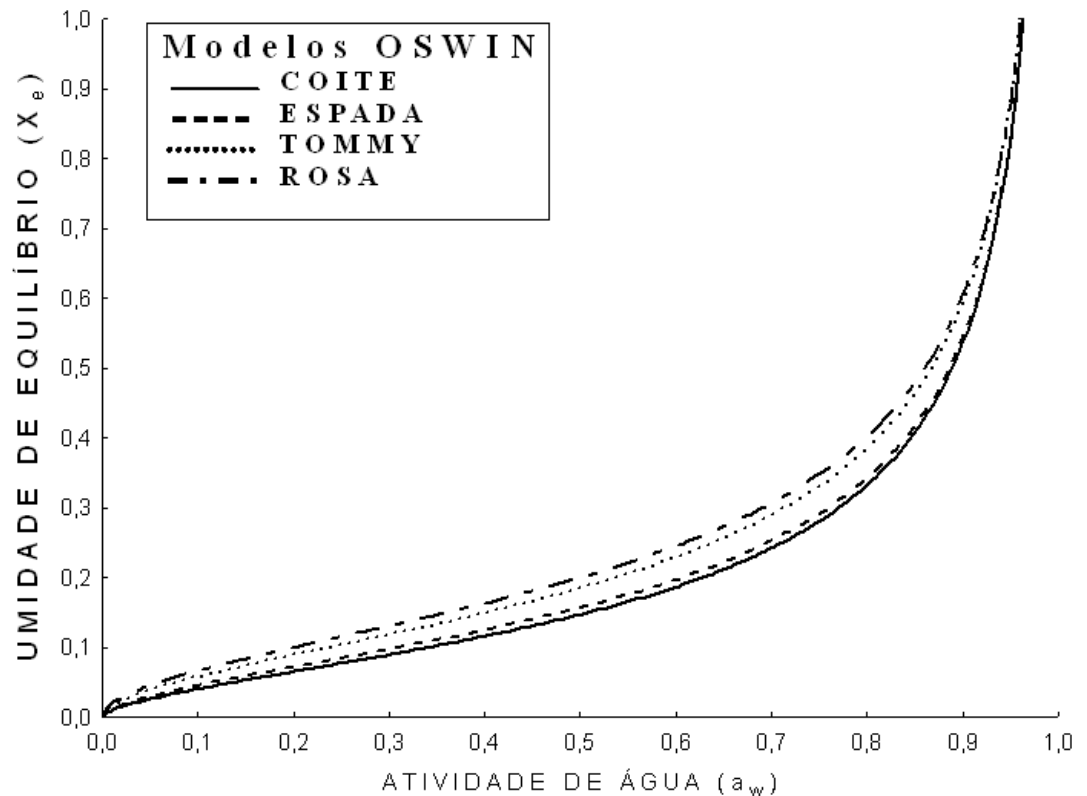


Figura 8 – Isotermas de adsorção em pós de manga na temperatura de 23 °C, segundo o modelo de Oswin.

Verifica-se que nas baixas a_w os pós de todas as variedades de manga adsorvem pequenas quantidades de água, enquanto que nos valores mais elevados de a_w a quantidade de água adsorvida é bem maior, ou seja, há um aumento grande na adsorção da água pelos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins. Observa-se, ainda, que as isotermas de adsorção dos pós de manga

apresentam em sua porção final, referente aos elevados valores de atividade de água, um comportamento que se caracteriza por uma ascensão pronunciada.

5 CONCLUSÕES:

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- ✓ A higroscopicidade dos pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins mostraram uma similaridade no comportamento durante a construção das isotermas de adsorção, e o modelo tri-paramétrico de GAB se ajustou melhor aos dados experimentais com menor erro médio e maior coeficiente de correlação para todos os pós de manga;
- ✓ As mangas *in natura* e em pó apresentaram características químicas e físico-químicas distintas. As variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins em pó apresentaram maiores valores de vitamina C, acidez total titulável, cinzas, açúcares redutores e açúcares totais em relação às mesmas variedades na forma *in natura*. As variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins *in natura* apresentaram maiores valores de umidade e comportamento semelhante para o pH ao comparar os resultados com os dos pós de manga.
- ✓ As variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins *in natura* e em pó apresentaram altos teores de vitamina C, as quais podem ser consideradas boas fontes dessa vitamina ao comparar com a ingestão diária recomendada para adultos;
- ✓ Os pós das variedades Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins também podem ser considerados boas fontes de minerais, principalmente de cálcio, zinco e ferro, ao comparar os valores obtidos neste estudo com os valores da ingestão diária recomendada para adultos;
- ✓ Os pós das mangas desidratadas podem ser uma alternativa para elaboração de alimentos, além de constituir uma opção para aproveitar o excedente da safra de manga.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Realizar isotermas de adsorção com várias temperaturas para observar a influência da temperatura sobre o processo de adsorção do produto;
- ✓ Desenvolver as isotermas de dessorção;
- ✓ Avaliar a cinética de secagem;
- ✓ Aplicar mais modelos para os ajustes das isotermas de adsorção.
- ✓ Ampliar os estudos de pesquisa, constatando a viabilidade de aplicação dos pós de manga a novos produtos como: barra de cereais, biscoitos, bolos, etc.

