

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

**Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio  
de maturação: Desidratação osmótica e secagem para  
elaboração de passas de caju**

*Luciana Façanha Marques*

**CAMPINA GRANDE, PB  
MARÇO, 2006**

*Luciana Façanha Marques*

“Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre”.

**Área de Concentração:** Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**Orientadores:** Prof. (a) Dra. Maria Elita Martins Duarte

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

**CAMPINA GRANDE, PB**

**MARÇO, 2006**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M357p Marques, Luciana Façanha  
2006 Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio de maturação: desidratação osmótica e secagem para elaboração de caju passa / Luciana Façanha Marques. — Campina Grande, 2006.  
105fs.il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Recursos Naturais.

Orientadores: Maria Elita Duarte Martins e Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata.

1 - Caju; 2 - Desidratação Osmótica; 3 - Análise Sensorial; 4 - Secagem —  
Título

CDU 634.44



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

LUCIANA FAÇANHA MARQUES

PROCESSAMENTO DO PEDÚNCULO DO CAJU EM AVANÇADO ESTÁDIO DE  
MATURAÇÃO: DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM PARA ELABORAÇÃO DE  
PASSAS DE CAJU

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dra. Maria Elita Martins Duarte - Orientadora

APROVADO

Dr. Mário Eduardo R.M. Cavalcanti Mata – Orientador

APROVADO

Dr. Gabriel Francisco da Silva – Examinador

APROVADO

Dr. Francisco de Assis Santos e Silva – Examinador

APROVADO

MARÇO - 2006

*Dedico a Deus, a meus pais e a  
todos que contribuíram para a  
concretização deste sonho*

## **AGRADECIMENTOS**

Seria preciso um capítulo exclusivo para agradecer a todos que me ajudaram a estar aqui hoje, visto que, além de longa a caminhada, a cada dia surge um novo degrau que devemos subir para alcançar os objetivos tão almejados e onde surgem pessoas importantes que chamamos de “amigos” que nos dão força para não desistir às dificuldades da vida.

Primeiramente agradeço a Deus, por me abençoar todos os dias e me proteger.

A meus pais, Luiz e Aglais, por acreditarem em mim, pela dedicação e, sobretudo, pelo imenso amor com que vocês nos criaram, a mim e a meus irmãos Luciano e Rafael.

A meus avós, tios, primos e amigos que torcem pelo meu sucesso.

A Universidade Federal de Campina Grande, pela possibilidade de cursar o Mestrado e por tudo de bom que ele vier a me proporcionar.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela ajuda financeira.

Aos meus orientadores Elita e Mário, pela paciência e ensinamentos.

Aos professores e amigos Josivanda, de Assis, Assis, Rossana, Alexandre e Juarez por todo carinho e atenção.

Aos sinceros amigos, Ticiane e Jardel, de quem aprendi a gostar e admirar, pela ajuda e companheirismo em todos os momentos, e ao Daniel, que me fortaleceu nessa caminhada.

Ao Professor Hans, Rivanilda e Aparecida, sempre dedicados e atenciosos.

Ao Antônio, Flávio, Luciene, Jasiel, Renato, Luizinho e demais funcionários que colaboraram, direta ou indiretamente, com o sucesso deste trabalho.

Aos colegas Robson, Virgínea, Marta, Cleandro, Socorro, Márcia, Jeane e Taciana, pela troca de informações e ajuda nos momentos difíceis.

A Kelly e Charles, que me receberam aqui em Campina Grande de braços abertos.

Aos estimados amigos: Rildo, Yvson, Robert, Adriano, Cessa, Ivonete, Sckaymenn, Danielle, Marinalva, Jonas e Regilane, pelos ensinamentos, paciência e amizade.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Caju.....	3
2.2 Características físico-químicas.....	6
2.2.1 Açúcares redutores, totais e não redutores.....	6
2.2.2 Acidez.....	7
2.2.3 Teor de água.....	8
2.2.4 Vitamina C.....	9
2.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH).....	9
2.2.6 Sólidos solúveis (°Brix).....	10
2.3 Análise microbiológica.....	11
2.4 Desidratação osmótica.....	12
2.5 Secagem.....	16
2.5.1 Secagem em camada estacionária e delgada.....	18
2.6 Modelos matemáticos de secagem.....	19
2.6.1 Modelos teóricos.....	20
2.6.2 Modelos semi-teóricos.....	22
2.6.3 Modelos semi-empíricos.....	24
2.7 Análise sensorial.....	25
2.7.1 Aparência e cor.....	27
2.7.2 “Flavor” (Sabor a aroma).....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Características físico-químicas.....	31
3.1.1 Carboidratos.....	31
3.1.2 Acidez total titulável.....	31
3.1.3 Teor de água.....	31
3.1.4 Vitamina C.....	31

3.1.5 pH. ....	32
3.1.6 Sólidos solúveis (°brix) ....	32
3.2 Análise microbiológica. ....	32
3.3 Etapas do processamento. ....	32
3.3.1 Seleção. ....	32
3.3.2 Dascastanhamento e lavagem. ....	33
3.3.3 Despeliculamento químico. ....	33
3.3.4 Perfuração dos pseudofrutos. ....	33
3.3.5 Desidratação osmótica. ....	33
3.3.6 Cozimento. ....	34
3.3.7 Secagem. ....	34
3.4 Análise sensorial. ....	38
3.5 Análise estatística. ....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....	41
4.1 Caracterização físico-química. ....	41
4.1.1 Açúcares redutores. ....	44
4.1.2 Açúcares totais. ....	46
4.1.3 Açúcares não redutores. ....	48
4.1.4 Acidez. ....	49
4.1.5 Teor de água. ....	51
4.1.6 Vitamina C. ....	52
4.1.7 Potencial hidrogeniônico (pH) ....	54
4.1.8 Sólidos solúveis. ....	55
4.2 Análise microbiológica. ....	56
4.3 Desidratação osmótica. ....	57
4.4 Secagem. ....	60
4.4.1 Equação de Fick. ....	60
4.4.1.1 Equação de Fick com um termo da série. ....	61
4.4.1.2 Equação de Fick com dois termos da série. ....	64
4.4.1.3 Equação de Fick com três termos da série. ....	68
4.4.2 Equação de Cavalcanti Mata. ....	72
4.4.3 Equação de Page. ....	76
4.5 Análise Sensorial. ....	82



5 CONCLUSÕES.....	90
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
7 ANEXOS.....	102

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
<b>01</b>	Caju “in natura” . . . . .	3
<b>02</b>	Fluxograma das etapas do procedimento experimental. . . . .	30
<b>03</b>	Etapas do despeliculamento químico. . . . .	33
<b>04</b>	Secador de bandejas Polidryer PD-25. . . . .	35
<b>05</b>	Modelo de formulário utilizado para análise dos atributos sensoriais. . . . .	39
<b>06</b>	Curvas dos dados experimentais de desidratação osmótica a temperatura ambiente (aproximadamente 28°C) obtidas em solução osmótica de sacarose a 50, 60 e 70 °Brix e também curvas estimadas segundo a equação de Page. . . . .	58
<b>07</b>	Ganho de sólidos em função do tempo de desidratação osmótica nas diferentes concentrações de sacarose, 50°Brix, 60°Brix e 70°Brix. . . . .	59
<b>08</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Fick com um termo da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. . . . .	61
<b>09</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Fick com um termo da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. . . . .	62
<b>10</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Fick com um termo da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. . . . .	63
<b>11</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Fick com dois termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. . . . .	65
<b>12</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Fick com dois termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. . . . .	66
<b>13</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Fick com dois termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. . . . .	67

<b>14</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Fick com três termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	69
<b>15</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Fick com três termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	70
<b>16</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Fick com três termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	71
<b>17</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Cavalcanti Mata, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	73
<b>18</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Cavalcanti Mata, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	74
<b>19</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Cavalcanti Mata, obtidas por regressão não linear às temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	75
<b>20</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Page, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	78
<b>21</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no brix de 60 pela equação de Page, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	79
<b>22</b>	Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no brix de 70 pela equação de Page, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	80
<b>23</b>	Perfil sensorial da passa de caju elaborada com pré-secagem em solução osmótica de sacarose a 50°Brix seguida de secagem complementar em secador de bandejas nas temperaturas de 50°C (a), 60°C (b), 70°C (c), Campina Grande, PB, 2006. ....	86

- 24** Perfil sensorial da passa de caju elaborada com pré-secagem em solução 87  
osmótica de sacarose a 60°Brix, seguida de secagem complementar em  
secador de bandejas nas temperaturas de 50°C (a), 60°C (b), 70°C (c). . . . .
- 25** Perfil sensorial da passa de caju elaborada com pré-secagem em solução 89  
osmótica de sacarose a 70°Brix, seguida de secagem complementar em  
secador de bandejas nas temperaturas de 50°C (a), 60°C (b), 70°C (c). . . . .

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Pág.</b>
<b>01</b>	Composição físico-química do caju vermelho e amarelo. ....	5
<b>02</b>	Atributos de qualidade para frutas e hortaliças. ....	26
<b>03</b>	Equações testadas para representar a secagem de caju nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. ....	37
<b>04</b>	Valores médios das características físico química do caju “in natura”, Campina Grande, PB, 2006. ....	41
<b>05</b>	Análise de variância das características físico-químicas do caju, Campina Grande, PB, 2006. ....	43
<b>06</b>	Valores médios dos açúcares redutores do caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	44
<b>07</b>	Valores médios dos açúcares totais do caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	46
<b>08</b>	Valores médios dos açúcares não redutores do caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	48
<b>09</b>	Valores médios da acidez no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	49
<b>10</b>	Valores médios da umidade no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	51
<b>11</b>	Valores médios de ácido ascórbico no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	52
<b>12</b>	Valores médios do pH no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	54
<b>13</b>	Valores médios do Brix no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006. ....	55
<b>14</b>	Coeficientes de difusão da Equação de <b>Fick</b> usando-se um termo da série provenientes da secagem do caju com pré-secagem osmótica nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, 2006. ....	64

<b>15</b>	Coeficientes de difusão da Equação de <b>Fick</b> usando-se dois termos da série provenientes da secagem do caju com pré-secagem osmótica nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, 2006. ....	68
<b>16</b>	Coeficientes de difusão da Equação de <b>Fick</b> usando-se três termos da série provenientes da secagem do caju com pré-secagem osmótica nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, 2006. ....	72
<b>17</b>	Coeficientes da equação de <b>Cavalcanti Mata</b> , obtida por regressão não linear em secagem com pré-secagem osmótica para o caju em diferentes temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, 2006. ....	76
<b>18</b>	Coeficientes da equação de <b>Page</b> , obtida por regressão não linear em secagem com pré-secagem osmótica para o caju em diferentes temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, 2006. ....	81
<b>19</b>	Média de 35 valores atribuídos pelos provadores para os atributos sensoriais de passas de caju, conforme parâmetros de concentração de açúcar da solução osmótica e temperaturas de secagem utilizadas para sua elaboração, Campina Grande, PB, 2006. ....	82
<b>20</b>	Análise de variância dos valores de atributos sensoriais de passas de caju, Campina Grande, PB, 2006. ....	83
<b>21</b>	Comparação entre as médias dos valores atribuídos à passa de caju, conforme temperatura de secagem, Campina Grande, PB, 2006. ....	83
<b>22</b>	Valores médios dos atributos sensoriais de passa de caju para diferentes concentrações de sacarose da solução osmótica de tratamento pré-secagem e temperaturas de secagem convencional, Campina Grande, PB, 2006. ....	84
<b>23</b>	Valores médios dos atributos sensoriais de passa de caju para as diferentes temperaturas de secagem, Campina Grande, PB, 2006. ....	85

**Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio de maturação:  
Desidratação osmótica e secagem para elaboração de passas de caju**

**RESUMO**

Pedúnculos de caju foram desidratados osmoticamente em xaropes com 50, 60 e 70 °Brix seguidos de secagem a 50, 60 e 70 °C em secador de bandejas a gás Polidryer PD-25 e analisadas as suas características físico-químicas (açúcares redutores, totais e não redutores, acidez, teor de água, vitamina C, pH e sólidos solúveis) em cada etapa do processamento; microbiológicas (mofos, leveduras e coliformes fecais) do caju “in natura” e do produto seco; e sensoriais (aparência, cor, aroma e sabor) das passas de caju. As equações propostas por Fick com 1, 2 e 3 termos da série, Cavalcanti Mata e Page, foram usadas para ajuste dos dados de secagem e pré-secagem do caju através do programa computacional Statistica 7.0 e de análises de regressão não linear com método numérico de Rosenbrock Quase Newton e Quase Newton. Para a avaliação sensorial usou-se o programa computacional ASSISTAT 7.3 Beta por análise de variância, segundo tratamento fatorial (3°Brix; 3 temperaturas de secagens e 4 atributos sensoriais) para as físico-químicas o delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos e três repetições. Tendo em vista os resultados obtidos, conclui-se quanto à *caracterização físico-química*, que todas as análises foram significativas a nível de 1%. Os teores de açúcares redutores, totais, não redutores, acidez e sólidos solúveis (°Brix) aumentaram com a secagem de 6,35 para 42,96, de 10,17 para 72,91, de 3,81 para 46,38, de 1,11 para 4,93 e de 11,67 para 69,50 enquanto na vitamina C e no pH ocorreu redução de 121,99 para 72,29 mg/100g e de 4,07 para 3,27 respectivamente; nas análises *microbiológicas* os cajus se encontram dentro dos padrões estabelecidos para consumo, apresentando  $2 \times 10^3$  UFC/g para mofos e leveduras e  $10^2$  NMP/ml para coliformes. Com relação aos *atributos sensoriais*, a melhor aparência e cor das passas foram a desidratada osmoticamente em xarope com 70 °Brix e as secadas a 60°C, com uma nota média de 7,23, que corresponde a gostei regularmente, na escala hedônica. Obteve-se o mesmo nos atributos aroma e sabor, em que passas desidratadas em 70 °Brix e secadas a 70°C, foram as preferidas por parte dos provadores, com nota média igual a 7,10. Para as *curvas de secagem* a equação que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem do caju com pré-tratamento osmótico, foi a proposta por Cavalcanti Mata, com  $R^2=99,93\%$  em média.

**Palavras chave:** processamento, caju, desidratação osmótica e secagem

## **Processing of the stalk of the cashew in advanced maturation stadium: Osmotic dehydration and drying for elaboration of cashew raisins**

### **ABSTRACT**

Cashew peduncles were dehydrated osmotically in syrups with 50, 60 and 70°Brix and dried at 50, 60 and 70°C in a tray gas dryer Polidryer PD-25 and had their characteristics analysed as follow: physicochemical (reducing, total and non-reducing sugar; acidness, humidity, vitamin C, pH and soluble solids) in each stage of the processing; microbiological (molds, leavenings and fecal coliforms) of the cashew “in nature” and of the dry product; and sensorial (appearance, color, smell and taste) of the dried cashews. The equations proposed by Fick (with 1, 2 and 3 terms of the series), Cavalcanti Mata and Page were used to adjust data of the drying and pre-drying through the computer programs Statistica 7.0, using non linear regression analyses with the numerical method of Rosembrock Quase Newton and Quase Newton. For the sensorial evaluation, it was used the computer programs Assistat 7.3 Beta by variance analysis factorial according to treatment (3°Brix, 3 drying temperatures and 4 sensorial attributes) for the physicochemical the delineation entirely casualizado with 16 treatments and three repetitions. In view of the results, it can be concluded about the physicochemical characteristics that all the analyses were significant al the 1% level. The quantity of reducing, total and non-reducing sugar, acidness and soluble solids (°Brix) increased with the drying from 6.35 to 42.96, from 10.17 to 72.91, from 3.81 to 46.38, from 1.11 to 4.93 and from 11.67 to 69.50; as for vitamin C and pH there was reduction from 121.99 to 72.29mg/100g and from 4.07 to 3.27 respectively; in the microbiological analyses the cashews are within the standards established for consumption presenting  $2 \times 10^3$  UFC/g for molds and leavenings and  $10^2$  NMP/ml for coliforms. As for the sensorial attributes cashews which were dehydrated osmotically in syrups with 70°Brix and dried at 60°C had the best appearance and color with an average 7.23 grade, which corresponds to “regularly liked” in hedonic scale. The same result was obtained about smell and taste attributes which case the dehydrated cashews in 70°Brix and dried at 70°C were preferred by the tasters with and average 7.10 grade. For the drying the equation which adjusted the most to the experimental data of the drying of the cashew with osmotic pre-treatment was the one proposed by Cavalcanti Mata with  $R^2=99.93\%$  average.

**Keys words:** processing, cashew, dehydrated osmotic, drying



## **1. INTRODUÇÃO**

A fruticultura é, hoje, um dos segmentos mais importantes da agricultura nacional respondendo por 25% do valor da produção agrícola. Nos últimos anos, sua área cresceu a uma taxa nunca vista antes na história, ampliando suas fronteiras em direção à região nordeste na qual condições de luminosidade, umidade relativa e temperatura, são muito mais favoráveis que nas regiões sul e sudeste onde até então eram desenvolvidas (LACERDA et al., 2004).

No mercado nacional o caju tem sido pouco explorado, em razão da facilidade com que o mercado externo vem absorvendo quase toda a produção dos dois principais produtos obtidos da castanha, que são a amêndoa e o líquido da casca de castanha (LCC), enquanto ao caju (pedúnculo), que pode gerar uma série de outros produtos (suco, doces, passas, vinho, vinagre e etc.), não se tem dado a devida importância (UFLA, 2003).

No Brasil, o cajueiro ocupa lugar de destaque entre as plantas frutíferas tropicais. É indiscutível a excelência de sua cultura como atividade econômica e social na região Nordeste, que concentra 99% de área plantada, garantindo renda para um número considerável de pessoas, além de gerar divisas da ordem de US\$ 100 milhões anuais, com a exportação da amêndoa da castanha de caju (CARBAJAL e MESQUITA, 1998).

Como a maioria dos frutos tropicais, o caju apresenta alto grau de perecibilidade e elevados índices de perda na produção, razão por que se tem levantado diversas pesquisas na área de conservação desses frutos e entre as várias formas, estão a desidratação osmótica, secagem, processamento mínimo e congelamento, entre outras.

Nas regiões produtoras de caju se usam técnicas caseiras para elaboração desses produtos, sem nenhum padrão, controle de qualidade ou mesmo estudo econômico da sua viabilidade embora eles possam ser transformados em produtos nobres, de primeira linha e de aceitação comprovada, se transformados em passa de caju. Com a devida orientação e aplicação de técnicas adequadas, pode-se transformá-lo em fonte de sustento para muitas famílias e com excelentes perspectivas de expansão.

A preocupação com a qualidade dos produtos que vão à mesa do brasileiro tem aumentado de modo considerável nos últimos anos, já que a exigência dos consumidores internos quanto ao padrão é cada vez maior. Conseqüentemente, tem crescido o interesse por pesquisas desenvolvidas nessa área, nos laboratórios de universidades brasileiras (FAVA, 2004).

Frutas passas são frutas cujo teor de água é diminuído através de um processo de secagem após o qual ocorre a concentração dos açúcares naturais da própria fruta.

A secagem precedida de tratamento osmótico é uma técnica comumente utilizada na industrialização de alimentos com o intuito de reduzir a água disponível para os microrganismos e reações químicas; é apontada como alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios, resultando também em melhorias nas características sensoriais e nutritivas (FITO et al., 1996).

### **1.1 Objetivos**

- a) Verificar as alterações das características químicas do caju após a desidratação osmótica, o cozimento e secagem;
- b) estudar a cinética de desidratação osmótica do caju em solução de sacarose a 50, 60 e 70 °Brix;
- c) estudar a cinética de secagem do caju nas temperaturas 50, 60 e 70°C em secador de bandejas, que utiliza gás (GLP) como combustível;
- d) determinar os coeficientes das equações de Page, Cavalcanti Mata e Fick com 1, 2 e 3 termos da série para as condições de secagem estabelecidas;
- e) realizar a análise sensorial de aceitação (aparência, cor, aroma e sabor);
- f) determinar as características microbiológicas do caju in natura e após obtenção do produto final.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caju



**Figura 1** – Caju “in natura”

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família Anacardiaceae e é, por sua vez, uma planta genuinamente brasileira visto que já se encontrava aqui, no nordeste brasileiro, quando chegaram os primeiros colonizadores portugueses, que daqui espalharam suas sementes por seus domínios, na África e na Ásia. O nome caju é oriundo da palavra indígena acaiu que, em tupi, quer dizer "noz que se produz" (MELO FILHO, 2002).

Segundo MEDINA et al. (1980), o cajueiro é uma árvore de múltipla utilidade; do caju tudo é aproveitado, desde o suco, bagaço, castanha, a casca da árvore, folhas, flores e até a madeira; entretanto, é a amêndoa tostada do caju o artigo de grande interesse no mercado mundial, em virtude do seu elevado valor nutritivo enquanto o caju é vendido por preço insignificante; muitas vezes é, também, utilizado como ração para animais e, outras vezes, seu destino é, lamentavelmente, o lixo (DIAS e OLIVEIRA, 2001).

O caju é, na verdade, um pseudofruto, uma vez que a castanha é o verdadeiro fruto, uma drupa cuja semente é comestível; o que é consumido “in natura” é o pedúnculo que se desenvolveu de modo diferente e cujas cores variam do amarelo ao vermelho (CARIOCA et al., 2003).

Além de frágil, o pedúnculo é altamente perecível apresentando mecanismos aceleradores de degradação microbiológica contribuindo, desta forma, para a rejeição ou perda de centenas de milhares de toneladas por ano do produto (CRUZ, 1989).

No Brasil, o cajueiro ocupa lugar de destaque entre as plantas frutíferas tropicais em face da crescente comercialização dos seus produtos principais. O aproveitamento do pedúnculo é menos de 6% da produção nacional. A alta perecibilidade e a falta de facilidade na armazenagem durante os meses de pico do processamento industrial, contribuem para esta perda física; e conseqüentemente, há grande perspectiva para o desenvolvimento de processos para conservação local (junto ao produtor) de frutas por métodos combinados (ALZAMORA et al., 1992).

A amêndoa constitui mais ou menos 1/3 do peso da castanha; sua análise revela teor de óleo de 55 a 60%, 15 a 20% de proteínas e em torno de 5% de carboidratos (amido, açúcares); dela se extrai um óleo nutritivo semelhante ao óleo de oliva (MEDINA et al., 1980).

O pedúnculo do cajueiro é consumido não só pelas qualidades gustativas mas, sobretudo, pelo seu elevado teor de vitamina C. Inúmeros subprodutos podem ser obtidos a partir do beneficiamento do pedúnculo, destacando-se os sucos concentrados, refrigerantes gaseificados, cajuína, bebidas fermentadas, néctares e os diversos tipos de doce; entretanto, apenas o Brasil possui tecnologia, experiência e hábito de consumo do pedúnculo e dos seus subprodutos, tornando-se busca de novos mercados e produtos, incluindo-se os desidratados (COSTA, 1996).

Durante as safras de frutas tropicais e para o caso do Nordeste, em particular, são exemplos típicos de desperdício o caju e o abacaxi; para o primeiro, o interesse principal da indústria é a castanha, sendo a polpa aproveitada em escala muito reduzida na produção de sucos e doces em calda (FIOREZE, 2004).

BLEINROTH (1978) sintetizou, na Tabela 1, a composição físico-química das duas variedades principais do caju (vermelho e amarelo).

**Tabela 1** – Composição físico-química do caju vermelho e amarelo

<b>Determinações</b>	<b>Vermelho</b>	<b>Amarelo</b>
Umidade (%)	86,07	86,62
Cinzas (%)	0,38	0,37
Sólidos solúveis (°Brix)	10,38	10,66
Açúcares redutores (%)	8,00	7,95
Açúcares não redutores (%)	0,38	0,38
pH	4,48	4,27
Acidez total titulável (% ac. Málico)	0,336	0,418
Ácido ascórbico (mg/100g)	204,0	197,50
Tanino (mg/100ml)	0,403	0,345

Fonte: Bleinroth, 1978

Ressalta-se, além da diversidade de produtos provenientes do processamento do caju e da potencialidade de seu aproveitamento econômico, a agroindústria do caju que tem, ainda, grande impacto socioeconômico, em virtude do elevado número de empregos gerados nas atividades agrícolas, industriais e comerciais, gerando renda e fixando o homem no campo; assim, a exploração do cajueiro se apresenta como alternativa para melhoria da qualidade de vida do homem do campo, notadamente nas regiões mais pobres do Nordeste brasileiro (SOUZA FILHO et al., 1999).