REFERÊNCIAS

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Influência do método de preparo e condições de secagem sobre a qualidade do café durante o período de armazenagem.**

Viçosa; UFV, 2001. 351 p. Tese

ALMEIDA, C. O. SOUZA, J. S., MENDES, L. N.; PEREIRA, R. J. Aspectos socioeconômicos. In: MATOS, A. P. de (Org.). **Manga Produção: aspectos técnicos.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, p. 11-14.

_____. Tendências do Mercado Internacional de Manga. Documento Técnico-Científico. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.32, n.1, p.112-120, jan. - mar. 2001.

ALMEIDA, F. A. C.; FONSECA, K. S.; GOUVEIA, J. P. G. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas: secagem natural de gergelim e determinação da umidade de equilíbrio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n° 3, p. 343-348, 1999.

ALVES, D.G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem.** 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2003.

AMARO, A. A.; CASER, D. V.; FRANCISCO, V. L. F. S. Aspectos da comercialização de manga. **Informações Econômicas**, SP, v. 33, n° 5, maio, 2003.

ANDERSON, K. Otros métodos de conservación. In: ARTHEY, D.; DENNIS, C. **Procesado de Hortalizas.** Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1992. p. 175-211.

ANSELMO, G. C. S; MATA, M. E. R. M. C.; ARRUDA, P. C.; SOUSA, M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio de secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v. 6, n° 2, p. 58-65, 2006.

ARAÚJO, J. L. P. **Cultivo da mangueira: colheita e pós-colheita.** Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção 2, Versão eletrônica: Julho, 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/colheita.htm#normas>>. Acesso em 02 de maio de 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis.** 16 ed. Arlington: AOAC, 1995.

- AZEVEDO, L. C. de ; AZOUBEL, P.M. ; SILVA, I.R.A. da ; ARAÚJO, A.J. de B. ; Oliveira, S.B. . Caracterização físico-química da farinha da casca de manga cv. Tommy Atkins. In: **XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2008, Belo Horizonte. XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Viçosa : UFV, 2008. p. 1-3.
- AZOUBEL, L. M. O.; GARCIA, R.W.O.; NAVE, M. M. V. Tabela de composição de alimentos. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J.S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: SARVIER, 1998, p. 363-376.
- BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; BERNARDI, M. R. V. Desidratação da polpa de manga Tommy Atkins utilizando a técnica de foam mat drying: avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais. **Journal Food Technology**, v. 8, n°4, p. 283-290, out.-dez., 2005.
- BEZERRA, T. S. **Avaliação de características químicas e nutricionais de 22 variedades e seleções avançadas de manga (*Mangifera indica* L.) cultivadas na região norte de Teresina-PI**. Teresina, 2005. 47 p. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos), Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí..
- BRANDÃO, M.C.C.; MAIA, G.A.; LIMA, D.P.; PARENTE, E.J.S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R.T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P.H.M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p.38-41, abr., 2003.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 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. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed., Brasília: Ministério da Saúde, 2005.
- BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga Tommy Atkins congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n°3, p. 651-653, 2002.
- BUENO, S. M.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H... Avaliação da qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n° 2, p. 121-126, 2002.
- CAMARGO, G. A. **Processo produtivo de tomate seco**: novas tecnologias (manual técnico). Workshop Tomate na Unicamp, 28 de maio de 2003. Disponível em: < www.agr.unicamp.br/tomates/pdfs/wrktom030.pdf >. Acesso em: 21 jun. de 2008.
- CARDELLO, H. M.A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden durante o Amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 18, n. 2, 1998.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n° 2, p. 264-271, ago., 2004.

CEREDA, M. P. Raspas, farinha de raspas e derivados. In: _____ (Coord.) **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 657-681. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, v. 3).

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n° 2, p. 1-10, 2° semestre 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE. 2005.

CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S. **Perdas na cadeia de comercialização da manga**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004, 41p.

CINTRA, R. F.; BOTEON, M. **Avaliação do desempenho regional dos principais pólos produtores de manga no Brasil**. Disponível em: < http://cepea.esalq.usp.br/pdf/Manga_Sober.doc >. Acesso em 10 de maio de 2008.

COCOZZA, F. D. M. **Maturação e Conservação de Manga Tommy Atkins submetida a aplicação Pós-Colheita de 1metil-ciclopropeno**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, março de 2003.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; RIBEIRO, D. M.; SILVA, F. S. Equilíbrio higroscópico de milheto, alpiste e painço: obtenção e modelagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n° 1, p. 162-167, 2006.

CORRÊA, P. C.; MOURE, J. Higroscopicidad y propiedades térmicas de semillas de sorgo. **Alimentacion Equipos y Tecnologia**, Madri, v. 29, n. 1, p. 149 – 153, 2000.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris L.*), abóbora (*Cucúrbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. São Paulo: Globo, 1990.

CUNHA, G. A. P.; PINTO, A. C. Q.; FERREIRA, F. R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p. 407-432.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M.F. Determinação da difusividade térmica da polpa de manga Espada. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 22, n° 1, p. 39-42, 2007.

DONADIO, L. C. (Org.) **Variedades brasileiras de manga**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1996. (Natura naturata).

EMBRAPA. **A cultura da manga**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994, 54p.

EVANGELISTA, R. E.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Mudanças na ultra estrutura da parede de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com cloreto de cálcio na pré-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal SP v.24, n.1, p.254-257, abril, 2002.

FADINI, A. L.; SILVA, P. M. P.; JARDIM, D. C. P.; VISSOTO, F. Z.; QUEIROZ, M. B.; BATISTA, G. Isotermas de sorção de umidade e estudo de estabilidade de macadâmias drageadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 9, n° 2, p. 83-88, abr.-jun., 2006.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Major food and agricultural commodities and producers**. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=571&year=2005>>. Acesso em: 04 fev. 2009.

FELIPE, E. M. F. **Caracterização físico-química de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais**. Fortaleza, 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Ceará.

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.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005.

FONSECA, N. **Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) 'Tommy Atkins'**. 2002. 117 p.. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2002.

GÁLVEZ, A. V.; ARAVENA, E. L.; MONDACA, R. L. Isotermas de adsorción em harina de maíz (*Zea mays* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n° 4, p. 821-827, out.-dez., 2006.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002.

GEOCITIES. **Desidratação de alimentos**. Disponível em: <<http://br.geocities.com/abgalimtec/desidratacao.html>>. Acesso em 21 jun. 2008.

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

GONÇALVES, C.E. Exportações Agroindustriais Brasileiras: valor industrial X valor de mercado. **Informações FIPE**, outubro, 2002.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, J. R. A. C. V. D.; COELHO, S. R. M.; SILVA, T. G. Caracterização física e química dos frutos de cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 72-78, jan./mar. 1998.

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.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, nº 4, p. 691-697, out. – dez., 2005.

GUERREIRO, L. F.; CAVALCANTE, R.; MACEDO, W. **Manga**. Bahia: Agência de Fomento do Estado da Bahia – Desenhavia, 2001. 14 p. Estudo de mercado.

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

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ce&tema=lavourapermanente2005&titulo=Lavoura%20permanente%202005%20>>. Acesso em 30 de janeiro de 2009.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Fruticultura. Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas de Jan. a Out 2008. Disponível em: <www.ibraf.org.br>. Acesso em: 4 fev. 2009.

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.

KUROZAMA, L. E.; EL-AQUAR, A. A.; MURR, F. E. X. Obtenção de isotermas de dessecção de cogumelo *in natura* e desidratado osmoticamente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, nº 4, p. 828-834, out.-dez., 2005.

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

LAKSHIMINARAYANA, S. Mango. In: NAGY, S.; SWAW, P. E. **Tropical and subtropical fruits**. Westport: AVI Publishing, Inc., 1980. p. 157-184.

LEITE, J. C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, M. M.; SILVA, R. G.; PEDROZA, J. P. Caracterização física da manga variedade Tommy Atkins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. 1 CD-ROM.