O desenvolvimento da fruticultura é de extrema significação, tanto para a economia agrícola quanto para a sociedade rural da Paraíba. Nos últimos anos, tem-se procurado uma eficiência maior, tanto de produtos quanto de métodos e equipamentos, visando a uma integração mais elástica dos fatores de produção e de melhor distribuição das produções, de forma a minimizar os custos e reduzir os gastos com a transferência dos produtos, oferecendo maior estabilidade da produção agrícola. A fruticultura na Mesorregião do Agreste Paraibano exerce enorme expressão no agronegócio paraibano, a exemplo dos plantios comerciais de bananeira, cajueiro, mangueira e maracujazeiro, detentores de 85,3%, 52,4%, 65,4% e 46,3%, respectivamente, de toda a área cultivada no Estado da Paraíba (IBGE - Produção Agrícola Municipal - 2001), constituindo-se em relevante fonte

de ocupação e renda para os agricultores. As principais linhas dos sistemas estudados são: banana, caju, manga e maracujá (EMEPA, 2005).

## **2.2 Características físico-químicas**

Na sua maioria, as mudanças sensoriais, físico-químicas e bioquímicas que ditam as características de qualidade dos frutos, ocorrem durante a pós-colheita e estão diretamente relacionadas com o metabolismo oxidativo decorrente da respiração celular; por sua vez, as oxidações bioquímicas nos frutos estão intimamente associadas a mudanças de qualidade, desordens fisiológicas, tempo de vida útil, maturidade, manejo de produtos e tratamentos pós-colheita (MELO et al., 2001).

### **2.2.1 Carboidratos (redutores, totais e não redutores)**

Os carboidratos são os compostos biológicos mais abundantes no planeta e amplamente distribuídos entre os alimentos. Estima-se uma produção desses compostos através da fotossíntese, em torno de  $10^9$  t/ano. Mais de 200 monossacarídeos diferentes, estruturalmente relacionados à glicose e à frutose, já foram relatados; são importantes constituintes da dieta e uma das principais fontes de calorias para o corpo humano e produção de energia, além de exercerem inúmeras funções estruturais e metabólicas nos organismos vivos (CARVALHO et al., 1990).

Os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma livre ou combinada são responsáveis pela doçura, pelo “flavor”, através do balanço com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais e aumenta, na seqüência: glicose, sacarose e frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são a glicose e a frutose (açúcares redutores) e a sacarose (açúcares não redutores). O teor de açúcares em geral aumenta com a maturação dos frutos (CHITARRA, 1998).

Na análise de alimentos, a identificação dos açúcares presentes em uma amostra depende, quase sempre, da natureza dos produtos; em muitos casos, uma simples medida físico-química é suficiente para sua determinação; em outros, torna-se necessário uma separação dos açúcares componentes. Os açúcares contidos nos alimentos podem ser vários encontrando-se, além da sacarose, o açúcar invertido, a lactose, a maltose e, ocasionalmente, pentoses e outras hexoses (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### **2.2.2 Acidez**

Segundo CECCHI (2003), os ácidos orgânicos presentes em alimentos influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade. A acidez titulável das frutas varia de 0,2 a 0,3% em frutas de baixa acidez e de 2 a 6% em frutas com acidez elevada.

Conforme BLEIRONTH (1988), o teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer a medida que ela vai amadurecendo, porém CHITARRA e CHITARRA (2005) dizem que as frutas perdem rapidamente a acidez com o amadurecimento mas em alguns casos há pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação. A acidez pode ser utilizada em conjunto com a doçura como ponto de referência do grau de maturação.

A determinação da acidez total em alimentos é bastante importante haja vista que através dela, se pode obter dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação dos alimentos. A acidez é resultante dos ácidos orgânicos existentes no alimento, dos adicionados propositadamente e também daqueles provenientes das alterações químicas dos mesmos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

A concentração de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento difere para cada tipo de fruto. A acidez é um atributo importante porque o gosto azedo é o principal fator na aceitabilidade de frutos cítricos e seus sucos; esses ácidos não só contribuem para a acidez mas, também, para o aroma característico em virtude de alguns componentes serem voláteis (CHITARRA, 1998).

Para determinação do balanço entre açúcar e acidez realiza-se, em função do quociente entre o conteúdo de sólidos solúveis e acidez titulável, a relação SST/ATT, importante no equilíbrio do sabor (flavor) das frutas de caroço (MARTINS, 2005).

### **2.2.3 Teor de água**

O teor de água corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições em que a água é removida; na realidade, não é só a água removida mas, também, outras substâncias se volatilizam nessas condições. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado resíduo seco. O aquecimento direto da amostra a 105°C até peso constante é o processo mais usual (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

De acordo com CASTRO et. al. (1998), existem pelo menos dois tipos de água contida nos alimentos: a água livre, fracamente ligada ao substrato e que funciona como solvente, permitindo o crescimento de microrganismos e as reações químicas; e a água combinada, fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada e não é utilizada como solvente para o crescimento de microrganismos nem, tampouco, para reações químicas.

Segundo BRASIL e GUIMARÃES (1998), os frutos são alimentos que, além de apresentarem elevado teor de água, estão sujeitos a inúmeras alterações, já que a água (solvente universal de todos os sistemas biológicos) é o principal veículo para o processamento de alterações de natureza química e bioquímica nos alimentos.

Normalmente, a deterioração de um alimento resulta do crescimento de microrganismos, da atividade enzimática e das reações químicas as quais dependem, na sua maioria, da presença de água. Perecibilidade é o termo usado para designar a facilidade com que um alimento se deteriora (RIBEIRO, 2004).

Segundo CECCHI (2003), o teor de água de um alimento está relacionado à sua estabilidade, qualidade e composição e se trata de um fator que pode afetar estocagem, embalagem e processamento.



#### **2.2.4 Vitamina C**

A vitamina C é uma das vitaminas essenciais de um grupo de substâncias químicas complexas, necessárias para o funcionamento adequado do organismo. Cerca de 90% das necessidades de vitamina C do homem advêm de frutas e hortaliças. A goiaba e o caju se encontram entre as principais fontes dessa vitamina, com teores em torno de 200 a 300 mg/100ml de suco (CHITARA e CHITARA, 1990).

A vitamina C é a mais facilmente degradável de todas as vitaminas; é estável apenas em meio ácido, na ausência de luz, de oxigênio e de calor (SGARBIERE, 1987). A principal causa dessa degradação é a oxidação aeróbia ou anaeróbia, ambas levando à formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, com formação de pigmentos escuros (BRASIL e GUIMARÃES, 1998).

De conformidade com BOBBIO e BOBBIO (1985), a vitamina C é muito empregada como agente antioxidante para estabilizar cor, sabor e aroma. A estabilidade da vitamina C aumenta com o abaixamento da temperatura e a maior perda se dá durante o aquecimento de alimentos porém há casos de perda também durante o congelamento ou, ainda, no armazenamento de alimentos a baixas temperaturas.

Segundo CHITARRA e CHITARRA (2005), a vitamina C é um excelente antioxidante e atua nas reações redox como transportador de elétrons para a cadeia respiratória, regenerando diferentes substratos, de sua forma oxidada para a forma reduzida.

O alto valor nutritivo do pseudofruto do caju se revela sob a forma de vitaminas e sais minerais, encontrando-se nele a vitamina C em níveis quase 5 vezes superior que na laranja (ANGELLUCI, 1987).

#### **2.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH, ou potencial de hidrogênio iônico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer, cujo conceito foi introduzido por S.P.L. Sorensen, em 1909. O "p" vem do alemão *potenz*, que significa poder de concentração, e o

"H" é para o íon de hidrogênio (H<sup>+</sup>); às vezes, é referido do latim *pondus hydrogenii*, em que o "p" equivale ao simétrico do logaritmo de base 10 da atividade dos íons a que se refere, ou seja, em que [H<sup>+</sup>] representa a atividade de H<sup>+</sup> em mol/dm<sup>3</sup> (WIKIPÉDIA, 2005).

Os ácidos orgânicos presentes nos tecidos vegetais podem se encontrar na forma livre ou esterificada (metila, propila, hexila etc.) e os ácidos fracos livres, na presença de ácidos entre 2,5 e 0,5%, o pH aumenta com a redução da acidez, sendo utilizado como indicativo dessa variação. Uma pequena variação nos valores de pH é bem detectável nos testes organoléticos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

De acordo com CECCHI (2003) a medida do pH é importante para as determinações de deterioração do alimento com o crescimento de microrganismos, atividade das enzimas, textura de geléias e gelatinas, retenção de sabor e odor de produtos de frutas, estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutos, verificação de estado de maturação de frutas e escolha de embalagem.

Diversos fatores tornam imprescindível a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatibilidade, desenvolvimento de microrganismos, definição da temperatura do tratamento térmico a ser utilizada, indicação da embalagem, seleção do tipo de material de limpeza e desinfecção, definição do equipamento com o qual a indústria vai trabalhar e seleção de aditivos (CHAVES, 1993).

### **2.2.6 Sólidos solúveis (°Brix)**

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa de frutas; são, comumente, designados como °brix e apresentam tendência de aumento com o avanço da maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O valor do brix (em graus) é a correspondência entre o índice de refração e a porcentagem de sacarose em soluções aquosas p.a. a 20°C; na prática se usa a leitura refratométrica direta ou o correspondente ao grau Brix para se expressar os sólidos solúveis (CARVALHO et al., 1990).

Como o próprio nome indica, sólidos solúveis totais (SST) representam todos os constituintes solúveis da fruta, principalmente os açúcares, ácidos orgânicos e sais em determinado solvente, o qual, no caso de alimentos, é a água; os açúcares constituem a maior parte dos SST; para se quantificar os SST, pode-se utilizar um instrumento chamado refratômetro, que expressa o teor de sólidos solúveis em Graus Brix (% m/m), sendo oportuna uma correção em função da temperatura. De maneira geral e com o avanço da maturação, ocorre a evolução do teor de SST, porém, como é fortemente influenciado pelas condições edafoclimáticas e pelo manejo do pomar, ele tem sido mais usado como parâmetro de qualidade que propriamente ponto de colheita (MARTINS, 2005).

O teor de sólidos solúveis é de grande importância nos frutos, seja para o consumo "in natura" ou para o processamento industrial, visto que teores elevados desses constituintes na matéria-prima implicam em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto resultando em maior economia no processamento (PINHEIRO et al., 1984).

### **2.3 Análise Microbiológica**

A avaliação microbiológica dos alimentos é assunto de interesse, desde o início da microbiologia como ciência. Esta avaliação se constitui em um dos parâmetros mais importantes para se determinar a qualidade e a sanidade dos alimentos e é igualmente significativa para verificar se padrões e especificações microbiológicas nacionais e internacionais, estão sendo atendidas adequadamente (SILVA, 1998).

A análise microbiológica consiste na detecção e diferenciação de microrganismos (leveduras e bactérias) e sua quantificação por cultura em meio sólido (número de unidades formadoras de colônias de leveduras, de bactérias lácteas e de bactérias acéticas por ml); deste modo e ao se recorrer à análise microbiológica, é possível seguir a fermentação alcoólica e/ou maloláctica e antever situações indesejáveis de alterações microbianas facultando, desta forma, a descoberta de eventuais anomalias que possam ocorrer não apenas no produto final mas também, durante as distintas etapas da sua preparação (BRASIL, 2001).

Ao grupo de coliformes totais se incluem cerca de 20 espécies dentre as quais se encontram bactérias originárias do trato gastrintestinal de humanos e outros animais de sangue quente porém, sua presença em alimentos é considerada uma indicação útil de contaminação pós-sanitização ou pós-processo, evidenciando práticas de higiene e sanitização aquém dos padrões requeridos para o processamento de alimentos (SILVA, 1997).

Um dos grandes problemas dos alimentos ácidos, como frutas e produtos de frutas, é a presença de fungos com resistência ao tratamento térmico. A temperatura de pasteurização ou “esterilização comercial” é, para muitas frutas, efetiva na inativação de enzimas, leveduras e esporos de fungos comuns; entretanto, os fungos que produzem ascosporos são capazes de resistir a tais processamentos causando prejuízo na qualidade e riscos de segurança ao produto final (PITT e HOCKING, 1985). Devido a esses fatores, é cada vez maior a quantidade de estudos sobre ocorrência, crescimento, avaliação de deterioração e produção de metabólitos desses fungos.

Do ponto de vista de composição nutricional, as frutas são potenciais fontes de substrato para o crescimento de bactérias, bolores e leveduras mas, em função dos valores de pH usualmente verificado nas frutas, o crescimento de bactérias não é, em geral, favorecido e este fator é suficiente para explicar a ausência de bactérias usualmente verificada nas primeiras etapas de deterioração nas frutas; justifica, também, o aparecimento de bolores e leveduras que se ajustam à faixa de pH de crescimento dos agentes causadores de deterioração nas frutas (JAY, 1978).

#### **2.4 Desidratação osmótica**

O processo osmótico consiste na remoção parcial da água pelo uso da pressão osmótica, quando o produto entra em contato com uma solução concentrada de solutos. A osmose apresenta vantagem sobre as características de cor, sabor e textura, além de diminuir o escurecimento enzimático das frutas durante o processo de secagem (PANAGIOTOU, 1998).

A desidratação osmótica é um processo de remoção de água em que se usam soluções hipertônicas, que podem conter um ou mais solutos. A membrana celular trabalha como tecido semipermeável e permite a passagem mais rápida da água que do soluto (RAOULT-WACK et al., 1994).

Este processo apresentou um desenvolvimento muito grande a partir da Segunda Guerra Mundial em razão da necessidade de conservar e transportar alimentos em diferentes continentes; outro fator que influenciou este aprimoramento foi o comércio entre países, os quais os alimentos se tornaram importante moeda de troca, assim como proteção ao agricultor (FIOREZE, 2004).

O tratamento osmótico se tem apresentado como ferramenta tecnológica importante para se desenvolver novos produtos derivados de frutas, com valor agregado e propriedades funcionais (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

BRANDÃO et al. (2003) estudaram o pré-tratamento osmótico do caju em xaropes de 45, 55 e 65°brix seguido de secagem solar e obtiveram produtos com boa estabilidade referente às propriedades físico-químicas, análises microbiológicas e testes sensoriais sendo, desta forma, incluídos na categoria de alimentos elaborados, passíveis de utilização como ingredientes para sobremesas e gelados comestíveis ou consumidos diretamente.

A desidratação de frutas é um dos processos mais antigos para sua preservação; no passado, era realizado exclusivamente por processos naturais porém somente nas regiões onde as condições climáticas o permitem, destacando-se a região do Mediterrâneo na produção de uva-passa; atualmente, diversos processos artificiais são empregados e independem das condições atmosféricas (FIOREZE, 2004).

Segundo MASTRELLI et al. (2001), o uso da desidratação osmótica, combinada ou não a outros processos, tem sido efetivo na redução do colapso estrutural de frutos delicados, mesmo quando se aplicam, posteriormente, processos agressivos, como tratamento térmico.

No processo osmótico, a estrutura da parede celular dos alimentos age como se fosse uma membrana semipermeável, que não é completamente seletiva, resultando em

dois fluxos de transferência de massa em sentidos contrários: a difusão da água do alimento para a solução e a difusão do soluto (sal ou açúcar que se encontra dissolvido em água) da solução para o alimento; pode haver, ainda, uma pequena perda dos solutos naturais do alimento, como açúcares, ácidos orgânicos e minerais, entre outros, a qual pode ser desprezível do ponto de vista de transferência de massa (FAVA, 2004).

RAVINDRA e CHATTOPADHYAY (2000) observaram que, para avaliar as melhores condições para um processo de desidratação osmótica, a razão do ganho de soluto com a perda de água pode ser eficaz. Baixos valores relativos a esta razão, determinam a melhor condição de desidratação osmótica.

Em trabalho realizado por MESQUITA et al. (2002) com desidratação osmótica em pedúnculos de caju (concentração do xarope de 30°brix e proporção fruto/xarope 1:2 e 1:3 durante o transporte de massa) foram observados a perda de água, o ganho de sólidos e perda de peso durante 110 horas resultando em que o aumento da proporção fruto/xarope da solução osmótica também aumentou a taxa de transferência de água mas não influenciou significativamente a taxa de transferência de sólidos.

Segundo MAIA et al. (2002), em países como o Brasil no qual, além da grande variedade de frutas, existe ampla disponibilidade de cana-de-açúcar, o processo osmótico pode tornar-se alternativa promissora. Para as frutas, utilizam-se, em geral, soluções concentradas de sacarose, que é um açúcar abundante e barato no Brasil (FAVA, 2004).

A utilização da desidratação osmótica pode reduzir o consumo de energia, de duas a três vezes, em relação à secagem convencional, além do fato de que a solução osmótica pode ser reutilizada após a correção da concentração de solutos, razão pela qual esse método vem despertando interesse (MAIA et al., 2002).

LIMA et al. (2004) estudando as variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de melão observaram que essa cinética de desidratação é muito influenciada pela pressão do sistema e concentração da solução osmótica e, também que a desidratação osmótica como pré-tratamento a outros processos de preservação, como a secagem por ar quente, microondas e liofilização, pode ser uma boa alternativa para a redução do teor de água presente no alimento a ser preservado, podendo reduzir o tempo

total de processamento e, portanto, possibilitar a obtenção de produtos de melhor qualidade.

Em geral, a desidratação osmótica é realizada a pressão atmosférica e nas temperaturas de 20°C a 50°C para as frutas e legumes. Altas temperaturas favorecem a transferência de massa elevando a quantidade de água retirada mas se observa que em temperaturas próximas a 50°C começa a destruição da parede celular, e a textura e o sabor dos frutos são irremediavelmente prejudicados. Os produtos osmoticamente desidratados e, posteriormente, secados, quando comparados com produtos apenas secos, apresentam melhor textura, maior retenção de vitaminas, melhor sabor e estabilidade de cor. A vida de prateleira de um produto osmoticamente desidratado e seco varia de seis meses a um ano, segundo FAVA (2004).

Pedúnculos de caju processados por métodos combinados e armazenados em temperatura ambiente, confirmam que o tipo de obstáculos usados (redução da  $A_w$ , tratamento térmico brando, redução do pH, adição de ácido ascórbico, benzoato de sódio e  $SO_2$ ) e sua intensidade foram capazes de assegurar a estabilidade microbiológica do produto durante a armazenagem por 120 dias e boa aceitação sensorial (MESQUITA, 2003).

LIMA et al. (2004) estudando a estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional, observaram que eles mantiveram suas características físico-químicas com pouca variação, durante os 180 dias de armazenamento, a estabilidade microbiológica e sensorialmente além de boa aceitabilidade confirma, assim, a eficiência da metodologia empregada na elaboração dos produtos desidratados.

Comparada com outros processos de desidratação de alimentos, a característica diferencial da desidratação osmótica é a possibilidade de modificar a formulação do produto, por meio da inserção de solutos, com o propósito de se preservar os interesses nutricionais ou sensoriais; por outro lado, em certas ocasiões o tratamento osmótico pode favorecer a retenção dos pigmentos da fruta, evitar o escurecimento enzimático e fornecer produtos mais atraentes, em termos de aparência, para o consumo (KROKIDA et al., 2000); neste sentido, o pré-tratamento osmótico pode melhorar aspectos nutricionais,

sensoriais e funcionais em alimentos, sem comprometer sua integridade, sendo efetivo mesmo em temperatura ambiente, de maneira que o dano térmico à textura, cor e aroma do alimento, é minimizado (TORREGIANI, 1993).

## **2.5 Secagem**

Segundo FIOREZE (2004), secagem é a remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material, envolvendo exclusivamente a transferência de calor e massa. A secagem é utilizada, sobretudo, quando o processo envolve a transferência de calor do ambiente para o produto, a evaporação da água líquida contida no produto e sua retirada na forma de vapor, em convecção natural ou forçada.

ROSSI e ROA (1980) afirmam que a secagem de produtos agrícolas consiste em, logo após seu amadurecimento fisiológico, se remover grande parte da água inicialmente contida no produto, a um nível máximo de umidade no qual possa ser armazenado em condições ambientais durante longos períodos, em geral durante mais de três anos, sem perda de suas propriedades nutricionais e organolépticas (sabor e aroma); tal efeito é conseguido pela criação de condições desfavoráveis ao desenvolvimento de microrganismos no produto e pela quase total eliminação de suas atividades metabólicas.

A secagem pode ser entendida, em linhas gerais, como sendo o processo promotor do deslocamento de determinada quantidade de água, segundo as diferenças de potencial hídrico existentes, de um sistema para outro; assim, ao se tratar tecnologicamente de secagem de frutas, grãos ou sementes subtende-se esta massa biológica como sistema doador de água e a atmosfera como receptor (SILVA, 1995).

Conforme FIOREZE (2004) e apesar da secagem ser usada há milênios na conservação de produtos biológicos, isto acontecia no passado, de forma empírica, sem se levar em consideração as diversas variáveis envolvidas no processo. A secagem é um processo que aparenta ser relativamente simples mas o seu entendimento é relativamente complexo.



A secagem pode ser realizada de forma natural, ou seja, aquela em que o ar que promove a secagem do produto, provém da ação dos ventos e a energia utilizada emana da incidência direta da energia solar ou artificial, que consiste em se submeter o produto à ação de uma corrente de ar, sob condições controladas de temperatura, umidade, velocidade e direção do fluxo de ar constante (PUZZI, 1977).

Durante muito tempo o tradicional método de secagem na agricultura era deixar o produto no campo, sob a ação do sol e do vento, para perder parte de sua umidade. Conforme o tempo foi passando e com os conhecimentos adquiridos pela experiência, os artesãos se foram tornando cada vez mais capazes de lidar com secagem e armazenamento de alimentos; atualmente, esses assuntos são objeto de estudos em muitos centros de pesquisa e universidades em todo o mundo, em um processo contínuo de descobertas de novas metodologias de otimização da economia e qualidade do produto (FIOREZE, 2004).

A secagem artificial é uma operação relativamente cara; entretanto, apresenta uma série de vantagens com relação à secagem natural, como independência das condições climáticas, possibilidade de se estabelecer um programa de operação com mais facilidade; além disso, diminui o risco de deterioração dos alimentos em função do tempo de secagem ser menor (SOUSA, 1999).

Em virtude da complexidade das equações, muitos pesquisadores têm utilizado o método empírico para estudar a secagem de produtos biológicos; este método consiste em formar grupos fixos adimensionais, que podem ser facilmente investigados em laboratório através de experimentos e se baseia nas condições externas, como temperatura, umidade e velocidade do ar de secagem porém não fornece indicações sobre o transporte de energia nem de umidade do interior dos produtos (SILVA, 1985).

Dois dos principais fatores que governam a secagem são: a retirada de umidade da superfície do produto, que é função tanto da área do produto em exposição ao ar como da capacidade do ar de retirar a água da superfície, e a migração de umidade do interior à superfície do produto (FIOREZE, 2004).

A secagem de frutas como alternativa para a obtenção de produtos mais nobres, através da desidratação, como frutas desidratadas ou passas, é um processo muito antigo,

porém pouco conhecido. No Brasil, o mercado de frutas na forma de passas ou cristalizadas, ainda depende quase que exclusivamente de produtos importados (FAVA, 2004).

À quantidade de água contida no grão, semente ou fruto se chama teor de água, o qual é dado em percentagem (%), podendo ser expresso em base úmida ( $T_{abu}$ ) nas operações comerciais e nas unidades de beneficiamento e em base seca ( $T_{abs}$ ), nos estudos de pesquisa (OLIVEIRA, 2000).

$$X_{bu} = \frac{Pa}{(Pa + Pms)} * 100 \quad (01)$$

$$X_{bs} = \frac{Pa}{Pms} * 100 \quad (02)$$

em que:

X<sub>bu</sub>: teor de água referente à base úmida

X<sub>bs</sub>: teor de água referente à base seca

Pa: massa de água

Ps: matéria seca

### 2.5.1 - Secagem em camada estacionária e delgada

A denominação secagem em camada estacionária é dada quando não há movimentação do produto durante a secagem. Existem outros termos referentes a este tipo de secagem, como secagem em leito fixo ou secagem em lote (CAVALCANTI MATA, 1997).

De acordo com MAGALHÃES e CORTEZ (1993), os secadores de leito fixo são aqueles em que o produto permanece estático durante a secagem enquanto o ar aquecido é forçado a passar pelo produto. Esses secadores têm baixo custo de implantação e a vantagem de serem muito versáteis, já que são utilizados na secagem de diferentes produtos como grãos, sementes e frutas, dentre outros.

Na secagem em camada fixa o produto permanece em um compartimento de fundo perfurado, por onde passa o ar de secagem, insuflado por um ventilador; além deste, o secador é constituído de uma câmara para distribuição uniforme do ar (plenum), câmara de secagem e uma fonte de aquecimento do ar (SILVA, 1995).

Pode-se encontrar, na literatura, um grande número de equações para representar a secagem de uma camada delgada. A equação de PAGE (1949) é uma das mais utilizadas e, muitas vezes, apresenta os parâmetros “a” e “b” em função de outras variáveis. Em todos os modelos as umidades dos produtos estão em base seca. A maioria das equações de camadas delgadas apresenta a razão de umidade, MR, como função do tempo. Thompson et al. apresentaram um modelo em que colocaram o tempo em função da razão de umidade do produto, na forma de uma exponencial de segunda ordem (FIOREZZE, 2004).

## **2.6 Modelos matemáticos de secagem**

Inúmeros estudos vêm sendo conduzidos para se analisar o fenômeno de transferência de calor e massa durante o processo de secagem. Diversos autores consideram as condições externas do ar sobre o processo, enquanto outros levar em conta as condições internas do produto, com ênfase aos mecanismos de movimento de umidade e seus efeitos sobre o mesmo. Em razão de sua grande importância, propõem-se vários modelos matemáticos com o objetivo de descrever a redução de umidade durante a secagem de sólidos; contudo, são escassos os trabalhos que incorporam os fenômenos simultâneos de transporte de calor e massa, em uma abordagem concentrada (modelos empíricos e semi-empíricos) (LIMA et al., 2003).

Existem métodos empíricos, teóricos e semi-teóricos para descrever o processo de secagem; o método empírico é utilizado para análises de secagem através de dados experimentais que podem ser determinados em laboratório e na utilização da análise adimensional; este método se baseia em geral nas condições externas de secagem, não fornecendo indicações sobre o transporte de energia e massa no interior do produto, muito embora forneça informações para elaboração de projetos (FORTES e OKOS, 1980).

### 2.6.1 Modelos teóricos

A secagem de alimentos é analisada através de curvas de secagem apresentadas na forma de umidade normalizada ( $X / X_o$ ) em função do tempo, da taxa de secagem; (N) em função da umidade absoluta (X) e da relação água livre,  $RX = (X - X_e)/(X_o - X_e)$  em função do tempo (SOUSA, 1999).

Segundo CRANK (1975), a principal teoria utilizada para interpretar a secagem de alimentos e de produtos agrícolas é a teoria da difusão de umidade, como líquido ou vapor, representado pela Segunda Lei de Fick.

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{ap} \nabla U) \quad (03)$$

sendo:

X: teor de água do produto, decimal, base seca

t: tempo de secagem, s

$D_{ap}$ : coeficiente de difusão aparente ou efetivo,  $m^2 \cdot S^{-1}$

A teoria da difusão líquida ou Segunda Lei de Fick, é quase sempre preferida por diversos pesquisadores de produtos agrícolas, uma vez que estabelece a difusão de água, em termos do gradiente de concentração (CAVALCANTI MATA, 1997 e GOUVEIA, 1999).

CRANCK (1975) apresentou diversas soluções analíticas em forma de série para a equação de difusão, considerando diferentes condições iniciais e de contorno, além de casos em que a difusividade pode variar de forma linear ou exponencial com a concentração de umidade; tratando-se de um fenômeno de migração complexo, trabalha-se com a difusividade aparente que engloba todos os efeitos que podem intervir neste fenômeno, porém essas soluções se aplicam a sólidos de formas geométricas simples e constantes, ao longo do processo.

A secagem de materiais homogêneos, segundo a teoria de difusão de líquido, pode ser explicada pela equação:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D \cdot \left( \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{c}{r} \cdot \frac{\partial X}{\partial r} \right) \quad (04)$$

sendo:

X: teor de água do produto, decimal, base seca

C: 0, para corpos planos, 1 para corpos cilíndricos e 2 para corpos esféricos

r: distância radial ou espessura, m

t: tempo, s

D: coeficiente de difusão,  $m^2 \cdot S^{-1}$

Soluções analíticas da Equação 4 podem ser obtidas para diversas formas geométricas.

Considerando-se um sólido cuja forma seja uma esfera homogênea, de difusividade constante e cuja superfície entre em equilíbrio imediatamente com o ar de secagem e o efeito do gradiente de temperatura dentro da partícula seja desprezível, tem-se a seguinte solução analítica (CRANCK, 1975):

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \cdot \exp \left[ n^2 \cdot \frac{\pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right] \quad (05)$$

em que:

RX: razão de água, adimensional

X: teor de água do produto, decimal, base seca

Xe: teor de água de equilíbrio, decimal, base seca

Xo: teor de água inicial, decimal, base seca

D: coeficiente de difusão,  $m^2/h$

t: tempo, h

$r_e$ : raio da esfera de igual volume da fruta, mm

Apesar da complexidade dos mecanismos de migração de água, encontrou-se que a Lei de Fick pode prever, com razoável precisão, o tempo médio de secagem, a distribuição da água interna e a temperatura da amostra durante a desidratação de açúcar de beterraba (VACAREZZA et al.,1974).

Embora se tenha obtido excelentes ajustes aos dados experimentais, usando-se a equação da difusão, é improvável que muitas dessas considerações sejam válidas; diferentes pesquisadores concordam que o coeficiente de difusão não é constante mas, sim, uma função do teor de água (SINGH et al.,1981).

GABAS (1998) enfoca que a migração de água em sólidos pode ser representada pela Segunda Lei de Fick, Equação 3. Para alimentos com alto teor de água (uva, caqui, ameixa e caju), a variação do volume é grande, razão pela qual as soluções analíticas desta mesma equação que não levam em consideração o encolhimento, não podem ser aplicadas.

### 2.6.2 – Modelos semi-teóricos

Segundo PARRY (1985), alguns modelos semi-teóricos são baseados na teoria da difusão, assumindo que a resistência ocorre em uma camada fina na superfície da partícula; portanto, um outro modelo alternativo para analisar dados de secagem é um modelo análogo à Lei de Resfriamento de Newton na Transferência de Calor; este modelo estabelece que a taxa de secagem seja proporcional ao teor de água livre.

$$\frac{\partial X}{\partial t} = -k(X - X_e) \quad (06)$$

em que:

X: teor de água do produto, decimal, base seca

$X_e$ : teor de água de equilíbrio, base seca

K: constante de secagem

t: tempo, h

O modelo assume que a resistência à difusão ocorre na camada limite. Integrando-se a Equação 6, tem-se:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp(-kt) \quad (07)$$

sendo:

RX: razão de água, adimensional

X: teor de água do produto, decimal, base seca

X<sub>e</sub>: teor de água de equilíbrio, decimal, base seca

X<sub>o</sub>: teor de água inicial, decimal, base seca

K: constante de secagem

t: tempo, h

A expressão é, comumente, chamada modelo exponencial ou logaritmo e tem sido usada como base para modelar a taxa de secagem de produtos agrícolas, sobretudo grãos.

Segundo BROOKER et al. (1992), este modelo é o que melhor se tem adequado para representar a curva de secagem em camada delgada. Diversos autores ajustaram dados de secagem de milho, através da equação de Page.

Outros autores determinam que “k”, durante a secagem de grãos, é função da temperatura absoluta desses produtos mas muitos determinam que “k” depende da umidade e da temperatura de secagem (CHIANG e PERTERSEN, 1985).

Os autores observaram, ainda, que o parâmetro “n” da equação foi encontrado como sendo função de umidade do ar e do teor de umidade inicial do grão. O “n” pode ser considerado fator de modificação para a variável tempo, que reflete a extensão da resistência interna para a secagem do grão em um conjunto de condições externas, isto é, “k” representa os efeitos das condições externas e “n” reflete a resistência interna à secagem, devido à maneira como ditas condições externas foram impostas (MISRA e BROOKER, 1980).

### 2.6.3 - Modelos semi-empíricos

Uma modificação importante do modelo exponencial na forma integrada a dois e três parâmetros que apresentam bons resultados experimentais, é:

$$\frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \alpha \cdot \exp(-kt) \quad (08)$$

onde:

X: teor de água do produto, decimal, base seca

X<sub>e</sub>: teor de água de equilíbrio, decimal, base seca

X<sub>o</sub>: teor de água inicial, decimal, base seca

t: tempo, h

K: coeficiente do modelo

α: coeficiente do modelo

Esta equação é similar ao modelo de Fick para tempos de secagem longos, quando apenas o primeiro termo da solução em série for significativo, e tem sido objeto de interesse de pesquisas de vários autores (MAZZA e LE MAGUER, 1980).

Outra forma modificada do modelo exponencial de secagem e que também tem sido bastante usada nos estudos de secagem de uma variedade de alimentos, é a equação conhecida como modelo de Page (PAGE, 1949).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp(-kt^n) \quad (09)$$

em que:

X: teor de água do produto, decimal, base seca

X<sub>e</sub>: teor de água de equilíbrio, decimal, base seca

X<sub>o</sub>: teor de água inicial, decimal, base seca

K, n: parâmetros de secagem



t: tempo, h

Diversos autores ajustaram dados de secagem de milho através da equação de Page e constataram que o parâmetro “n” da equação foi encontrado como sendo uma função da umidade do ar e do teor de água inicial do grão; “n” pode ser considerado fator de modificação para a variável tempo, que reflete a extensão da resistência interna para a secagem no grão, em determinado conjunto de condições externas, ou seja, K representa os efeitos das condições externas e “n” reflete a resistência interna à secagem em virtude da maneira a que essas condições externas foram impostas (PARTI e DUGMANICS, 1990).

## **2.7 Análise sensorial**

Os requisitos de qualidade de um produto hortícola são agrupados em categorias (Tabela 2) devendo ser considerados em conjunto, não só para satisfazer a necessidade do consumidor mas também, para proteção da saúde pública. Tem importância variada, de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização, ou seja, desde o produtor até o consumidor. Os consumidores dão prioridade à aparência, rendimento de produção e resistência às doenças. Os distribuidores e comerciantes também têm aparência como atributo mais importante, com ênfase aos atributos sensoriais, ao passo que os industriais valorizam o rendimento da matéria prima, a cor, o “flavor”, a textura, o valor nutricional e a segurança (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

**TABELA 2** – Atributos de qualidade para frutas e hortaliças.

<b>Atributos</b>	<b>Componentes</b>
<b>Sensoriais</b>	
Aparência	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tamanho: dimensões, peso, volume</li> <li>➤ Forma: diâmetro, longitudinal x transversal, uniformidade</li> <li>➤ Cor: intensidade e uniformidade</li> <li>➤ Brilho: lustre, aparência externa</li> <li>➤ Defeitos: externos e internos (morfológicos, físicos x mecânicos, fisiológicos, patológicos, entomológicos)</li> </ul>
Textura	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Firmeza, dureza, maciez, fragilidade, suculência, granulidade, resistência e fibrosidade</li> </ul>
“Flavor” (sabor a aroma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Doçura, acidez, adstringência, amargor, aroma (voláteis), sabores e odores estranhos</li> </ul>
<b>Rendimento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Relação entre a casca: polpa: caroço</li> <li>➤ Volume de suco, número de sementes (laranja)</li> <li>➤ Índice tecnológico (suco: sólidos solúveis)</li> </ul>
<b>Valor nutritivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais</li> </ul>
<b>Segurança</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Substâncias tóxicas naturais, contaminantes (resíduos, metais), micotoxinas, microrganismos patogênicos ao homem</li> </ul>

Fonte: CHITARRA E CHITARRA, 2005

Segundo o Institute of Food Science and Technology (1995), a análise sensorial é usada para provocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos e materiais, tal como são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

A análise sensorial é, hoje, uma técnica desenvolvida com seus métodos aplicados em indústrias de produtos de consumo de várias áreas. A competição entre indústrias por parcelas de mercado, leva à necessidade de aperfeiçoamento da qualidade de seus produtos. As técnicas da análise têm grande aplicação neste processo (CHAVES e SPROESSER, 1996).

Os métodos sensoriais podem ser classificados em:

- Teste analítico: teste de diferença (teste de escolha forçada, teste de comparação múltipla, sensibilidade, ordenação, grau de diferença);
- teste descritivo (perfil de sabor, perfil de textura, análise descritiva quantitativa): análise espectrum, técnica tempo intensidade, avaliação de atributos;
- teste de aceitação e de consumidor: teste de preferência (preferência pareada, ordenação de preferência, pareado múltiplo ou ordenação múltipla);
- teste de aceitação, escala hedônica escala de ideal, escala de atributo, diagnóstico e de escalas de intensidade e hedônica (IFT Sensory, 1995).

Os atributos de qualidade dizem respeito à aparência, sabor, odor, textura, valor nutritivo e segurança dos produtos e têm importância variada de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização. Os produtores dão prioridade à aparência, os geneticistas à resistência a doenças, os comerciantes à aparência, enfatizando a firmeza e boa capacidade de armazenamento e os consumidores visam também a aparência e as características sensoriais. Esses atributos de qualidade devem ser considerados em conjunto (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Grande parte dos alimentos está sujeita a processos de aquecimento não só para melhorar ou obter características de aroma, sabor e textura mas também, eliminar microrganismos contaminantes do produto (NEVES, 1991).

Frutos frescos são oportunos na dieta humana, não apenas do ponto de vista nutricional mas também, pelo sabor, aroma, textura e aparência, visto que promovem uma valiosa satisfação psicológica e estética durante seu consumo (CARVALHO FILHO, 2000).

### **2.7.1 Aparência e cor**

A aparência é o fator de qualidade de maior importância do ponto de vista da comercialização; é avaliada por diferentes atributos, tais como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A cor é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor; os produtos de coloração forte e brilhante são os preferidos, embora na maioria dos casos a cor não se correlacione com o valor nutritivo nem com a qualidade comestível do produto (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Segundo BOBBIO e BOBBIO (1992), a aparência de um alimento concorre grandemente para sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto nos naturais quanto nos processados.

Quando um consumidor entra em contato com o alimento, a cor e a aparência são as duas primeiras sensações que o atingem e é o que o levará à aceitação, indiferença ou rejeição; além disso, essas sensações o induzirão a esperar um sabor correspondente haja vista que cada vez em que ele está diante de determinada imagem, o homem se recordará de tudo o que aprendeu sobre aquele alimento em particular; assim, por exemplo, muitas pessoas são incapazes de identificar o sabor de uma bebida incolor (TEIXEIRA et al., 1987).

### **2.7.2 “Flavor” (Sabor e aroma)**

A palavra “flavor”, em inglês, é utilizada para designar o conjunto de características do paladar (doce, ácido, salgado e amargo) e do olfato (percepção da fragrância de numerosas substâncias voláteis) dos alimentos, não havendo similar em português, uma vez que gosto, sabor e paladar, são utilizados como sinônimos e não refletem as características do odor nem aroma (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A textura está relacionada com o “flavor”; é uma combinação de sensações derivadas dos lábios, língua, mucosas da boca, dentes e, mesmo, do ouvido. As principais sensações de dureza, maciez, fibrosidade, suculência, granulosidade, resistência e elasticidade, caracterizam a textura (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

O “flavor” (sabor e aroma) corresponde à percepção da combinação entre doçura, acidez e adstringência em conjunto com a percepção do aroma, devido à presença de compostos voláteis (CHITARRA, 1998).

O sabor e o aroma da maioria das frutas tropicais são excepcionalmente prazerosos e fortes mas tendem a se alterar ou diminuir durante tratamento a quente e estocagem. Os caju tem excelente cor que varia do amarelo ao vermelho (MEGALE, 2002).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento da Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande-PB.

Utilizam-se caju em avançado estágio de maturação, obtidos junto aos produtores rurais do litoral paraibano.

A metodologia para obtenção do caju-passa consiste em se desenvolver as etapas contidas no fluxograma da Figura 2.

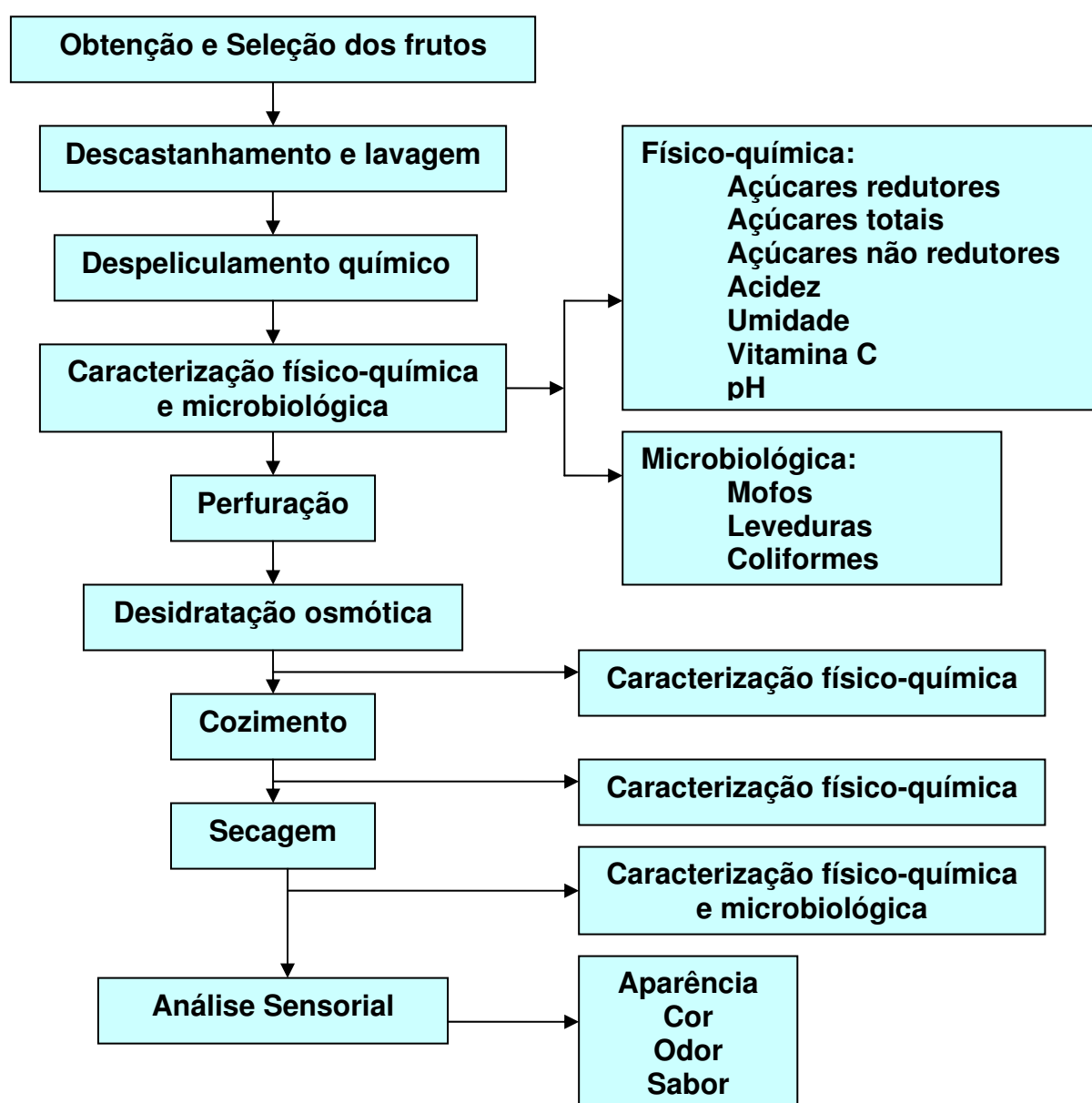


Figura 02 – Fluxograma das etapas do procedimento experimental

Os frutos foram caracterizados quanto a: carboidratos (açúcares redutores, total e não redutores), acidez total, umidade, vitamina C, pH e sólidos solúveis totais (°Brix); *microbiologicamente*: coliformes, mofos e leveduras; *sensorialmente*: aparência, cor, aroma e sabor.

### **3.1 Características físico-químicas**

#### **3.1.1 Carboidratos (redutores, totais e não redutores)**

Foram determinados de acordo com o método proposto pelo AOAC (1997). O método utilizado se baseou na redução de íons de cobre bivalente, em meio básico, pelos açúcares redutores. Os resultados foram expressos em percentagem de glicose (p/p).

#### **3.1.2 Acidez total titulável**

A acidez total titulável foi definida pelo método acidimétrico utilizando-se uma solução tampão padronizada de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

#### **3.1.3 Umidade**

Estabeleceu-se a umidade do caju “in natura”, desidratado osmoticamente, cozido e após a secagem, de acordo com os métodos descritos pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

#### **3.1.4 Vitamina C**

Fez-se a determinação do ácido ascórbico através do método do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

### **3.1.5 pH**

O pH se deu pelo método potenciométrico, calibrando-se o potenciômetro através das soluções tampão (pH 4,0 e 7,0) a 20°C.

### **3.1.6 Sólidos solúveis totais (°Brix)**

Foram determinados através do refratômetro de bancada, com correção de temperatura por meio de tabela proposta pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

## **3.2 – Análise Microbiológica**

A análise microbiológica foi realizada nos cajus “in natura” e secos.

Para a realização dos ensaios microbiológicos seguiram-se as diretrizes gerais da RDC nº. 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA). O método utilizado para coliformes foi o de número mais provável (NMP) e, para mofos e leveduras, foi o Pour plate em DBA (Ágar Batata Dextrose) segundo o Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos (SILVA, 1997).

## **3.3 – Etapas do processamento**

### **3.3.1 Seleção**

Os pseudofrutos foram selecionados conforme seu grau de maturação e integridade. Na elaboração de caju-passa, o fator aparência não possui muita importância porque o produto final é, normalmente, escuro e apresenta formato muito diferente do inicial.



### **3.3.2 Descastanhamento e lavagem**

A separação da castanha do pseudofruto foi executada manualmente, exercendo-se uma leve torção do fruto e estes foram lavados em água clorada (50ppm de cloro ativo/15 minutos).

### **3.3.3 Despeliculamento químico**

Realizou-se o despeliculamento químico com solução de hidróxido de sódio a 2% a quente, seguido de enxágüe com água corrente e neutralizado com ácido cítrico a 1%.



**Figura 03** – Etapas do despeliculamento químico

### **3.3.4 Perfuração dos pseudofrutos**

Os pseudofrutos foram perfurados com garfo para facilitar a saída de água e incorporação do soluto.

### **3.3.5 Desidratação osmótica**

Os frutos foram colocados em xarope, nas concentrações de 50, 60 e 70°Brix para incorporação de açúcar. Prepararam-se os xaropes osmóticos utilizando-se açúcar cristalizado adquirido em mercado local, na proporção produto: solução de 1:4. Os conservantes químicos adicionados foram: ácido cítrico de grau alimentício (monoidratado) fabricado pela FERMENTA LTDA-SP, para corrigir o pH, e metabisulfito de sódio, de grau alimentício (98%), fabricado pela LIQUID QUÍMICA

S.A. – Liquid Carbonic, para estabilização do produto final. Os xaropes de sacarose foram preparados por meio de adição de açúcar à água até atingir o teor de sólidos solúveis desejado sob aquecimento, para facilitar a dissolução; em seguida, foram adicionaram-se-lhes ácido cítrico (quantidade necessária para se atingir pH igual a 3,0) e metabissulfito de sódio (concentração de 0,5 ppm).