LIMA, A. B. **Qualidade de manga Tommy Atkins orgânica colhida sob boas práticas agrícolas, tratada com extrato de erva-doce e fécula de mandioca**. Areia-PB, 2007. 144p. Dissertação (Mestrado em Agronomia com Área de Concentração em Agricultura Tropical – Fisiologia Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças Tropicais). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

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.

LUCENA, E. M. P. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco**. Fortaleza, 2006. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará.

LUZ, R. G.; SOUSA, L. H. C. D.; JORGE, L. M. M.; PARAÍSO, P. R. Estudo das isotermas de equilíbrio do farelo de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, nº 2, p. 408-413, abr.-jun. 2006.

MACHADO, C. M. M. **Processamento de hortaliças em pequena escala**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2006. “no prelo”

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V.H.V.; OLIVEIRA Jr., M. E.; CUNHA, M.M.; JUNQUEIRA, N.T.V. **Manga: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001.

MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada**. Curitiba, 2006. 76 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

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

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de et al. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo; ITAL, 1981, p. 9-241 (Série Frutas Tropicais, 8).

MILLER, G.L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars**. Analytical Chemistry, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

- MOTA, R. V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêsego submetidas à desidratação osmótica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 789-794, out.-dez., 2005.
- MOURA, R. S. F.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SOUSA, A. G.; SILVA, M. M.; OLIVEIRA, A. M. V. Modelagem matemática para isotermas em polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v. 4, nº 2, p. 32-40, 2004.
- NAOZUCA, J.; VEIGA, M. A. M. S.; OLIVEIRA, E.; TADINI, C. C.; OLIVEIRA, P. V. Determinação de Ca, Cu, Fe, k, Mg, Mn, Na e Zn em amostras de água de coco comerciais. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Estratégia para o Desenvolvimento, Recife, PE, 2004. **Anais...**, Recife, PE, SBCTA, 2004.
- NEVES, L. C. *et al.* Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, nº 1, p. 94-100, mar., 2008.
- NUNES, R. F. M.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; ROBERTO, S. R.; VIEITTES, R. L. Práticas culturais e implantação de pomar. In: **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995, p. 7-40.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética**: seleção e preparo de alimento. 7 ed. rev. e ampl.. São Paulo: Atheneu, 2001.
- PARK, K. J.; BIN, A. BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra *bartlett* (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 21 (1): 73-7, jan.-abr. 2001.
- PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.3, n.1, p.816, 1992.
- PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Influência da temperatura nos parâmetros de modelos bi-paramétricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 229-232, 1997.
- 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).
- PEREIRA, K. S.; PEREIRA, J. L.; MIYA, N. T. N. Análises microbiológicas de manga, cultivar Palmer, congelada e minimamente processada. **Higiene Alimentar**, v. 18, n. 119, p. 47-50, abril, 2004.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Características físico-químicas tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n.1, p. 83-90, 2006.

PFÄFFENBACH, L. B.; CASTRO, J. V.; CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, nº. 3, p. 410-413, dez., 2003.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e Técnica Dietética**. Barueri, SP: Manole, 2003.

PINA, M. G. M; MAIA, G. A; SOUZA FILHO, M. de S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, abr. 2003.

PINTO, A. C. Q. A produção, o consumo e a qualidade da manga no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, dez. 2002.

PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Principais Variedades. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p. 93-116.

PINTO, C. A. Q.; MATOS, A. P.; CUNHA, G. A. P.. Variedades (cultivares). In: MATOS, A. P. (Org.). **Manga Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, p. 19-20.

PIZZOL, S. J.; MARTINES FILHO, J. G.; SILVA, T. H. S.; GONÇALVES, G. O mercado da manga no Brasil: Aspectos Gerais. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v. 12, n. 142, p. 34, Ago. 1998.

PRADO, M. E. T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para obtenção de tâmara passa**. Campinas-SP, 1998. 152p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

PRADO, M. E. T.; ALONSO, L. F. T.; SALES, A. F.; PARK, K. J. Isotermas de sorção de tâmaras: determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 143-146, 1999.

RAMOS, A. M.; SOUSA, P. H. M.; BENEVIDES, S. A. Tecnologia da industrialização da manga. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p. 571-604.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: review. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 311-319, 2001.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Isotermas e calor isostérico de sorção do feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, nº 3, p. 629-631, jul.-set., 2006.

RIBEIRO, M. S.; SABAA-SRUR, A. U. O. Saturação de manga var. Rosa com açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 118-122, 1999.

ROCHA, R. H. MENEZES, J. B.; MORAIS, E. A.; SILVA, G. G.; AMBRÓSIO, M. M. Q; ALVEZ, M. Z. Uso do Índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.302-305, 2001.