Acompanhou-se o teor de água e a matéria seca periodicamente, em intervalos de 0, 15, 45, 90, 150, 240, 480, 960, 1680 e 2400 minutos, totalizando 43 horas de osmose.

✓ **Perda de água**

Três cajus devidamente identificados eram retirados da solução e, com ajuda de um garfo, os frutos eram balançados 10 vezes para realizar uma limpeza do excesso de solução e, em seguida, procedia-se à pesagem em balança modelo PC 440 com precisão de 0,001g.

✓ **Ganho de Sóluto**

Acompanhou-se o ganho de soluto determinando-se a matéria seca. Amostras de caju eram retiradas nos intervalos estabelecidos e, em seguida, levadas para estufa até peso constante.

### **3.3.6 Cozimento**

O cozimento a 80°C foi realizado em fogão a gás, com leve e permanente agitação, para manter a uniformidade durante o cozimento preservando, assim, a integridade do fruto; esta agitação foi feita manualmente e o cozimento realizado no próprio xarope em fogo brando, durante 60 minutos.

### **3.3.7 Secagem**

Após a cocção, os cajus foram colocados no secador de bandeja, com circulação de ar para realização de secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. A

temperatura de secagem foi amena para evitar o enrijecimento da passa. O ponto final de secagem foi definido pelo teor de água final prevista para o caju-passa, em torno de 10%. Para este fim, usou-se um desidratador de frutas, **Polidryer PD-25**(Figura 04).



**Figura 04:** Secador de bandejas Polidryer PD-25

Antes do início da secagem se determinou o teor de água inicial do caju, de acordo com A.O.A.C. (1997), que constitui em se submeter amostras do caju em estufa, a temperatura de 105°C +/-2°C durante 72 horas para permitir a retirada total da água.

A fórmula utilizada para determinação do teor de água inicial foi:

$$X_{bu}(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \quad (12)$$

em que:

P<sub>i</sub>: peso inicial, em gramas

P<sub>f</sub>: peso final, em gramas

Determinado o teor de água inicial dos cajus, usou-se a seguinte fórmula para acompanhar a umidade do produto no processo de secagem, através da variação de peso como parâmetro de determinação:

$$Xbu = \frac{H_2O_{inicial} - \Delta P}{(H_2O_{inicial} - \Delta P) + MS} \quad (13)$$

em que:

Xbu: teor de água em base úmida

$\Delta P$ : variação de peso (usa-se, como referência, o peso inicial)

MS: matéria seca

$H_2O_{inicial}$ : água inicial

Para determinação do teor de água em base seca, usou-se a seguinte fórmula:

$$Xbs = \frac{Xbu}{(1 - Xbu)} \quad (14)$$

onde:

Xbs: teor de água em base seca

Xbu: teor de água em base úmida

Para determinação da razão do teor de água buscou-se a seguinte fórmula:

$$RX = \frac{Xbs - Xe}{Xbs_{inicial} - Xe} \quad (15)$$

em que:

RX: razão do teor de água (adimensional)

Xe: teor de água de equilíbrio em base seca

Xbs: teor de água em base seca

Xbs (inicial): teor de água inicial em base seca

Conhecendo-se o teor de água inicial dos frutos, a secagem foi acompanhada da perda de peso com relação ao tempo, utilizando-se uma balança analítica modelo METLER PC 440, com precisão de 0.001g.

Com os dados experimentais de secagem do caju em camada fina em secador de bandeja, testaram-se cinco equações, que representam o fenômeno. Na Tabela 03 se encontram as equações utilizadas neste trabalho.

As constantes de secagem das equações propostas por Page, Cavalcanti Mata e os coeficientes de difusão de Fick utilizando-se 1, 2 e 3 termos da série foram obtidos por análises de regressão não linear através do método numérico de Rosenbrock quase newton e quase newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 7.0.

**Tabela 03:** Equações testadas para representar a secagem de caju nas temperaturas de 50, 60 e 70°C

Item	Equação	Autores
01	$RX = \exp(-k t^n)$	PAGE
02	$RX = a_1 \exp(-a_2 t^{a_3}) + a_4 \exp(-a_2 t^{a_5}) + a_6$	CAVALCANTI MATA (2004)
03	$RX = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp\left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right]$	FICK com um termo da série
04	$RX = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp\left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp\left[\frac{2^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right]$	FICK com dois termos da série
05	$RX = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp\left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp\left[\frac{2^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{3^2} \cdot \exp\left[\frac{3^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right]$	FICK com três termos da série

### **3.4 Análise sensorial**

Realizou-se a avaliação sensorial das passas de caju elaboradas segundo tratamento osmótico em soluções de sacarose, nas concentrações de 50 °Brix, 60 °Brix e 70 °Brix, seguidas de secagem em secador de bandejas, nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C; foram avaliados os atributos aparência geral, cor, aromar e sabor das passas de caju; a escolha desses atributos para avaliação foi tomada com base no fato de constituírem os atributos de primeira impressão, que detêm grande influência no consumo de produtos alimentícios (MORI, 1982).

Nos testes sensoriais utilizou-se uma equipe de 35 avaliadores não treinados, dos sexos feminino e masculino, com idades entre 18 e 50 anos, representantes de camadas sociais diferentes, os quais foram recrutados dentro da comunidade universitária (alunos, funcionários e professores). Os degustadores recrutados receberam breve esclarecimento de como deviam proceder em suas avaliações. Os julgadores analisaram as amostras pelo teste de avaliação de atributos, utilizando uma escala de intervalo estruturada de 1 a 9 em que, para os atributos aparência geral, cor, aroma e sabor, o valor 1 se referia a condição péssima, nada característico à passa de caju, e o valor 9 correspondia a ótimo, totalmente característico à passa de caju (Figura 05).

Para execução dos testes, as amostras foram apresentadas aos julgadores todas de cada vez, em pratinhos descartáveis de cor branca, codificados com números de três dígitos aleatórios; cada amostra se constituía de uma metade da passa de caju, a temperatura ambiente (ISO 5497, 1982); juntamente com a passa, foram servidos biscoito água e sal e, também, água mineral. Os degustadores foram instruídos a fazer uma pausa entre uma análise e outra, servindo-se desses dois produtos no sentido de minimizar os efeitos do sabor residual deixado na boca, pela prova anterior.

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Você esta recebendo uma amostra de PASSA DE CAJU para avaliar quanto aos atributos sensoriais contidos na tabela abaixo. Escreva o código da amostra e indique usando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da amostra.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Não gostei, nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

\_\_\_\_\_

**CÓDIGO DA AMOSTRA = \_\_\_\_\_**

<b>ATRIBUTO</b>	<b>VALOR CONFORME ESCALA</b>
Aparência Geral	
Cor	
Aroma	
Sabor	

**Figura 05** – Modelo de formulário utilizado para análise dos atributos sensoriais.

### **3.5 Análise estatística**

O delineamento experimental empregado para a caracterização físico-química do caju em cada fase do processamento foi o inteiramente casualizado com 16 tratamentos e com três repetições (T1 - “in natura”, T2 - após osmose em 50 °Brix, T3 – após osmose em 60 °Brix, T4 – após osmose em 70 °Brix, T5 - após cozimento em 50 °Brix, T6 – após cozimento em 60 °Brix, T7 – após cozimento em 70 °Brix, T8 - secados a 50°C em 50°Brix, T9 – secados à 50°C em 60°Brix, T10 – secados à 50°C em 70°Brix, T11 - secados à 60°C em 50°Brix, T12 – secados à 60°C em 60°Brix, T13 – secados à 60°C em 70°Brix, T14 - secados à 70°C em 50°Brix, T15 – secados à 70°C em 60°Brix, T16 – secados à 70°C em 70°Brix). Realizaram-se a análise de variância e o teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a nível de 1 e 5% utilizando-se o programa computacional Assistat, versão 7.3 Beta.

Todos os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), segundo tratamento fatorial, com 3 fatores (concentração- com 3 diferentes °Brixes; Temperatura de secagens – 3 temperaturas; atributos sensoriais – 4 atributos). Os valores que mostraram diferença significativa de médias foram complementados com o teste de Tukey a nível de 5% ( $p = 0,05$ ) ou de 1% ( $p=0,01$ ) de probabilidade, usando-se o programa Assistat Versão 7.3 Beta.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização físico-química

Os valores médios da caracterização inicial dos cajus “*in natura*” se encontram na Tabela 04.

**Tabela 04** – Valores médios das características físico-químicas do caju “*in natura*”, Campina Grande, PB, 2006

Caju " <i>in natura</i> "	
Açúcares redutores (%glicose)	6,35
Açúcares totais (%)	10,17
Açúcares não redutores	3,81
Acidez total (%ácido cítrico)	1,11
Umidade (%)	83,52
Vitamina C (mg/100g)	125,45
pH	4,07
Sólidos Solúveis (°Brix)	11,67

Os valores médios dos açúcares redutores dos cajus “*in natura*” encontrados neste estudo foram inferiores aos obtidos por BRANDÃO et al. (2003) de 8,1 (% glicose) e por SOUZA FILHO (1999) de 9,15%, porém superiores quanto aos açúcares totais que foram 8,7%, e se equipara quanto aos açúcares não redutores quando comparados por BRANDÃO et al. (2003).

Esses autores encontraram, ainda, uma acidez total de 0,47%, valor este 58% menor ao aqui obtido.

MESQUITA et al. (2002) encontraram um teor de água inicial do caju superior, ou seja, com 86%.

O teor de vitamina C foi superior ao encontrado por BRANDÃO et al. (2003) e, ligeiramente inferior ao de SOUZA FILHO (1999) que foram de 112,1 e 126,57, respectivamente.

O valor do pH foi superior ao obtido por BRANDÃO et al. (2003) com o valor de 4,01 e inferior ao obtido por SOUZA FILHO (1999) que foi de 4,32.

O sólido solúvel encontrado por MESQUITA et al. (2002) foi de 13°Brix, valor este superior ao do caju utilizado nesta pesquisa, enquanto que SOUZA FILHO (1999) e BRANDÃO et al. (2003) encontraram valores inferiores, ou seja, de 10,60°Brix e 9,8°Brix, respectivamente.

Os resultados da análise de variância da caracterização físico-química do caju após cada etapa do processamento se acham na Tabela 05.

**Tabela 05** - Análise de variância das características físico-químicas do caju, Campina Grande, PB, 2006

<b>QUADRADO MÉDIO</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Açúcares redutores</b>	<b>Açúcares totais</b>	<b>Açúcares não redutores</b>	<b>Acidez</b>
Tratamentos	15	428,29**	1177,59**	419,17**	13,32**
Resíduo	32	0,36	5,34	6,52	0,031
Total	47	-----	-----	-----	-----
CV(%)		2,41	5,43	13,61	5,02

<b>QUADRADO MÉDIO</b>					
		<b>Teor de água</b>	<b>Vitamina C</b>	<b>pH</b>	<b>°Brix</b>
Tratamentos	15	2744,27**	1501,97**	0,278**	896,37**
Resíduo	32	1,46	7,15	0,025	3,05
Total	47	-----	-----	-----	-----
CV(%)		3,65	2,63	4,35	3,93

\*\* Significativo a nível de 1% de probabilidade

\* Significativo a nível de 5% pelo teste de Tukey

ns Não significativo

Conforme se observa na Tabela 05, houve diferença significativa entre os valores médios de todos os parâmetros físico-químicos analisados para o caju após cada etapa do processamento.

#### 4.1.1 – Açúcares redutores

Na Tabela 06 se encontram os resultados da comparação entre os valores médios dos açúcares redutores do caju após cada etapa do processamento.

**Tabelas 06** – Valores médios dos açúcares redutores do caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	Açúcares redutores (% glicose)
In natura	6,35
Após osmose 50°Brix	11,68 j
Após osmose 60°Brix	14,54 hi
Após osmose 70°Brix	16,02 h
Após cozimento 50°Brix	13,42 ij
Após cozimento 60°Brix	15,56 h
Após cozimento 70°Brix	18,78 g
Seco 50°Brix 50°C	20,26 g
Seco 60°Brix 50°C	22,83 f
Seco 70°Brix 50°C	27,09 e
Seco 50°Brix 60°C	32,52 d
Seco 60°Brix 60°C	36,17 c
Seco 70°Brix 60°C	38,20 b
Seco 50°Brix 70°C	38,72 b
Seco 60°Brix 70°C	41,34 a
Seco 70°Brix 70°C	42,96 a
MG	24,78
DMS	1,81

Observa-se na análise de variância (Tabela 05) variação significativa ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os tratamentos.

Nota-se na Tabela 06 uma concentração desses açúcares havendo, porém, estabilidade entre alguns tratamentos. Os caju secos à 70°C com 70 e 60°Brix foram os que apresentaram os maiores valores de açúcares redutores respectivamente, seguidos dos secos a 70°C com 50°Brix e a 60°C com 70°Brix que foram iguais estatisticamente. O

tratamento que obteve valor mais baixo foi o “in natura”, seguido dos desidratados osmoticamente e os cozidos com 50 °Brix.

BRANDÃO et al. (2003) verificaram comportamento semelhante ao encontrado neste trabalho cujos açúcares redutores tiveram elevação acentuada após o processo osmótico em decorrência, provavelmente, de uma atividade hidrolítica associada ao uso do ácido cítrico durante esta etapa. Os pedúnculos partiram de 6,35% “in natura” para 15%, em média, com aumento de 136% após a osmose.

Embora ocorrendo aumento desses açúcares após a osmose não houve diferença significativa com relação às concentrações dos brix dos xaropes, o que pode ser creditado às características do peso específico dos açúcares redutores e à permeabilidade das membranas celulares à penetração desses açúcares (RIBEIRO e SABAA-SRUR, 1999).

Trabalhos já realizados demonstraram haver aumento no conteúdo de açúcares redutores em função do tratamento térmico e do aumento da acidez, que contribuem para que ocorra inversão da sacarose durante a osmose (MESQUITA, 1999; PINA, 1999) que valida o comportamento desses açúcares no presente trabalho, no qual se obtiveram resultados semelhantes.

## 4.1.2 – Açúcares totais

**Tabelas 07** – Valores médios dos açúcares totais do caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	Açúcares totais (%)
In natura	10,17 i
Após osmose 50°Brix	17,78 h
Após osmose 60°Brix	22,50 gh
Após osmose 70°Brix	26,03 fg
Após cozimento 50°Brix	28,06 efg
Após cozimento 60°Brix	32,62 def
Após cozimento 70°Brix	38,40 d
Seco 50°Brix 50°C	34,86 de
Seco 60°Brix 50°C	47,04 c
Seco 70°Brix 50°C	47,40 c
Seco 50°Brix 60°C	47,52 c
Seco 60°Brix 60°C	48,09 c
Seco 70°Brix 60°C	65,66 b
Seco 50°Brix 70°C	70,35 ab
Seco 60°Brix 70°C	71,50 ab
Seco 70°Brix 70°C	72,91 a
MG	42,55
DMS	6,99

Percebe-se, na Tabela 05 da análise de variância, diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F entre os tratamentos.

Visualiza-se, na Tabela 07, aumento dos açúcares totais, porém havendo estabilidade entre alguns tratamentos. O melhor tratamento foi o pedúnculo seco à 70°C com 70 °Brix seguido dos secos a 70°C com 60 e 50 °Brix onde foram semelhantes estatisticamente. Os frutos secos a 60°C com 50 e 60 °Brix e a 50°C com 60 e 70 °Brix apresentaram-se iguais estatisticamente, mas com aumento considerável em relação aos “in

natura” de quase 500%. Os valores menores dos totais ficaram para os tratamentos “in natura” seguido dos desidratados osmoticamente e cozidos, respectivamente.

Os teores de açúcares totais e redutores aumentaram nos pedúnculos de caju submetidos à secagem após tratamento osmótico, fato que pode ser atribuído ao efeito da remoção de água em função do tempo e da temperatura durante a secagem, segundo BRANDÃO et al (2003) que confirmam o comportamento desses açúcares no trabalho em estudo com aumento de 700% nos caju “in natura” para os secos.

## 4.1.3 – Açúcares não redutores

**Tabelas 08** – Valores médios dos açúcares não redutores do caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	Açúcares não redutores
In natura	3,81 i
Após osmose 50°Brix	6,10 hi
Após osmose 60°Brix	7,40 hi
Após osmose 70°Brix	8,46 ghi
Após cozimento 50°Brix	11,24 ghi
Após cozimento 60°Brix	11,48 fghi
Após cozimento 70°Brix	13,19 efgh
Seco 50°Brix 50°C	15,60 efg
Seco 60°Brix 50°C	16,75 ef
Seco 70°Brix 50°C	19,81 de
Seco 50°Brix 60°C	19,62 de
Seco 60°Brix 60°C	25,48 cd
Seco 70°Brix 60°C	29,00 bcd
Seco 50°Brix 70°C	31,22 bc
Seco 60°Brix 70°C	34,65 b
Seco 70°Brix 70°C	46,38 a
MG	18,76
DMS	7,73

Observaram-se na Tabela 05 da análise de variância diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os tratamentos.

Pode-se observar ainda na Tabela 08, aumento dos açúcares não redutores havendo, porém, estabilidade entre alguns tratamentos. Os tratamentos que obtiverem mais açúcares não redutores foram os cajus secos à 70°C com 70 e 60 °Brix respectivamente, seguidos dos secos também à 70°C com 50 °Brix e à 60°C com 70 °Brix os quais se apresentaram iguais estatisticamente. Os tratamentos “in natura”, desidratados osmoticamente e os cozidos foram os que apresentaram os menores valores desses açúcares.



## 4.1.4 – Acidez

**Tabelas 09** – Valores médios da acidez no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	Acidez
In natura	1,11 e
Após osmose 50°Brix	1,38 e
Após osmose 60°Brix	1,34 e
Após osmose 70°Brix	1,35 e
Após cozimento 50°Brix	1,06 e
Após cozimento 60°Brix	1,33 e
Após cozimento 70°Brix	1,40 e
Seco 50°Brix 50°C	4,78 c
Seco 60°Brix 50°C	5,80 ab
Seco 70°Brix 50°C	5,54 ab
Seco 50°Brix 60°C	3,90 d
Seco 60°Brix 60°C	5,48 ab
Seco 70°Brix 60°C	5,30 bc
Seco 50°Brix 70°C	5,97 a
Seco 60°Brix 70°C	5,86 a
Seco 70°Brix 70°C	4,93 c
MG	3,53
DMS	0,54

Na Tabela 05 da análise de variância se observam diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os tratamentos.

Pode-se observar também na Tabela 09, um aumento da acidez e estabilidade entre alguns tratamentos. Os pedúnculos “in natura”, desidratados osmoticamente e cozidos não apresentaram diferença significativa entre eles, sendo iguais estatisticamente e contendo baixa acidez. Os tratamentos secos à 50°C com 60 e 70 °Brix e seco à 60°C com 60 °Brix também foram iguais estatisticamente com um aumento significativo com relação aos

demais tratamentos; e, um pouco superior a esses dois últimos, o caju seco à 70°C com 50 e 60°Brix foi os que obteve acidez maior com 5,90% em média.

BRANDÃO et al (2003) observaram pedúnculos de caju tratados com xarope osmótico e obtiveram resultado igual ao fruto desse trabalho em que a acidez se manteve estável durante o processo osmótico; tal fato pode estar relacionado com a estrutura fibrosa do pseudofruto que, possivelmente, tenha exercido um efeito restritivo sobre a ação dos ácidos nos tecidos.

## 4.1.5 – Umidade

**Tabelas 10** – Valores médios da umidade no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	Umidade
In natura	85,52 a
Após osmose 50°Brix	71,87 b
Após osmose 60°Brix	69,93 b
Após osmose 70°Brix	65,79 c
Após cozimento 50°Brix	59,15 d
Após cozimento 60°Brix	55,00 e
Após cozimento 70°Brix	52,88 e
Seco 50°Brix 50°C	7,37 g
Seco 60°Brix 50°C	8,68 g
Seco 70°Brix 50°C	9,46 g
Seco 50°Brix 60°C	7,42 g
Seco 60°Brix 60°C	6,64 g
Seco 70°Brix 60°C	8,68 g
Seco 50°Brix 70°C	9,09 g
Seco 60°Brix 70°C	7,02 g
Seco 70°Brix 70°C	9,08 g
MG	33,10
DMS	3,66

Na Tabela 05 da análise de variância observam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F entre os tratamentos.

Nota-se pela Tabela 10 redução da umidade mas com estabilidade entre alguns tratamentos. Os cajus “in natura” detiveram maior umidade, em torno de 84%, e os secos a menor umidade, com aproximadamente 10%.

O teor de umidade obtido por BRANDAO et al. (2003) foi um pouco superior ao estudado neste trabalho, com 86% embora se igualando após o tratamento osmótico com média de 68%.

#### 4.1.6 – Acido ascórbico

**Tabelas 11** – Valores médios de ácido ascórbico no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	Acido ascórbico
In natura	121,99 b
Após osmose 50°Brix	131,81 a
Após osmose 60°Brix	138,22 a
Após osmose 70°Brix	134,75 a
Após cozimento 50°Brix	106,65 cd
Após cozimento 60°Brix	119,84 b
Após cozimento 70°Brix	111,33 e
Seco 50°Brix 50°C	96,12 d
Seco 60°Brix 50°C	99,03 de
Seco 70°Brix 50°C	93,48 e
Seco 50°Brix 60°C	72,29 g
Seco 60°Brix 60°C	82,15 f
Seco 70°Brix 60°C	80,48 f
Seco 50°Brix 70°C	81,43 f
Seco 60°Brix 70°C	77,78 fg
Seco 70°Brix 70°C	78,62 fg
MG	101,62
DMS	8,09

Na Tabela 05 da análise de variância observam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os tratamentos.

Através da Tabela 11 nota-se um aumento da vitamina C durante a desidratação osmótica em virtude dos tratamentos resultarem maior valor de ácido ascórbico, apresentando-se estatisticamente iguais entre si devido ao fato da adição de ácido cítrico ao xarope, ocorrendo incorporação dessa vitamina nos cajuos osmoticamente desidratados. Após o cozimento e secagem ocorreu queda obtendo-se assim os menores valores de vitamina C, justificando o fato de que, durante o aquecimento, se dão as maiores perdas dessa vitamina.

O aumento durante o tratamento osmótico está de acordo com os resultados obtidos por BRANDAO et al. (2003) que encontraram um teor de vitamina C de 112,8 no fruto “in natura” que, por sua vez, aumentou para 132 – 150mg/100g nos tratamentos com 45, 55 e 65 °Brix onde foi observada considerável elevação com o aumento da concentração do xarope; provavelmente a retenção deste nutriente tenha sido afetada pelo tratamento térmico, devido a degradação oxidativa da vitamina C, da lixiviação dos nutrientes e pelo branqueamento ou por outros fatores, tais como redução na atividade de água, segundo TROLLER (1989) e HOWARD et al. (1999) citado por BRANDAO et al. (2003).

## 4.1.7 – pH

**Tabelas 12** – Valores médios do pH no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	pH
In natura	4,07 ab
Após osmose 50°Brix	3,86 abc
Após osmose 60°Brix	3,27 efg
Após osmose 70°Brix	3,79 abcd
Após cozimento 50°Brix	3,61 bcdefg
Após cozimento 60°Brix	3,74 bcde
Após cozimento 70°Brix	3,80 abcd
Seco 50°Brix 50°C	4,23 a
Seco 60°Brix 50°C	3,15 g
Seco 70°Brix 50°C	3,53 cdefg
Seco 50°Brix 60°C	3,47 cdefg
Seco 60°Brix 60°C	3,19 fg
Seco 70°Brix 60°C	3,46 cdefg
Seco 50°Brix 70°C	3,66 bcdef
Seco 60°Brix 70°C	3,43 cdefg
Seco 70°Brix 70°C	3,34 defg
MG	3,60
DMS	0,47

Observaram-se na Tabela 05 da análise de variância diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os tratamentos.

Nota-se, na Tabela 12, redução do pH devido à adição de ácido cítrico na solução osmótica. Os valores de pH não apresentaram variação substancial entre os tratamentos, embora haja diferença significativa estatisticamente e isto se deve aos sólidos presentes no xarope que devem ter interferido nos valores, exercendo ação tamponante evitando a sua alteração; BRANDAO et al (2003) também obtiveram comportamento semelhante ao encontrado neste trabalho.

O tratamento referente ao produto seco à 50°C com 50 °Brix foi o que resultou em um maior teor do pH (4,23) seguido do fruto “in natura” com 4,07. O valor de pH mais baixo foi conseguido nos caju secos à 50°C com 60 °Brix.

#### 4.1.8 – Sólidos solúveis (°Brix)

**Tabelas 13** – Valores médios dos sólidos solúveis (°Brix) no caju em cada tratamento, Campina Grande, PB, 2006

Tratamentos	°Brix
In natura	11,67 i
Após osmose 50°Brix	20,65 h
Após osmose 60°Brix	26,16 g
Após osmose 70°Brix	28,67 fg
Após cozimento 50°Brix	33,00 ef
Após cozimento 60°Brix	37,45 e
Após cozimento 70°Brix	37,67 e
Seco 50°Brix 50°C	46,86 d
Seco 60°Brix 50°C	57,37 b
Seco 70°Brix 50°C	67,25 a
Seco 50°Brix 60°C	52,87 bc
Seco 60°Brix 60°C	50,67 cd
Seco 70°Brix 60°C	66,77 a
Seco 50°Brix 70°C	54,33 bc
Seco 60°Brix 70°C	50,00 cd
Seco 70°Brix 70°C	69,50 a
MG	44,40
DMS	5,29

Na Tabela 05 da análise de variância observam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os tratamentos.

Percebe-se através da Tabela 13, aumento do brix com estabilidade entre alguns tratamentos. Os caju “in natura” possuem o menor brix seguidos dos caju desidratados

osmoticamente que tiveram ligeira elevação dos seus teores sempre que se aumentou a concentração dos xaropes. Esses resultados se devem ao aumento da concentração de sacarose que exerce forte pressão osmótica sobre a superfície dos frutos (RIBEIRO e SABAA SRUR, 1999). Os maiores brix estão nos cajus secos a 50 e 60°C com 70°Brix.

#### **4.2 Análise Microbiológica**

Foi realizada análise microbiológica dos cajus “in natura” e de acordo com o resultado obtido, a amostra analisada, com relação a coliformes fecais à 45°C está dentro dos padrões microbiológicos para consumo com  $5 \times 10^2$  NMP/ml, enquanto que em relação à análise de mofos e leveduras, observou-se a presença incontável de fungos. Comparando com os valores permitidos para polpa de fruta “in natura”, congeladas ou não de  $5 \times 10^3$  NMP/ml verifica-se um valor inadequado para consumo nesta amostra cujo resultado foi incontável.

Nos cajus secos, com relação a coliformes fecais, mofos e leveduras, as amostras analisadas obedecem aos padrões bacteriológicos para o consumo apresentando  $2 \times 10^3$  UFC/g para mofos e leveduras e  $10^2$  NMP/ml para coliformes à 45°C; fato semelhante foi observado por BRANDÃO et al. (2003) que notaram baixos valores de contagem padrão menores que 10 UFC/g de bolores e leveduras e menor que 3 NMP/g para coliformes à 35 a 45°C em cajus secos.

De acordo com os resultados obtidos constata-se a ausência de mofos e leveduras nos cajus após a secagem e isto se deve ao tratamento térmico recebido na etapa de cozimento. Embora os bolores se apresentem-se em ampla faixa de temperatura eles só crescem em temperatura de refrigeração. Já as leveduras crescem em temperatura entre 5 e 35°C justificando, desta forma, a morte desses microrganismos durante o processamento do caju passa (SILVA, 1997).

Outro fator relevante é o pH, em que os microrganismos crescem melhor em pH próximo da neutralidade de 6,5 a 7,5 e, em pH entre 1,5 e 3,5, sua multiplicação é mínima (BRASIL, 2001) o que está de acordo com os resultados obtidos neste estudo, no qual foi

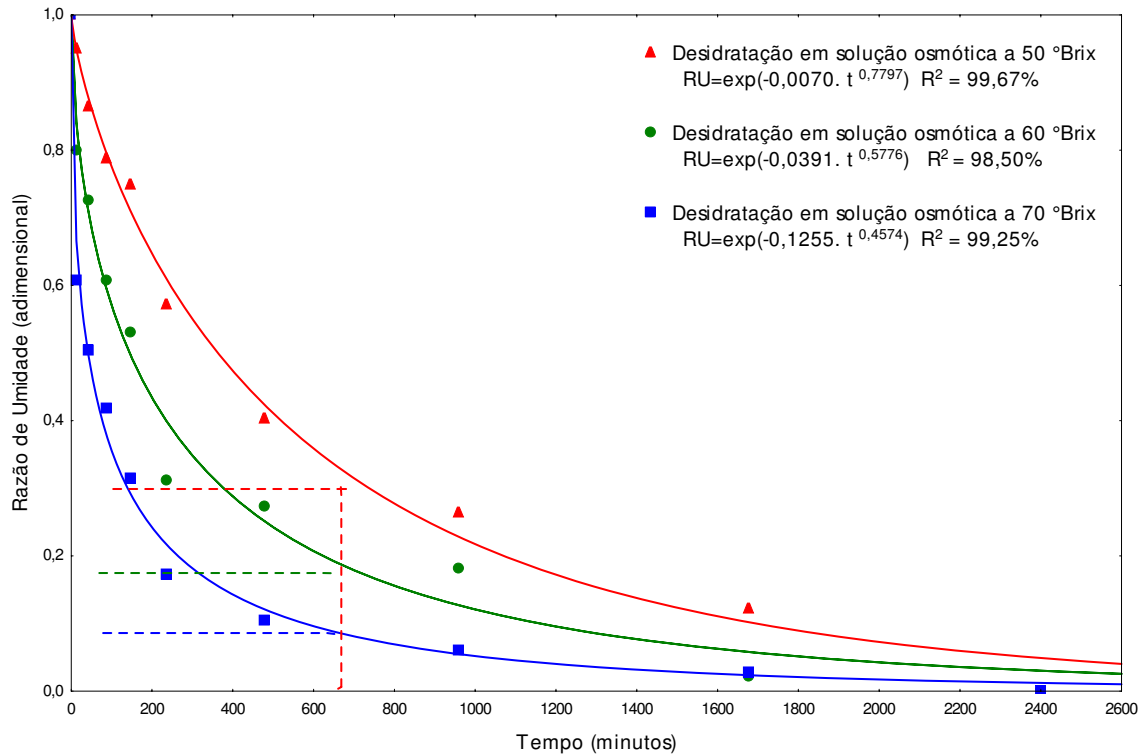


adicionado ácido cítrico ao xarope osmótico para abaixamento do pH e, conseqüentemente, evitar o crescimento microbiano.

### **4.3 Desidratação osmótica**

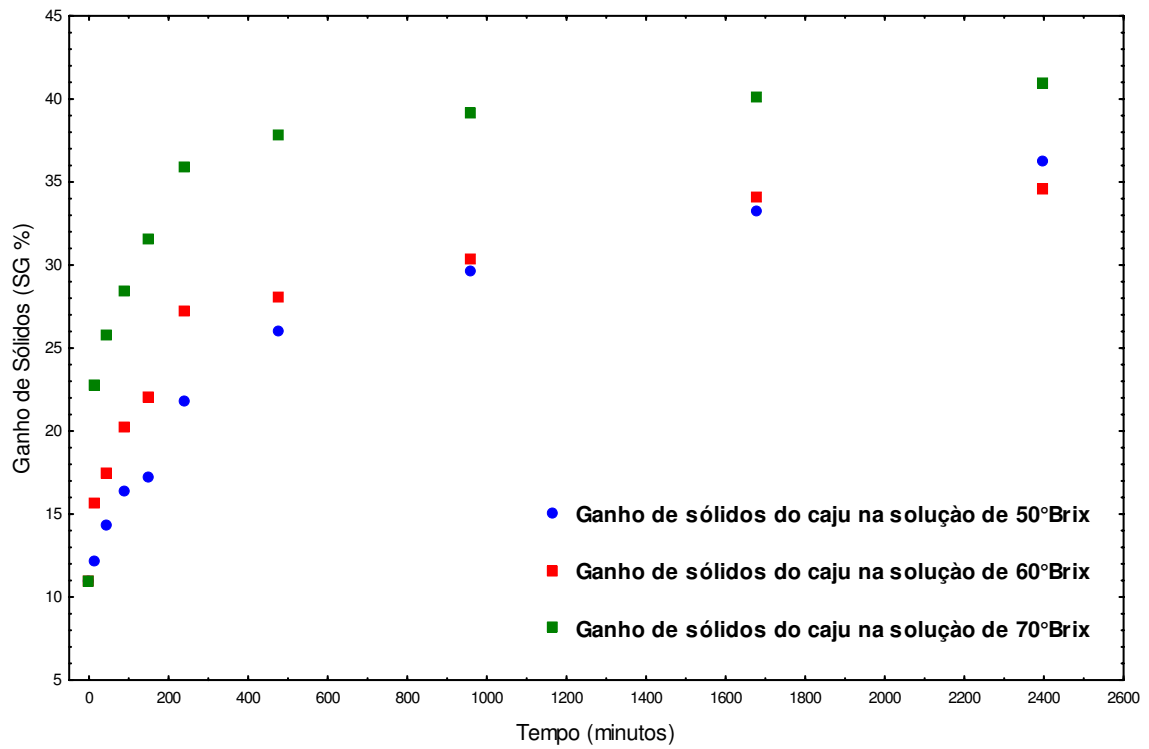
A Figura 06 contém as curvas do termo adimensional de umidade em função do tempo para as três concentrações, 50, 60 e 70 °Brix, e as curvas estimadas pela Equação de Page.

A solução a 50 °Brix proporcionou perda de um conteúdo de água inicial de 89% b.u para 63% b.u. A maior perda de água para um mesmo período de desidratação de 2600 minutos (tempo aproximado de 43 horas) foi obtida com a solução a 70 °Brix em que seu teor de água baixou de 89% b.u para 59% b.u seguido da solução de 60 °Brix, cuja perda foi de 89% para 64% b.u. Em todos os tratamentos a maior perda de água ocorreu até os 600 minutos iniciais da desidratação.



**Figura 06** – Curvas dos dados experimentais de desidratação osmótica à temperatura ambiente (aproximadamente 28°C) obtidas em solução osmótica de sacarose a 50, 60 e 70 °Brix e também curvas estimadas segundo a equação de Page

Na Figura 07 encontram-se representados os dados referentes ao ganho de sólidos em função do tempo de desidratação nas diferentes concentrações de sacarose, 50, 60 e 70 °Brix. Percebe-se, por esta figura, que o ganho de sólidos aconteceu mais intensamente nas 3 primeiras horas de processo e, logo em seguida, inicia-se a tendência ao equilíbrio, ou seja, um ganho muito reduzido em um intervalo de tempo consideravelmente grande. Esses fatos também foram observados por RAOULT-WACK, LENART, GUILBERT (1994) e também por EI-AQUAR e MURR (2003).



**Figura 07** – Ganho de sólidos em função do tempo de desidratação osmótica nas diferentes concentrações de sacarose, 50, 60 e 70°Brix

## 4.4 Secagem

Os dados experimentais da cinética de secagem dos caju nas temperaturas de 50, 60 e 70°C estão em anexo nas Tabelas 24, 25 e 26, respectivamente.

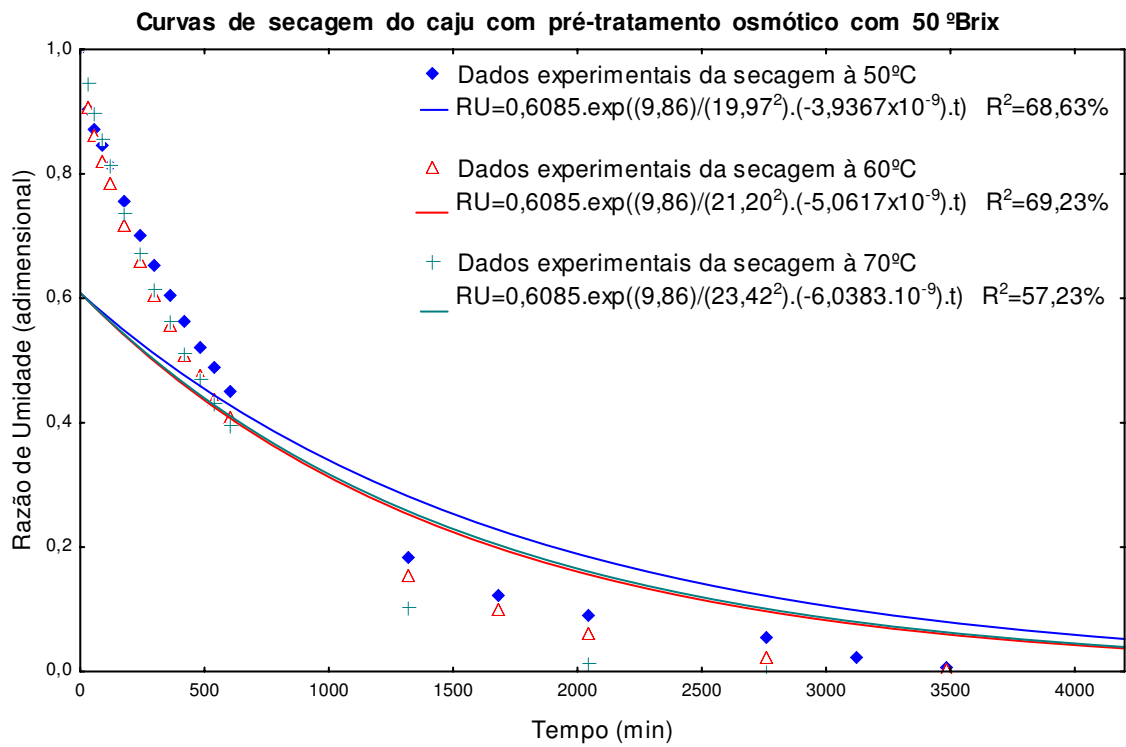
### 4.4.1 Equação de Fick

Nas secagens realizadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C para caju com pré-secagem osmótica nos xaropes com 50, 60 e 70 °Brix, os dados obtidos experimentalmente e os calculados com a equação de Fick utilizando-se 1, 2 e 3 termos de série, estão apresentados nas Figuras de 08 a 16, respectivamente, aos °Brix de 50, 60 e 70 nas 3 temperaturas.

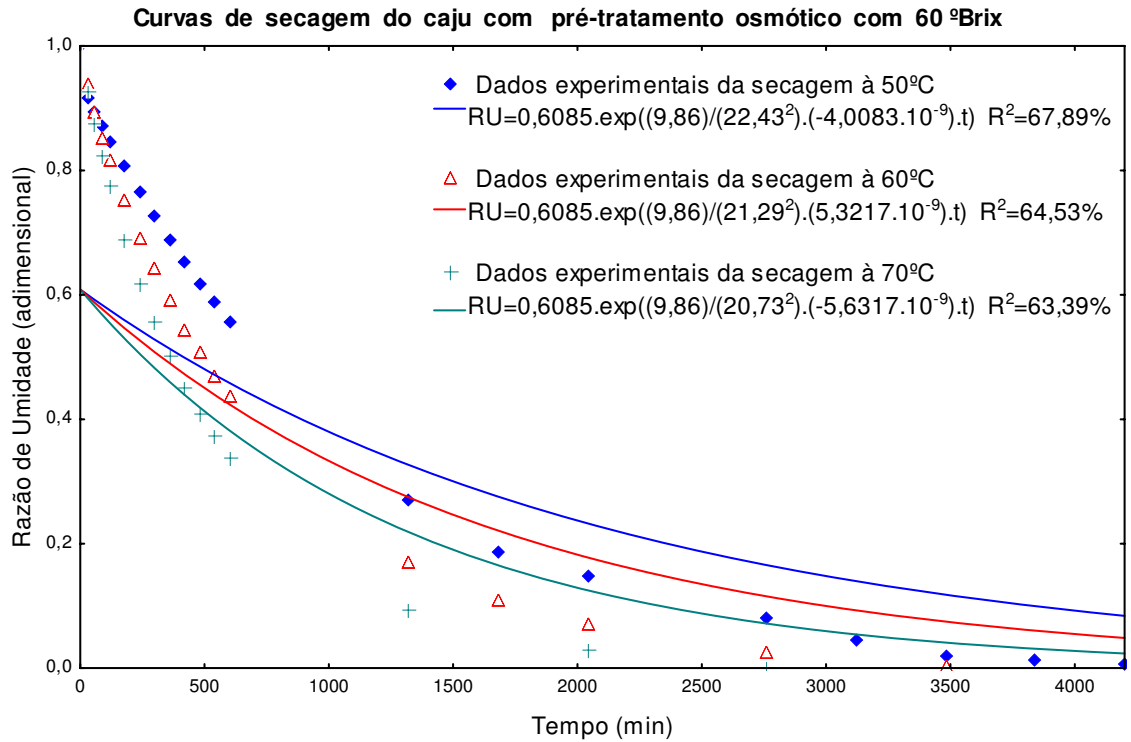
Através da Tabela 14 se observam os baixos valores dos coeficientes de determinação da equação de Fick com um termo da série tendo, em média, 66,16% apresentando, assim, os menores coeficientes com relação às outras equações estudadas. As equações de Fick com dois e três termos da série, obtiveram coeficientes médios de 87,83 e 93,03%, respectivamente. Com os resultados, pode-se concluir que os coeficientes de determinação aumentam proporcionalmente com o número de termos da série da equação de Fick, porém seus ajustes não foram satisfatórios quando comparados com as demais equações propostas aos dados experimentais.

Os coeficientes de difusão para a equação de Fick com 1, 2 e 3 termos da série encontram-se nas Tabelas 14, 15 e 16, respectivamente. Obtiveram-se coeficientes entre  $3,94 \times 10^{-9}$  e  $6,04 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  para o primeiro termo; de  $4,16 \times 10^{-9}$  e  $6,65 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  para o segundo termo e de  $3,99 \times 10^{-9}$  e  $7,12 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  para o terceiro termo da série. Observou-se que os valores dos coeficientes de difusão têm comportamento crescente com o aumento da temperatura; fato idêntico foi encontrado por SOUSA (1999) estudando o desenvolvimento experimental de passa de umbu porém, ao se comparar os coeficientes de difusão em relação ao número de termos da série da equação de Fick observa-se proximidade desses valores não havendo variação significativa.

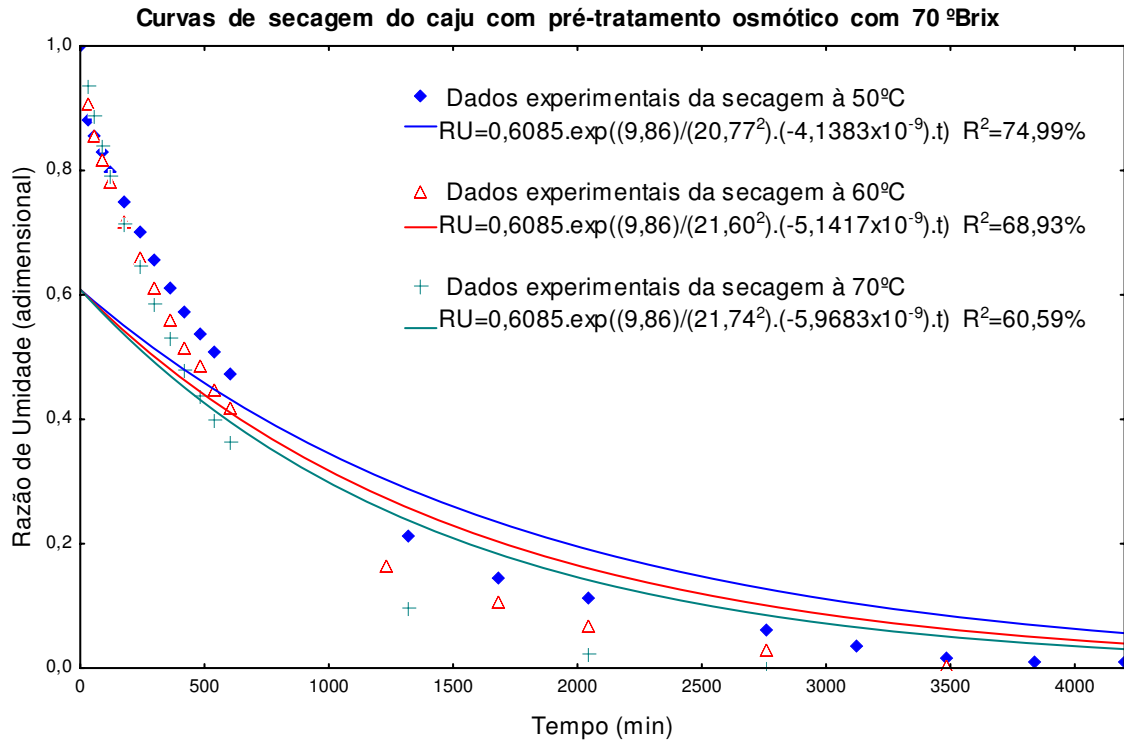
## 4.4.1.1 Equação de Fick com um termo da série



**Figura 08** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Fick com um termo de série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 09** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Fick com um termo de série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 10** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Fick com um termo de série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C

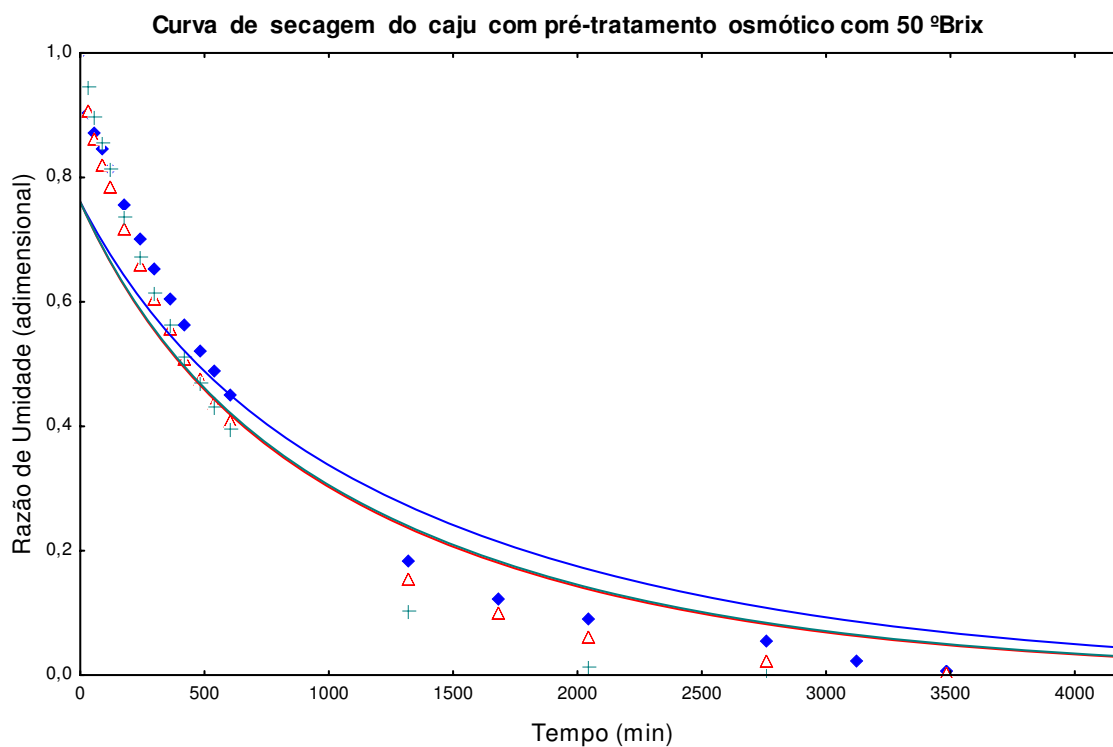
**Tabela 14** - Coeficientes de difusão da Equação de **Fick** usando-se um termo da série provenientes da secagem do caju com pré-secagem osmótica nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, PB, 2006

<b>Equação de Fick</b>				
$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[ \frac{\pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right]$				
<b>°Brix</b>	<b>T<sup>ra</sup> (°C)</b>	<b>r<sub>e</sub></b>	<b>D (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>R<sup>2</sup>(%)</b>
<b>50</b>	50°C	19,97	3,9367x10 <sup>-9</sup>	68,63
	60°C	22,35	5,0617x10 <sup>-9</sup>	69,23
	70°C	21,82	6,0383x10 <sup>-9</sup>	57,23
<b>60</b>	50°C	23,82	4,0083x10 <sup>-9</sup>	67,89
	60°C	21,30	5,3217x10 <sup>-9</sup>	64,53
	70°C	20,94	5,6317x10 <sup>-9</sup>	63,39
<b>70</b>	50°C	19,95	4,1383x10 <sup>-9</sup>	74,99
	60°C	21,70	5,1417x10 <sup>-9</sup>	68,93
	70°C	21,14	5,6983x10 <sup>-9</sup>	60,59

#### 4.4.1.2 Equação de Fick com dois termos da série

A equação de Fick para o segundo termo da série, no entanto, apresentou coeficientes de determinação variando ente 83 e 91%, obtendo-se um ajuste superior a mesma equação com um termo da série. O melhor ajuste entre eles foi para o °Brix de 70 tendo em média 88,90%, seguido do °Brix de 50 e 60 com 87,38 e 87,22% respectivamente para as três temperaturas porém a melhor temperatura de ajuste foi a de 50°C seguida de 60 e 70°C com coeficientes de determinação de 89,70; 88,74 e 85,06%.