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.

ROQUE-SPECHT, V. F.; MAIA, M. S. Avaliação da perda de umidade de cinco variedades de tomate, através de secagem artificial. **Higiene Alimentar**, v. 16, n. 94, p. 30-32, mar. 2002.

SALES, J. R. J.; TAVARES, J. C. Vida útil pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkins): influência da temperatura e do estágio de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v 21, n. 2, p. 171- 176, ago. 1999.

SANTOS, C. de N. P. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose**. Campinas, 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SANTOS, G. L. **Desidratação de Alimentos**. SENAI - RS – Departamento Regional, 2005. Disponível em: <www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt900.pdf>. Acesso em: 30 out. 2008.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215p.

SAÚCO, G. Recolección y postrecolección. In: **El cultivo del mango**. Madrid: Mundi-Prensa, 1999. p. 267-272.

SILVA, A.V.C.; MENEZES, J.B. Caracterização físico-química da manga "Tommy Atkins" submetida à aplicação de cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento refrigerado. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p. 67-72, jan./ mar. 2001.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1990, 165 p.

SILVA, C. R. R.; FONSECA, E. B. A.; MOREIRA, M. A. **A cultura da mangueira**. Boletim Técnico de Extensão da UFLA (Universidade Federal de Lavras). Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/boletim/pdfextensao/bol_24.pdf>. Acesso em: 5 janeiro de 2009.

SILVA, F.; PARK, K. J.; MAGALHÃES, P. M. Isotermas de dessecção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 21-28, 2007.

SILVA, F. V. G.; MAIA, G. A.; CARVALHO, J. M.; MEIRA, T. R. Composição mineral de bebida mista elaborada com água-de-coco e suco de maracujá. **Visão Acadêmica (Online)**, v. 7, p. 25-28, 2006.

SILVA, J. A.: **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000.

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C. Dessorção e calor isostérico em polpa de manga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n° 1, p. 123-127, 2002.

SILVA, M. S. **Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita de Manga “Rosa” Tratada com 1-Metilciclopropeno e Minimamente Processada**, Areia-PB, 2004. 225p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C. **Cultivo da mangueira: socioeconomia**. Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção 2, Versão eletrônica: Julho, 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/socioeconomia.htm#>>. Acesso em 02 de maio de 2008.

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

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

SOARES, L. M. V.; SHISHIDO, K.; MORAES, A. M. M.; MOREIRA, V. A. Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n° 2, abr.-jun., 2004.

SOUZA, J. S. ALMEIDA, C. O.; ARAÚJO, J. L. P.; CARDOSO, C. E. L. Aspectos socioeconômicos. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p. 19-29.

SOUZA NETO, M. A. **Desidratação osmótica de manga Coité com e sem utilização de vácuo com complemento de secagem em estufa**. Fortaleza, 2002. 67p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará.

SOUZA NETO, M. A.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem

convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, nº 5, p. 1021-1028, out., 2005.

SPIESS, W.E.L.; WOLF, W. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. In: ROCKLAND, L.B.; BEUCHAT, L. R. (ed.) **Water activity: theory and applications to food**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.215-233.

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

SUGAI, A. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto pronto consumo**. São Paulo, 2002. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

TEDJO, W.; TAIWO, K. A., ESHTIAGHI, M. N.; KNORR, D. Comparison of pretreatment methods on water and solid diffusion kinetics of osmotically dehydrated mangos. **Journal of Food Engineering**. nº 53. 2002. p. 133-142.

TELIS, V.R.N.; GABAS, A.L.; MENEGALLI, F.C.; TELIS, J. Water sorption thermodynamic properties applied to persimmon skin and pulp. **Thermochimica Acta**, v. 43, nº 1-2, p. 49-56, 2000.

TORREZAN, R.; JARDINE, J. G.; VITALI, A. A. Preservação de alimentos com o uso dos métodos combinados: uma revisão. **B. SBCTA**, 31 (2): 214-228, jul./dez. 1997.

VANNUCCHI, H.; JORDÃO JÚNIOR, A. A. Vitaminas Hidrossolúveis. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: SARVIER, 1998, p. 191-207.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. L.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955-960, set./out., 2006.

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

VIEIRA, S. **Análise de Variância: (Anova)**. São Paulo: Atlas, 2006.

WYZYKOWSKI, J; ARAÚJO, J. L. P; ALMEIDA, C. O. Mercado e comercialização. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p. 434-444.