Dados experimentais da secagem à 50°C

— RU=0,6085.exp(0,0247.-4,2250x10<sup>-9</sup>.t)+0,1521.exp(0,0989.-4,2250x10<sup>-9</sup>.t) R<sup>2</sup>=89,11%

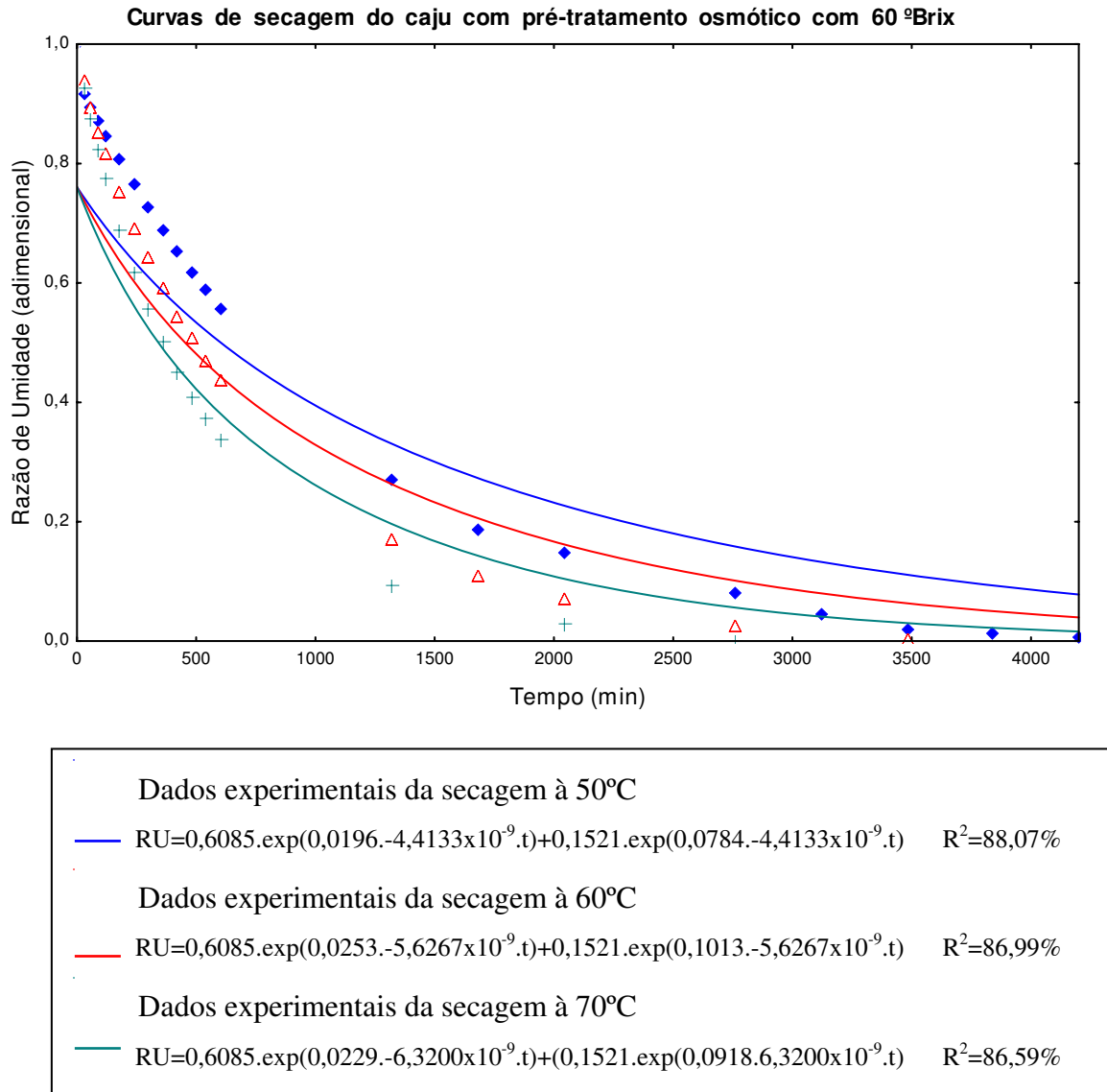
Dados experimentais da secagem à 60°C

— RU=0,6085.exp(0,0219.-5,5267x10<sup>-9</sup>.t)+0,1521.exp(0,0877.-5,5267x10<sup>-9</sup>.t) R<sup>2</sup>=89,60%

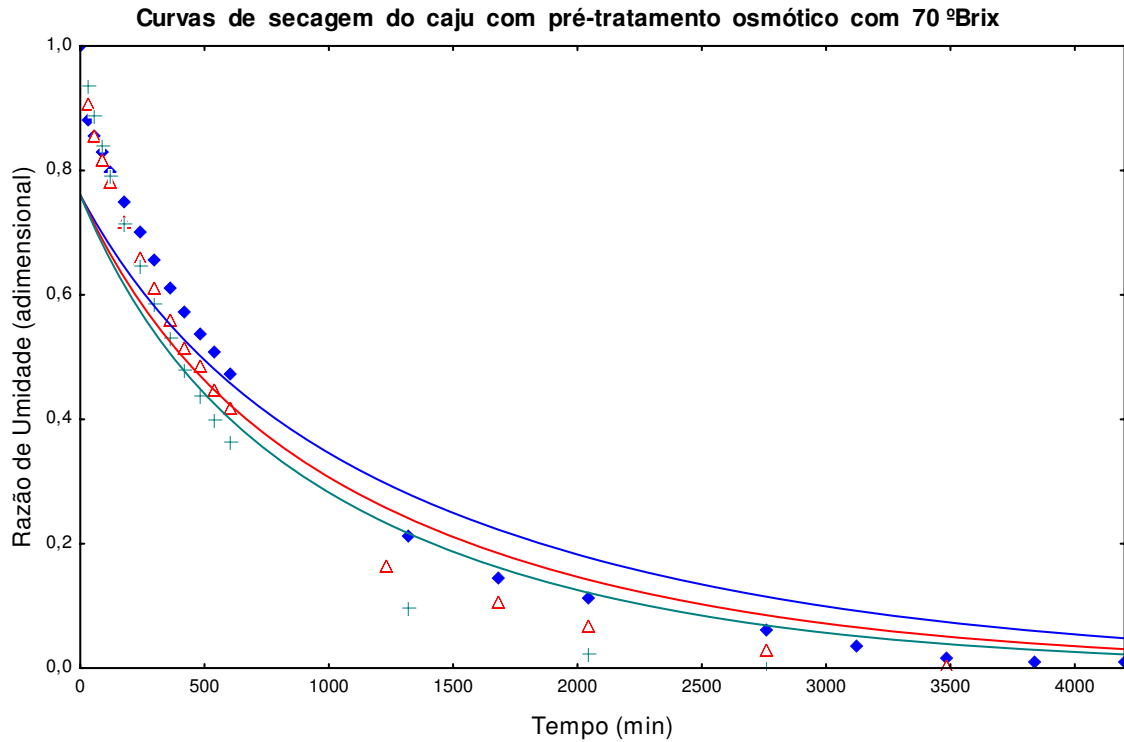
Dados experimentais da secagem à 70°C

— RU=0,6085.exp(0,0180.-6,6533x10<sup>-9</sup>.t)+(0,1521.exp(0,0719.6,6533x10<sup>-9</sup>.t) R<sup>2</sup>=83,43%

**Figura 11** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Fick com dois termos de série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 12** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Fick com dois termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



Dados experimentais da secagem à 50°C

$$RU=0,6085.\exp(0,0228.-4,1600 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0914.-4,1600 \times 10^{-9} .t) \quad R^2=91,91\%$$

Dados experimentais da secagem à 60°C

$$RU=0,6085.\exp(0,0211.-4,2800 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0845.-4,2800 \times 10^{-9} .t) \quad R^2=89,63\%$$

Dados experimentais da secagem à 70°C

$$RU=0,6085.\exp(0,0286.-6,2750 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0834.-6,2750 \times 10^{-9} .t) \quad R^2=85,17\%$$

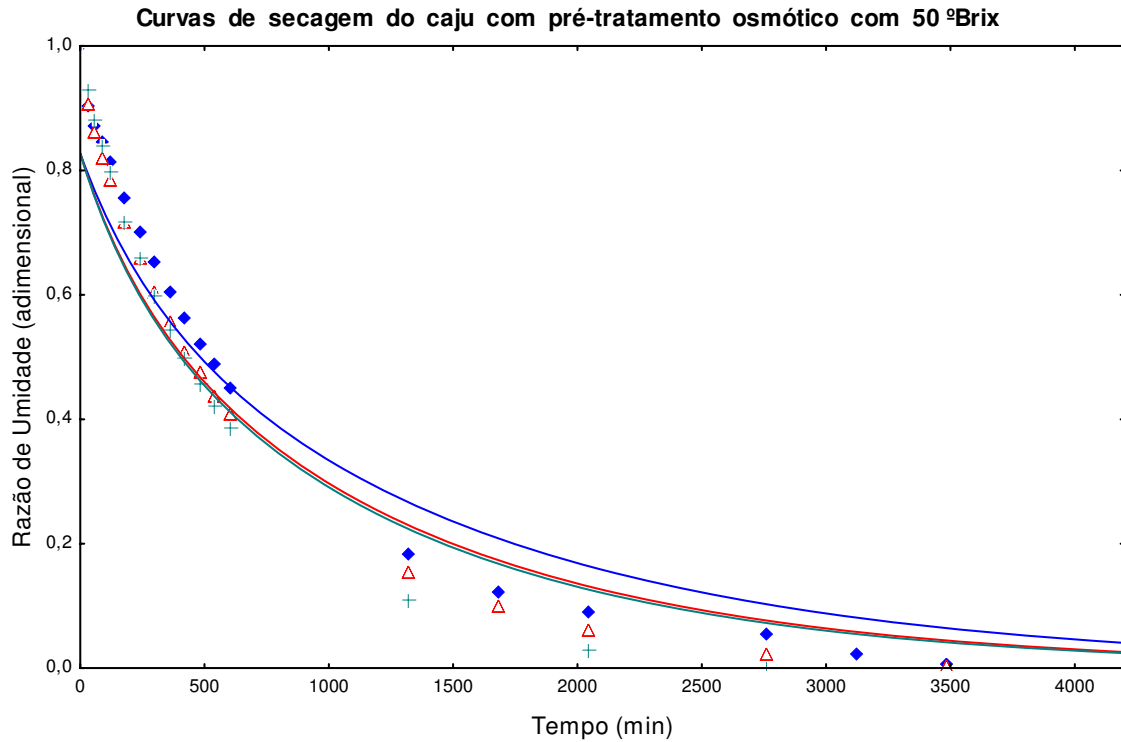
**Figura 13** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Fick com dois termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C

**Tabela 15** - Coeficientes de difusão da Equação de **Fick** usando dois termos da série provenientes da secagem do caju com pré-secagem osmótica às temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, PB, 2006.

<b>Equação de Fick</b>				
$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[ \frac{\pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp \left[ \frac{2^2 \pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right]$				
<b>°Brix</b>	<b>T<sup>ra</sup> (°C)</b>	<b>r<sub>e</sub></b>	<b>D (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>R<sup>2</sup>(%)</b>
<b>50</b>	50°C	19,97	4,2250x10 <sup>-9</sup>	89,11
	60°C	22,35	5,5267x10 <sup>-9</sup>	89,60
	70°C	21,82	6,6533x10 <sup>-9</sup>	83,43
<b>60</b>	50°C	2,82	4,1600x10 <sup>-9</sup>	91,91
	60°C	21,30	4,2800x10 <sup>-9</sup>	89,63
	70°C	20,94	6,2750x10 <sup>-9</sup>	85,17
<b>70</b>	50°C	19,95	4,4133x10 <sup>-9</sup>	88,07
	60°C	21,70	5,6267x10 <sup>-9</sup>	86,99
	70°C	21,14	6,3200x10 <sup>-9</sup>	86,59

#### 4.4.1.3 Equação de Fick com três termos da série

Ao se utilizar a equação de Fick com três termos da série, conclui-se que o coeficiente de determinação variou entre 91,07% e 95,48%; observa-se nessas Figuras, que o coeficiente de determinação aumenta com o aumento dos números de termos da série da equação de Fick, no entanto, ainda não apresenta um ajuste satisfatório para todas as condições estabelecidas. Verifica-se que o melhor ajuste ocorre para a equação de Fick utilizando-se três termos da série.



Dados experimentais da secagem à 50°C

$RU=0,6085.\exp(0,0247.-4,3517 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0988.-4,3517 \times 10^{-9} .t)+0,0676.\exp(0,2225.-4,3517 \times 10^{-9} .t) \quad R^2=93,78\%$

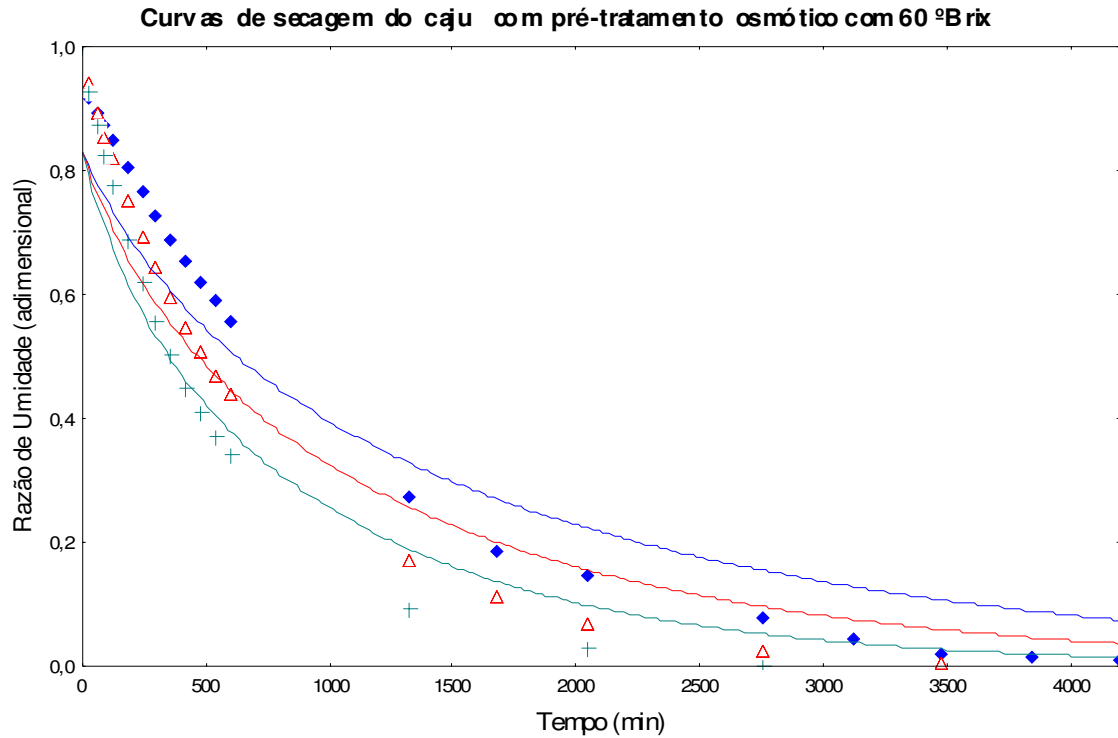
Dados experimentais da secagem à 60°C

$RU=0,6085.\exp(0,0219.-5,7117 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0877.-5,7117 \times 10^{-9} .t)+0,0676.\exp(0,1974.-5,7117 \times 10^{-9} .t) \quad R^2=94,26\%$

Dados experimentais da secagem à 70°C

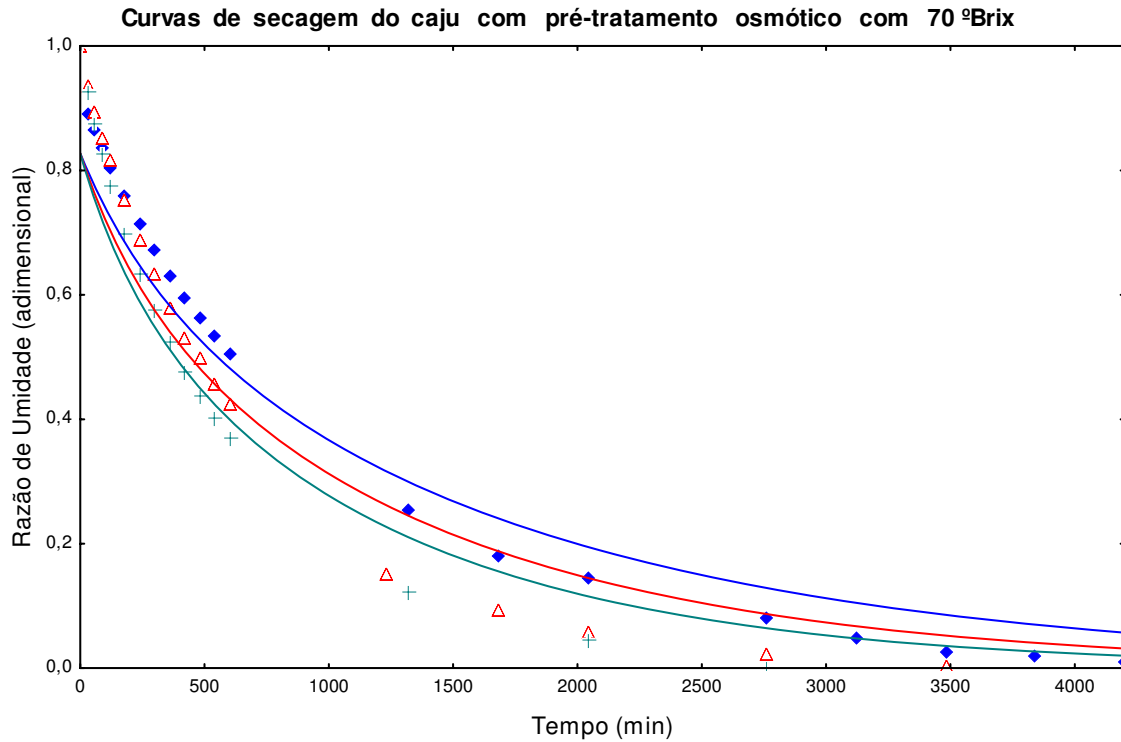
$RU=0,6085.\exp(0,0180.-7,1217 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0722.-7,1217 \times 10^{-9} .t)+0,0676.\exp(0,1625.-7,1217 \times 10^{-9} .t) \quad R^2=91,17\%$

**Figura 14** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Fick com três termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



<p>Dados experimentais da secagem à 50°C</p> <p>— <math>RU=0,6085.\exp(0,0196.-4,2500 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0784.-4,2500 \times 10^{-9} .t)+0,0676.\exp(0,1764.-4,2500 \times 10^{-9} .t)</math> <math>R^2=92,72\%</math></p>
<p>Dados experimentais da secagem à 60°C</p> <p>— <math>RU=0,6085.\exp(0,0253.-4,4083 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,1013.-4,4083 \times 10^{-9} .t)+0,0676.\exp(0,1958.-4,4083 \times 10^{-9} .t)</math> <math>R^2=92,30\%</math></p>
<p>Dados experimentais da secagem à 70°C</p> <p>— <math>RU=0,6085.\exp(0,0229.-6,4833 \times 10^{-9} .t)+0,1521.\exp(0,0918.-6,4833 \times 10^{-9} .t)+0,0676.\exp(0,2065.-6,4833 \times 10^{-9} .t)</math> <math>R^2=92,15\%</math></p>

**Figura 15** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Fick com três termos de série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



Dados experimentais da secagem à 50°C

$$RU=0,6085.\exp(0,0228.-3,9950\times 10^{-9}.t)+0,1521.\exp(0,0914.-3,9950\times 10^{-9}.t)+0,0676.\exp(0,2063.-3,9950\times 10^{-9}.t) \quad R^2=95,48\%$$

Dados experimentais da secagem à 60°C

$$RU=0,6085.\exp(0,0211.-5,8200\times 10^{-9}.t)+0,1521.\exp(0,0845.-5,8200\times 10^{-9}.t)+0,0676.\exp(0,1902.-5,8200\times 10^{-9}.t) \quad R^2=94,31\%$$

Dados experimentais da secagem à 70°C

$$RU=0,6085.\exp(0,0286.-6,5283\times 10^{-9}.t)+0,1521.\exp(0,0834.-6,5283\times 10^{-9}.t)+0,0676.\exp(0,1877.-6,5283\times 10^{-9}.t) \quad R^2=91,07\%$$

**Figura 16** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Fick com três termos da série, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C

**Tabela 16** - Coeficientes de difusão da Equação de **Fick** usando três termos da série provenientes da secagem do caju com pré-secagem osmótica nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, PB, 2006

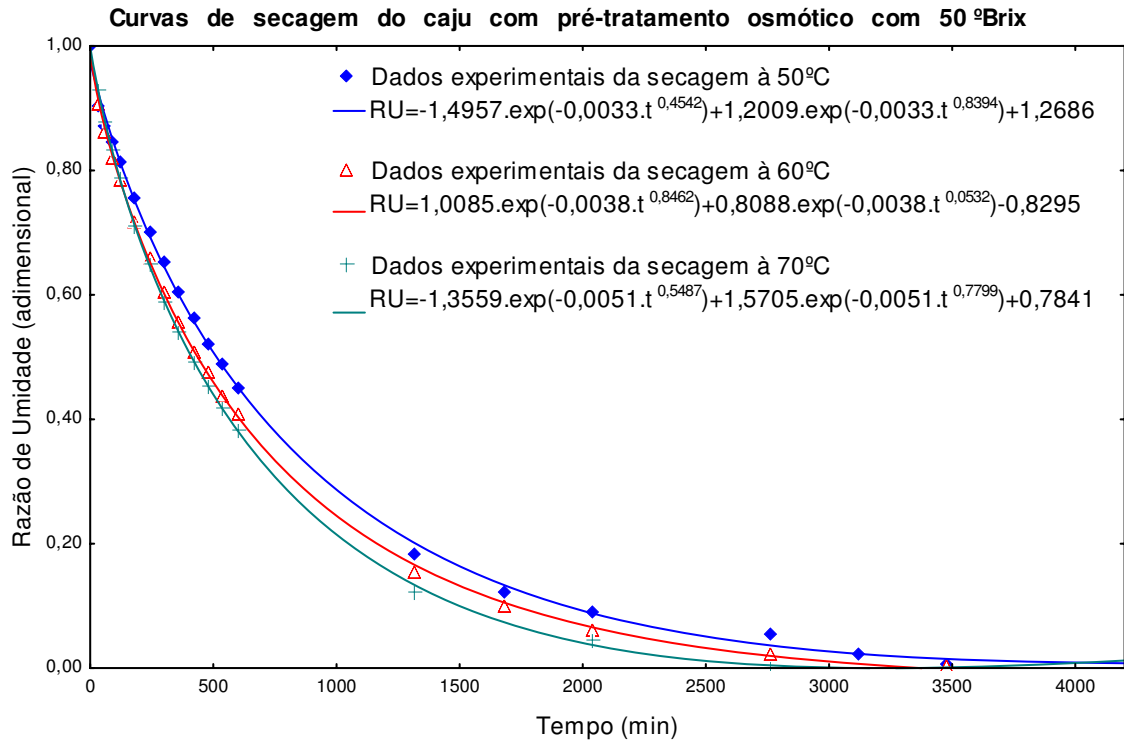
<b>Equação de Fick</b>				
$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[ \frac{\pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp \left[ \frac{2^2 \pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{3^2} \cdot \exp \left[ \frac{3^2 \pi^2}{r_e^2} \cdot D \cdot t \right]$				
<b>°Brix</b>	<b>T<sup>ra</sup> (°C)</b>	<b>r<sub>e</sub></b>	<b>D (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>R<sup>2</sup>(%)</b>
<b>50</b>	50°C	19,97	4,3517x10 <sup>-9</sup>	93,78
	60°C	22,35	5,7117x10 <sup>-9</sup>	94,26
	70°C	21,82	7,1217x10 <sup>-9</sup>	91,17
<b>60</b>	50°C	23,82	4,2500x10 <sup>-9</sup>	92,72
	60°C	21,30	4,4083x10 <sup>-9</sup>	92,30
	70°C	20,94	6,4833x10 <sup>-9</sup>	92,15
<b>70</b>	50°C	19,95	3,9950x10 <sup>-9</sup>	95,48
	60°C	21,70	5,8200x10 <sup>-9</sup>	94,31
	70°C	21,14	6,5283x10 <sup>-9</sup>	91,07

#### 4.4.2 Equação de Cavalcanti Mata

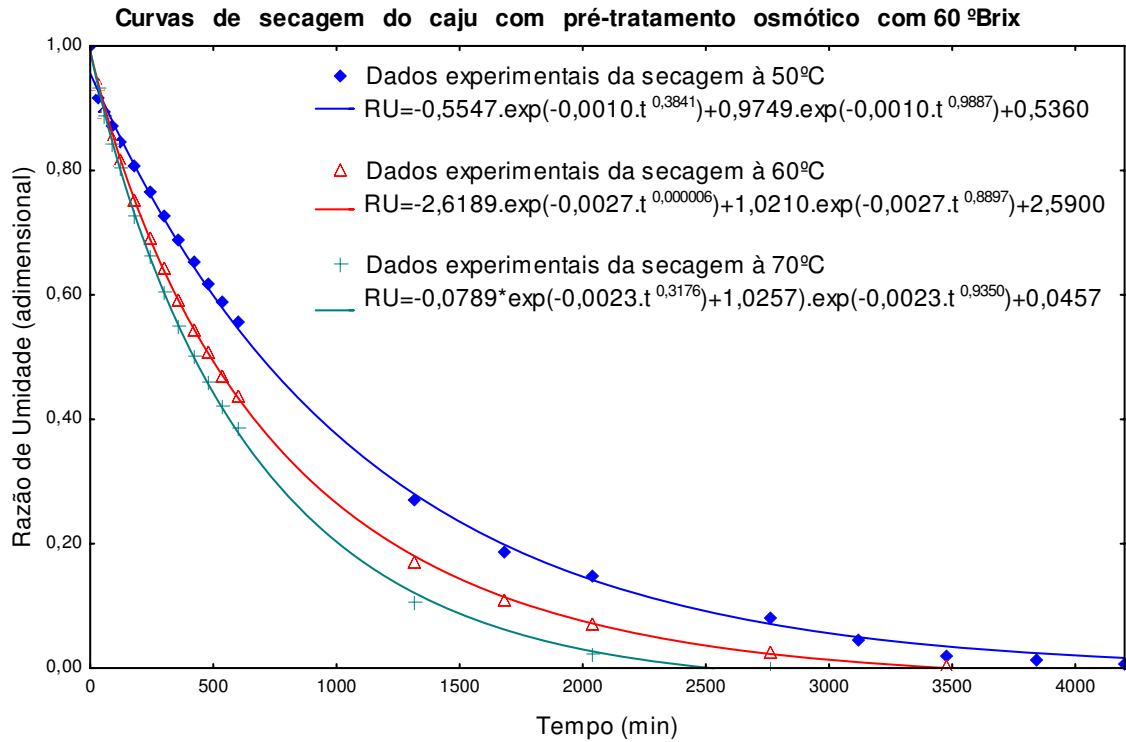
Encontram-se expressos nas Figuras 17, 18 e 19, os dados experimentais e calculados com a equação de Cavalcanti Mata para as secagens realizadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C para caju com pré-secagem osmótica nos xaropes com 50, 60 e 70 °Brix.

Observa-se na Tabela 17, uma média de 99,93% para os coeficientes de determinação obtendo, assim, um ótimo ajuste dessa equação aos dados experimentais da secagem do caju nas condições citadas acima sendo desta forma, a melhor equação proposta. Os coeficientes de difusão da equação representados por “k<sub>1</sub>” não seguem um comportamento com relação aos °Brix nem com as temperaturas.

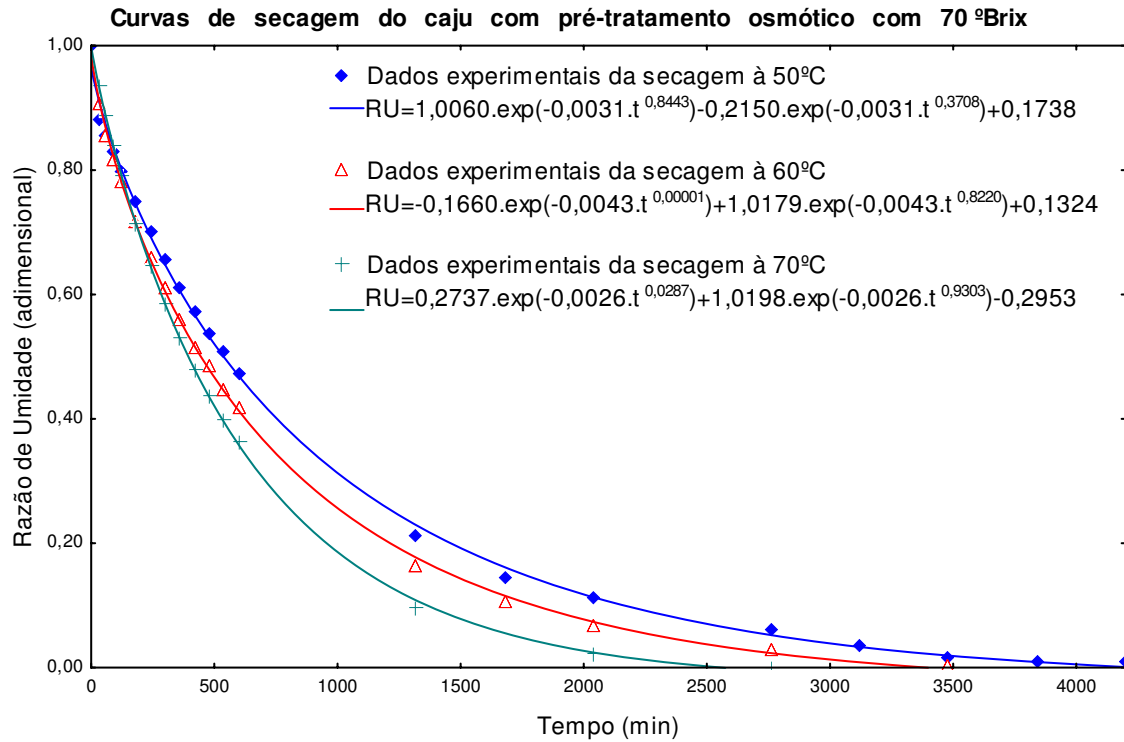




**Figura 17** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 50 pela equação de Cavalcanti Mata, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 18** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 60 pela equação de Cavalcanti Mata, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 19** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no Brix de 70 pela equação de Cavalcanti Mata, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C

**Tabela 17** - Coeficientes da Equação de **Cavalcanti Mata**, obtidos por regressão não linear em secagem do caju com pré-secagem osmótica nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Campina Grande, PB, 2006

<b>Equação de Cavalcanti Mata</b>								
$RU = a_1 \exp(-a_2 t^{a_3}) + a_4 \exp(-a_2 t^{a_5}) + a_6$								
<b>°Brix</b>	<b>T<sup>ra</sup> (°C)</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>a<sub>3</sub></b>	<b>a<sub>4</sub></b>	<b>a<sub>5</sub></b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>
<b>50</b>	50°C	-1,4957	-0,0033	0,4542	1,2009	0,8394	1,2686	99,87
	60°C	1,0085	-0,0038	0,8463	0,8089	0,0532	-0,8296	99,96
	70°C	-1,3559	-0,0051	0,5487	1,5705	0,7799	0,7842	99,98
<b>60</b>	50°C	-0,5547	-0,0010	0,3841	0,9749	0,9887	0,5360	99,86
	60°C	-2,6189	-0,0027	0,000006	1,0210	0,8897	2,5900	99,98
	70°C	-0,0789	-0,0023	0,3176	1,0257	0,9350	0,0457	99,97
<b>70</b>	50°C	1,0060	-0,0031	0,8443	-0,2150	0,3718	0,1738	99,84
	60°C	-0,1660	-0,0043	0,000014	1,0178	0,8220	0,1324	99,94
	70°C	0,2737	-0,0026	0,0287	1,0198	0,9303	-0,2953	99,98

#### 4.4.3 Equação de Page

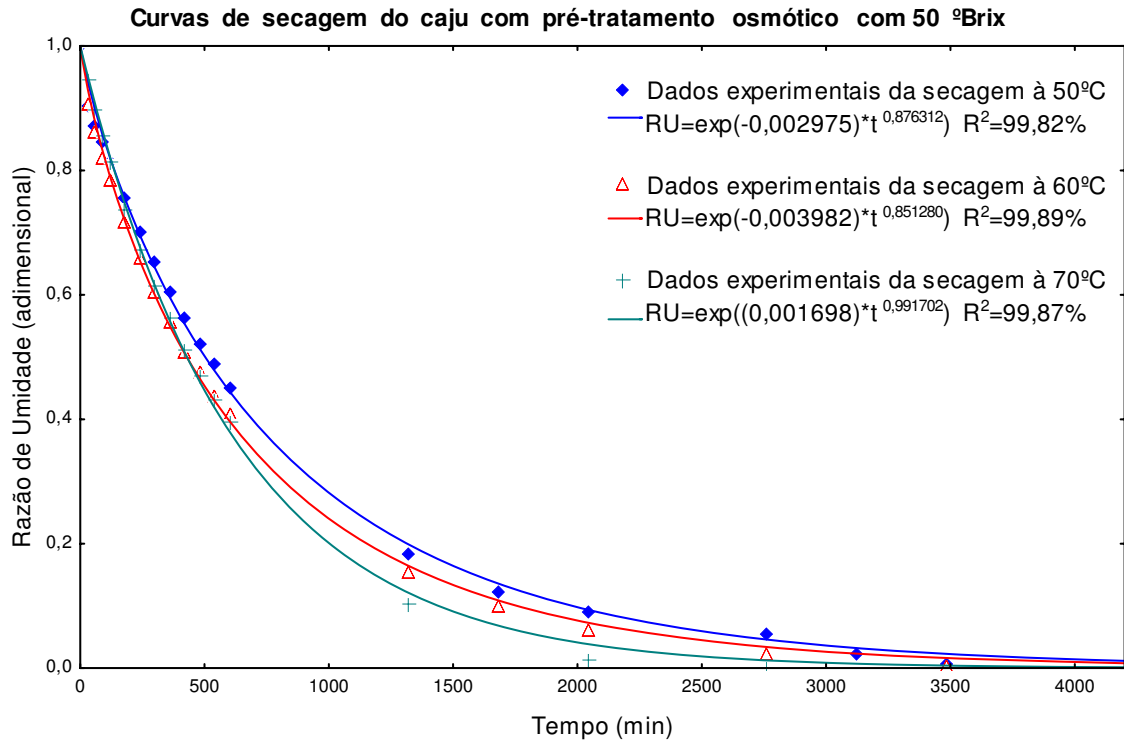
Nas secagens realizadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C para caju com pré-secagem osmótica nos xaropes com 50, 60 e 70 °Brix, os dados obtidos experimentalmente e os calculados com a equação de Page estão apresentados nas Figuras 20, 21 e 22, respectivamente aos °Brix nas três temperaturas.

Os coeficientes da equação de Page se acham na Tabela 18, percebendo-se que todas as curvas apresentam coeficientes de determinação superiores a 99,5%, ou seja, os resultados indicam um bom ajuste da equação proposta por Page aos dados experimentais.

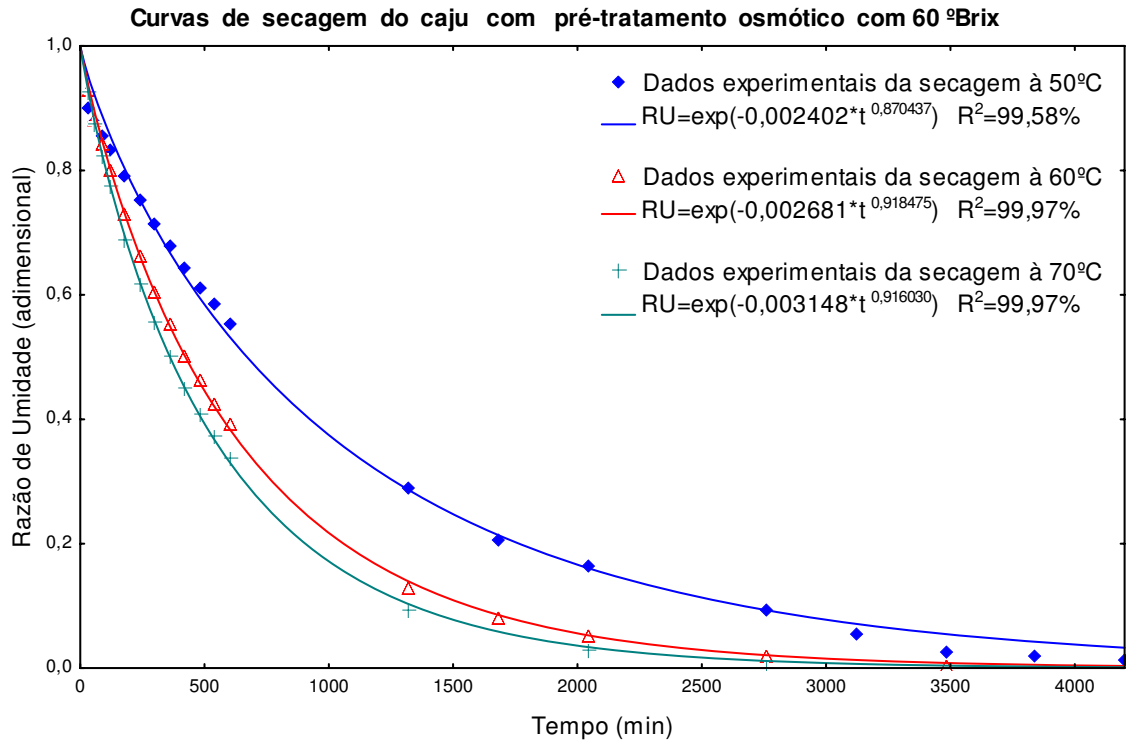
Verifica-se, na Tabela 18, que o coeficiente “k” varia com os °Brix de 50, 60 e 70 em relação às temperaturas de 0,001698 a 0,002975, de 0,002402 a 0,003148 e de 0,003802 a 0,003939 respectivamente, observando-se comportamento crescente com a elevação dos °Brix porém, se observar o mesmo coeficiente “k” nas temperaturas de 50, 60 e 70°C em relação aos °Brix, este varia de 0,002402 a 0,003939, de 0,002662 a 0,003982 e

de 0,001698 a 0,003802, respectivamente; contudo na temperatura de 60°C notou-se comportamento decrescente com o aumento dos °Brix em estudo ocorrendo o contrário com a temperatura de 70°C, que foi crescente.

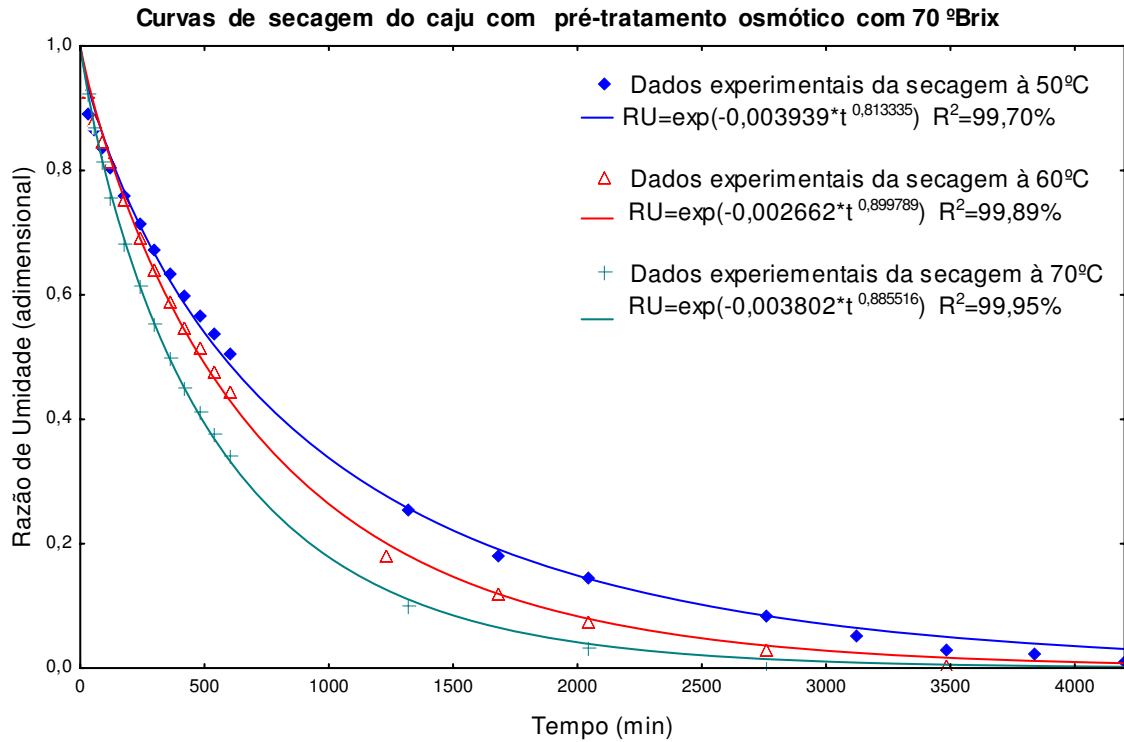
Ainda se observa na Tabela 18 que o coeficiente “n” varia também com os °Brix de 50, 60 e 70 em relação às temperaturas de 0,851280 a 0,991702, de 0,870437 a 0,918475 e de 0,813335 a 0,899789, respectivamente. Nota-se a oscilação de comportamento desse coeficiente, diminuindo da temperatura de 50°C com 0,876312 para 60°C com 0,851280, aumentando em 70°C com 0,99702 no °Brix de 50; o oposto é observado em 60°Brix quando se dá um aumento de 0,870437 à 50°C para 0,918475 à 60°C voltando a diminuir para 0,916030 à 70°C; comportamento semelhante pode ser visto no °brix de 70 que cresceu de 0,813335 para 0,899789 da temperatura de 50 para 60°C e decrescendo para 0,885516 à 70°C; observando-se o mesmo coeficiente “n” nas temperaturas de 50, 60 e 70°C em relação aos °brix, tem-se variação de 0,813335 a 0,876312, de 0,851280 a 0,918475 e de 0,885516 a 0,991702, respectivamente; para as temperaturas de 50 e 70°C verifica-se comportamento decrescente com o aumento dos °Brix não ocorrendo o mesmo com a temperatura de 60°C, aumentando do °Brix de 50 para 60 e diminuindo no °Brix de 70.



**Figura 20** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no °Brix de 50 pela equação de Page, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 21** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no °Brix de 60 pela equação de Page, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Figura 22** - Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados do caju no °Brix de 70 pela equação de Page, obtidas por regressão não linear nas temperaturas de 50, 60 e 70°C



**Tabela 18** - Coeficientes da equação de **Page**, obtida por regressão não linear em secagem com pré-secagem osmótica para o caju em diferentes temperaturas (50 60 e 70°C), Campina Grande, PB, 2006

<b>Equação de Page</b>				
$RU = \exp(-k.t^n)$				
<b>°Brix</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>K</b>	<b>n</b>	<b>R<sup>2</sup>(%)</b>
<b>50</b>	50°C	0,002975	0,876312	99,82
	60°C	0,003982	0,851280	99,89
	70°C	0,001698	0,991702	99,87
<b>60</b>	50°C	0,002402	0,870437	99,58
	60°C	0,002681	0,918475	99,97
	70°C	0,003148	0,916030	99,97
<b>70</b>	50°C	0,003939	0,813335	99,70
	60°C	0,002662	0,899789	99,89
	70°C	0,003802	0,885516	99,95

#### 4.5 Análise Sensorial

Na Tabela 19 estão contidas as médias de 35 valores atribuídos pelos provadores, aos 4 atributos sensoriais, Aparência Geral, Cor, Aroma e Sabor, analisados para classificar as passas de caju.

**Tabela 19** – Média de 35 valores atribuídos pelos provadores para os atributos sensoriais de passas de caju, conforme parâmetros de concentração de açúcar da solução osmótica e temperaturas de secagem utilizadas para sua elaboração, Campina Grande, PB, 2006

CONCENTRAÇÃO	ATRIBUTOS SENSORIAIS				
	Temperatura	Aparência	Cor	Aroma	Sabor
50°BRIX	50°C	6,48±1,32	6,58±1,58	6,70±1,51	6,58±2,09
	60°C	5,70±1,76	6,25±1,48	6,32±1,65	6,16±2,00
	70°C	5,93±1,62	6,29±1,76	6,19±1,91	6,12±2,41
60°BRIX	50°C	5,70±2,03	5,90±1,77	6,22±1,77	5,77±2,20
	60°C	7,06±1,32	7,19±1,45	6,64±1,75	6,87±1,70
	70°C	6,64±1,47	6,74±1,68	6,64±1,33	6,90±1,59
70°BRIX	50°C	5,32±1,73	5,67±1,86	5,87±1,91	5,77±1,98
	60°C	7,25±1,52	7,22±1,54	6,93±1,43	6,90±1,94
	70°C	6,54±1,86	7,09±1,25	7,12±1,31	7,06±1,58

A Tabela 20 contém os resultados da avaliação sensorial das passas de caju, segundo análise de variância. Percebe-se que as médias dos valores para os atributos sensoriais foram estatisticamente diferentes às de 1% de probabilidade em relação às temperaturas de secagem e quanto à interação °Brix x Temperatura. Quanto à interação °Brix X atributos sensoriais, verificaram-se diferenças significativas a nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 20** – Análise de variância dos valores de atributos sensoriais de passas de caju, Campina Grande, PB, 2006

EXPERIMENTO FATORIAL - QUADRO DE ANÁLISE		
F.V.	G.L.	F
°BRIX (F1)	2	2,9588 ns
TEMP.DE SECAGEM (F2)	2	15,4602 **
ATRIBUTOS SENSOR, (F3)	3	1,1718 ns
Int. F1xF2	4	12,4739 **
Int. F1xF3	6	0,1539 *
Int. F2xF3	6	0,4886 ns
Int. F1xF2xF3	12	0,4038 ns
Resíduo	1080	
Total	1115	

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

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

ns Não significativo (p-valor  $\geq$  0,05)

Na Tabela 21 se acham os valores médios dos atributos sensoriais aparência, cor, aroma e sabor, obtidos por avaliação sensorial para passa de caju, conforme temperatura de secagem.

**Tabela 21** – Comparação entre as médias dos valores atribuídos à passa de caju, conforme temperatura de secagem, Campina Grande, PB, 2006

Temperatura	Valores médios atribuídos para os perfis sensoriais
50°C	6,05 b
60°C	6,71 a
70°C	6,61 a

DMS2 = 0,3

Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Percebe-se, na Tabela 21, que as temperaturas de 60°C e 70°C foram igualmente melhores, na opinião dos provadores, do que a temperatura de 50 °C para a elaboração da passa de caju, no que se refere à média geral de todos os atributos sensoriais avaliados.

A Tabela 22 indica que, de modo geral, as melhores passas na opinião dos provadores foram aquelas obtidas para as seguintes combinações; pré-secagem osmótica

em solução a 50 °Brix e secas a 50°C; pré-secagem osmótica em solução a 60 °Brix e secas a 60°C e a 70°C; pré-secagem osmótica em solução a 70 °Brix e secas a 60°C e a 70°C, respectivamente. As passas de caju obtidas conforme as demais combinações foram julgadas levemente inferiores.

**Tabela 22** – Valores médios dos atributos sensoriais de passa de caju para diferentes concentrações de sacarose da solução osmótica de tratamento pré-secagem e temperaturas de secagem convencional, Campina Grande, PB, 2006

Concentrações	Temperaturas		
	50°C	60°C	70°C
50°Brix	6,58 aA	6,11 bA	6,13 bA
60°Brix	5,90 bB	6,94 aA	6,73 aA
70°Brix	5,66 bB	7,08 aA	6,95 aA

DMS para colunas = 0,52

DMS para linhas = 0,52

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Analisando-se a Tabela 23, constata-se que a Aparência das passas, secas às temperaturas de 60°C e 70°C foram as que receberam as melhores notas, por parte dos provadores, o mesmo resultado se aplicam a Cor e ao Sabor. Apenas o Aroma da passa de caju não sofreu influência da temperatura de secagem.

**Tabela 23** - Valores médios dos atributos sensoriais de passa de caju para as diferentes temperaturas de secagem, Campina Grande, PB, 2006

TEMPERATURA DE SECAGEM	ATRIBUTOS DE TEXTURA			
	Aparência	Cor	Aroma	Sabor
50°C	5,83 bA	6,05 bA	6,26 aA	6,04 bA
60°C	6,67 aA	6,89 aA	6,63 aA	6,64 aA
70°C	6,37 aA	6,70 aA	6,65 aA	6,69 aA

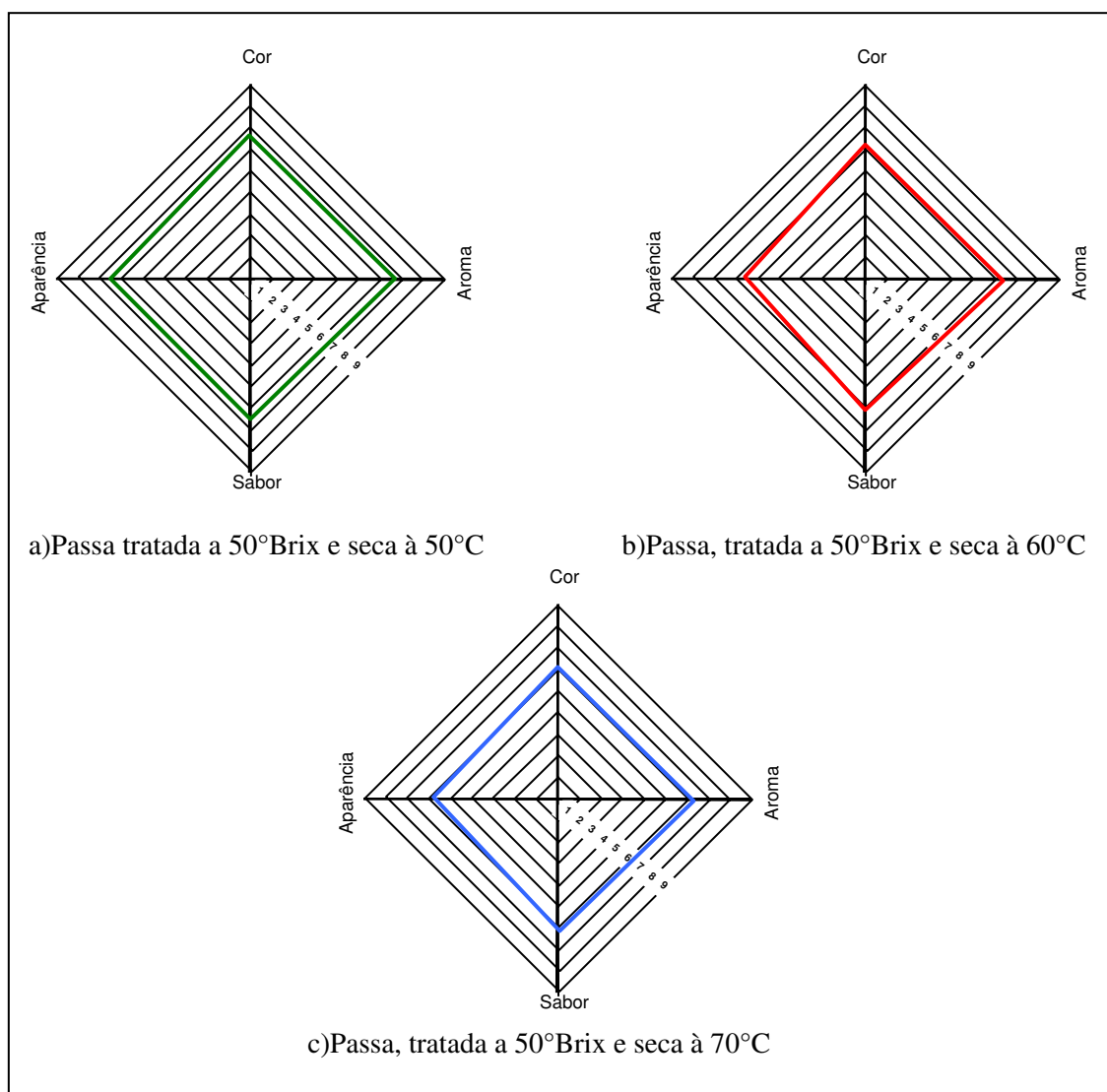
DMS para colunas = 0,6

DMS para linhas = 0,658

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si a nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Com base nas médias obtidas na análise sensorial, chegou-se aos perfis de respostas sensoriais dos atributos avaliados para as diversas passas elaboradas conforme tratamentos osmóticos e de secagem empregados.

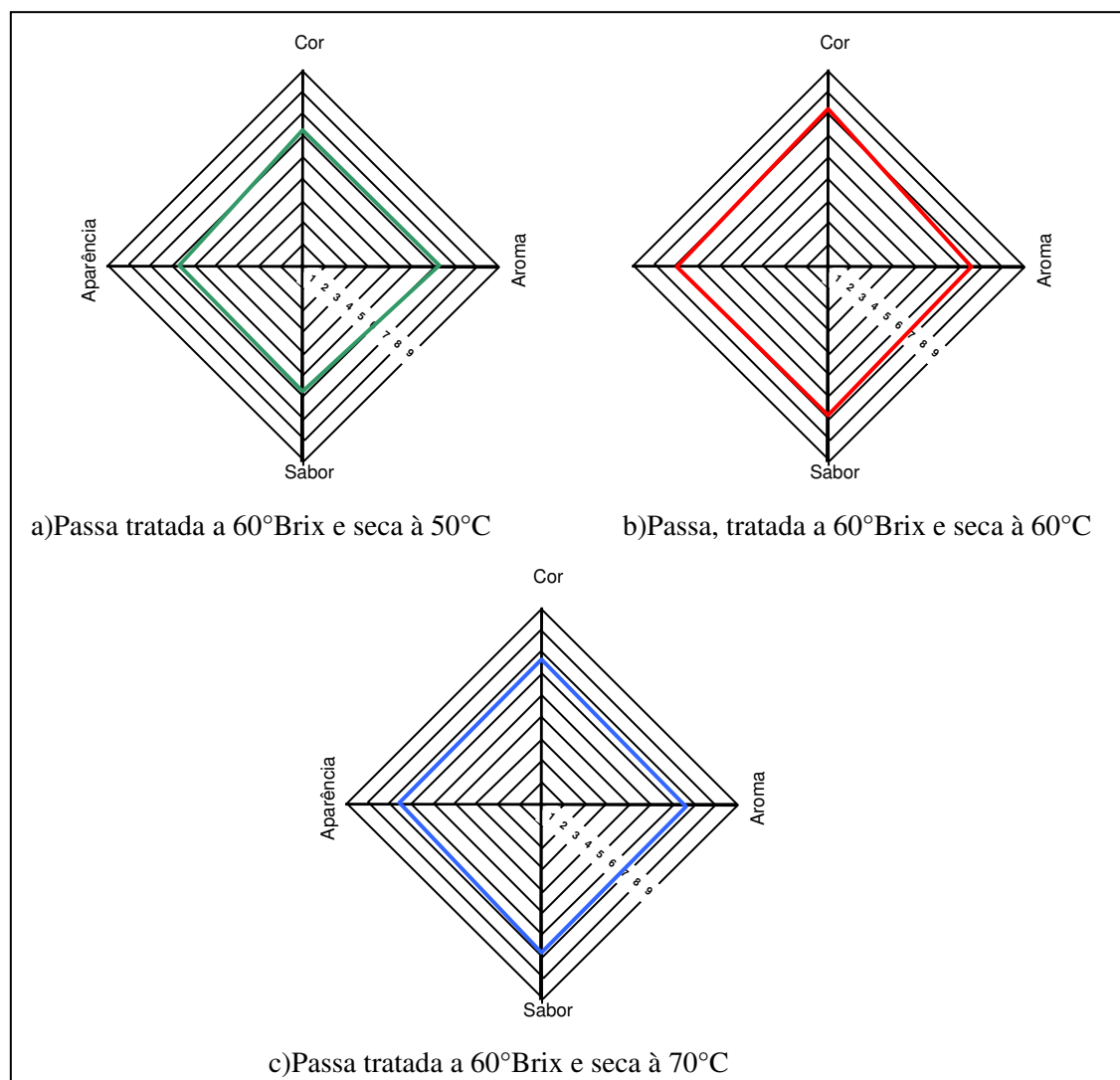
Na Figura 23 (a), (b) e (c) encontram-se os perfis sensoriais obtidos para os caju-passa elaborados com tratamento em solução de sacarose a 50°Brix e temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C, respectivamente.



**Figura 23** - Perfil sensorial da passa de caju elaborada com pré-secagem em solução osmótica de sacarose a 50°Brix seguida de secagem complementar em secador de bandejas, nas temperaturas de 50°C (a), 60°C (b), 70°C (c), Campina Grande, PB, 2006

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os atributos sensoriais (aparência, cor, aroma e sabor) para o caju-passa feito com pré-tratamento osmótico em xarope de sacarose a 50°Brix percebe-se pela Figura 23 que o perfil (a) representa a amostra com os maiores valores, ou seja, a passa seca a 50°C.

Na Figura 24 (a), (b) e (c) encontram-se os perfis sensoriais obtidos para os caju-passa elaborados com tratamento em solução de sacarose a 60°Brix, seguidos de secagem às temperaturas de secagem de 50°C (a), 60°C (b) e 70°C (c), respectivamente.



**Figura 24** - Perfil sensorial da passa de caju, elaborada com pré-secagem em solução osmótica de sacarose a 60°Brix, seguida de secagem complementar em secador de bandejas nas temperaturas de 50°C (a), 60°C (b), 70°C (c).

Observando-se os perfis sensoriais contidos na Figura 24, tem-se que as passas de caju pré-tratadas em solução de sacarose a 60 °Brix, obtidas nas temperaturas de 60 °C (b) e de 70°C 9 (c), obtiveram maior aprovação por parte dos provadores; assim, como verificado na análise de variância, os maiores valores obtidos a essas temperaturas foram para os atributos aparência, cor e sabor; quanto ao aroma da passa, não houve diferença significativa para este tratamento.

Na Figura 25 (a), (b) e (c) encontram-se os perfis sensoriais obtidos para os cajus-passa elaborados com tratamento em solução de sacarose a 70°Brix e seguidos de secagem em secador de bandejas nas temperaturas de e 50, 60 e 70°C, respectivamente.

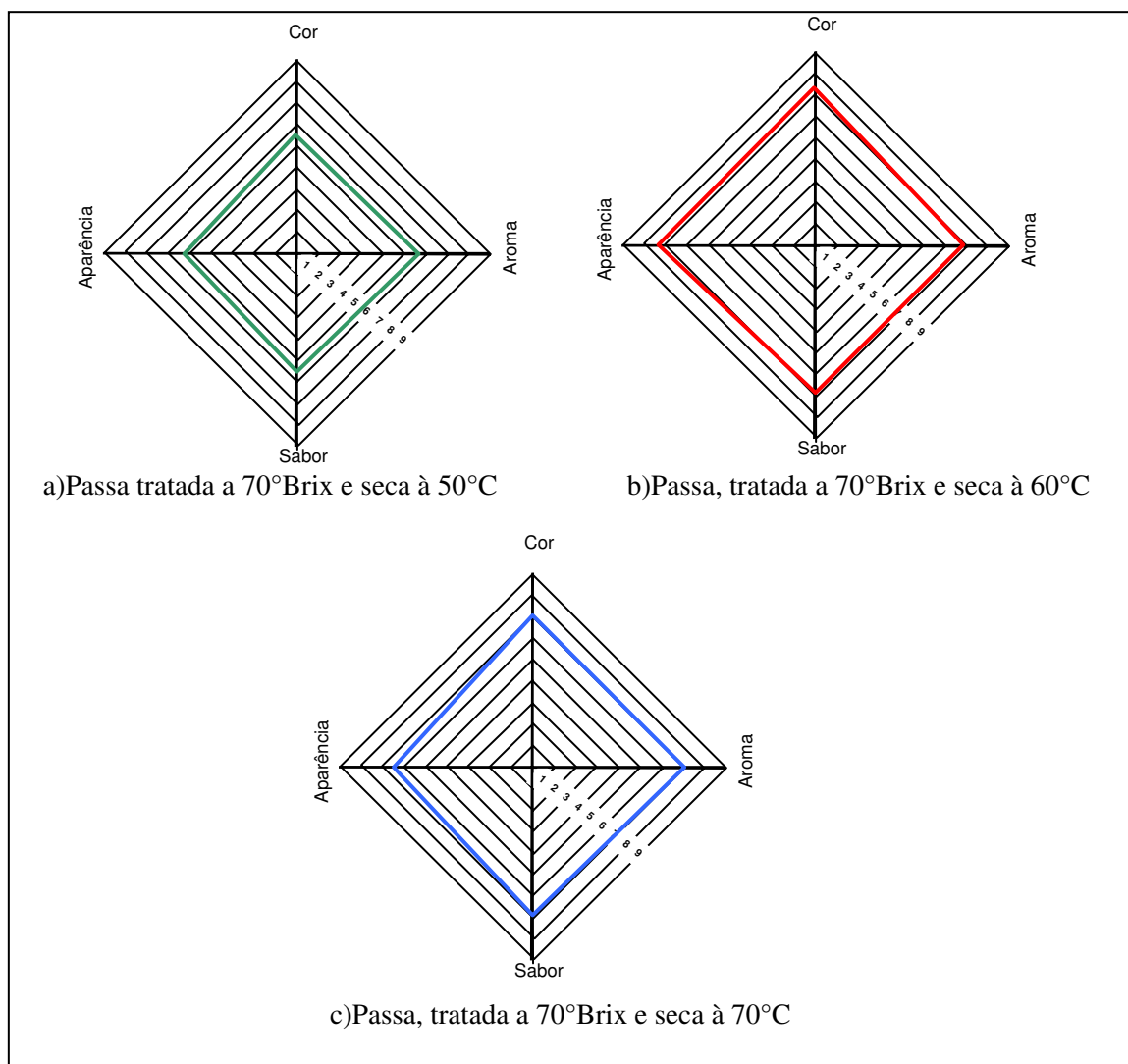
Observando-se os perfis sensoriais contidos na Figura 25, é claramente perceptível que as passas secas nas temperaturas de 60°C (b) e 70°C (c) se configuram como as melhores, na opinião dos provadores, para os cajus que sofreram pré-secagem osmótica em solução de sacarose a 70°Brix.

Um julgamento geral dos aspectos sensoriais leva a concluir que foram poucas as diferenças obtidas entre os tratamentos utilizados; de forma geral, a maioria das formulações foi, estatisticamente, igualmente preferida; os julgadores manifestaram, ainda, que havia grande semelhança entre as amostras, sendo difícil, ordená-las.

Constata-se, em relação ao atributo sensorial aroma, que todas as passas foram classificadas iguais, segundo os provadores; quanto aos demais atributos, as passas elaboradas com tratamento em solução de sacarose a 60 °Brix e 70 °Brix, nas secagens de 60°C e 70°C despertaram melhor avaliação quanto a aparência, cor e sabor, acarretando diferenças significativas em relação às passas preparadas com tratamento prévio em solução de sacarose a 50°brix, independente da temperatura de secagem usada para esta concentração.

De acordo com SUNETT (1998), o sabor é um dos fatores principais que influenciam a decisão de consumo de alimentos processados; assim, as passas elaboradas com tratamento em solução de sacarose a 60°Brix e a 70°Brix em temperaturas de 60°C ou de 70°C, representam os melhores resultados, devendo-se decidir, entre elas, por aquela que apresentar menor custo de processamento.





**Figura 25** - Perfil sensorial da passa de caju elaborada com pré-secagem em solução osmótica de sacarose a 70°Brix, seguida de secagem complementar em secador de bandejas, nas temperaturas de 50°C (a), 60°C (b), 70°C (c)

## 5 CONCLUSÕES

Ante os resultados obtidos com a secagem de caju com pré-tratamento osmótico em xaropes com 50, 60 e 70 °Brix, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C para as caracterizações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais e para as curvas de secagem usando-se as equações propostas por Fick com 1, 2 e 3 termos da série, Cavalcanti Mata e Page, conclui-se que:

- ♣ Os teores de açúcares redutores, totais, não redutores e sólidos solúveis (°Brix) aumentaram com a secagem de 6,35 para 42,96, de 10,17 para 72,91, de 3,81 para 46,38 e de 11,67 para 69,50, respectivamente, em função do tratamento térmico e do aumento da acidez de 1,11 para 4,93, contribuindo para que ocorra a inversão da sacarose durante a osmose e secagem;
- ♣ ocorreu elevação da vitamina C, de 121,99 para 138,81 mg/100g e redução do pH, de 4,07 para 3,27, no processamento osmótico em virtude da incorporação de ácido cítrico ao xarope e, durante a secagem a vitamina C foi afetada com uma significativa redução, ficando com 72,29 mg/100g;
- ♣ as passas de caju estão dentro dos padrões microbiológicos para consumo com  $2 \times 10^3$  UFC/g para mofos e leveduras e  $10^2$  NMP/ml para coliformes à 45°C;
- ♣ na desidratação osmótica a perda de água e ganho de sólidos foram proporcionais à concentração do xarope (quanto maior o °Brix maior a perda de água e o ganho de sólidos). A perda de água se deu mais intensamente nos primeiros 600 minutos iniciais e o ganho de solutos nas 3 primeiras horas do processo;
- ♣ a equação que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem do caju com pré-tratamento osmótico foi a proposta por Cavalcanti Mata, com coeficiente de determinação em média de 99,93%, seguida da equação proposta por Page, obtendo-se também um bom coeficiente de determinação médio de 99,50%;
- ♣ a equação proposta por Fick, com 1, 2 e 3 termos da série, não representa bem os dados experimentais de secagem mas, sim, apresentando coeficientes de

determinação em média de 66,16; 87,83 e 93,03%, respectivamente. Constatou-se comportamento crescente dos coeficientes de difusão com o aumento da temperatura;

- ♣ sensorialmente, a melhor aparência e cor das passas de caju foram a desidratada osmoticamente em xarope com 70 °Brix e secas à 60°C com uma nota média de 7,23. Nos atributos aroma e sabor, as passas desidratadas em 70 °Brix e secas a 70°C foram as preferidas dos provadores, com nota média igual a 7,10 correspondendo a gostei regularmente, na escala hedônica, para todos os atributos sensoriais.

## **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALZAMORA, S.M.; ARGAIZ, A.; WELTI, J. Fruit preservation by combined factors. **Food Research International**. vol. 25, p. 159-165, 1992.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L.R.; CARVALHO, N.R.P.; FIGUEIREDO, B.I.; MANTOVANI, B.M.D.; MORAES, M.R. **Análise química de alimentos**: Campinas, São Paulo, 1987. 123p. (Manual Técnico).

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16°. ed. Maryland: AOAC, 1997. 1141p.

BLEINROTH, E.W. **Frutas tropicais: Caju**. In: MEDINA, J.C. et al., v. 4. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas: ITAL, 1978-1980. 10 p.

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

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. Campinas, 1985. Fundação Cargill. 306 p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química de processamento de alimentos**. 2°. ed. São Paulo: Varela, 1992, p.121-122.

BRANDAO, M.C.C.; MAIA, G.A.; LIMA, D.P.; PARENTE, E.J.de S.; CAMPELLO, C.C.; NASSU, R.T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P.H.M. de; Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. **Revista Ciencia Agronomica**, vol. 34, n.2, p. 139-145, 2003.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e cooperativismo. Instrução Normativa conjunta SARC/ANVISA/INMETRO Resolução RDC nº. 12, de 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 jan. 2001. Disponível em: <http://www.vigilanciasanitaria.gov.br/anvisa.html>. Acesso em: 12 fev.2006.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York, The AVI Van Nostrand Reinhold, 1992, 450 p.

CARBAJAL, A.C.R.; MESQUITA, T.C. Fatores associados à adoção de tecnologia na cultura do caju. In: MESQUITA, T.C. **Estudos de economia agrícola**. Sobral: UVA, 1998.

CARIOCA, J.O.B.; HILUY, J.J.F.; GAZELLI, F. Cadeia do Caju: Novas Possibilidades para o Ceará. Pesquisas FUNCAP – **Revista de Ciência e Tecnologia** – v. 2, p. 17 a 21, out., 2003.

CARVALHO, R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990, 121p.

CARVALHO FILHO, C.D. **Conservação de cerejas (*Prunus avium* L.), cv. Ambrunés, utilizando coberturas comestíveis**. Campinas, São Paulo, dez. de 2000.

CASTRO, F.A.F.; AZEVEDO, R.M.C.; SILVEIRA, I.L. **Estudo experimental dos alimentos**. Viçosa, Ed. UFV, 7-17 p., 1998.

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Efeito Efeitos da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo, em camada estacionária, sobre a armazenabilidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade carioca: Avaliação experimental modelagem e simulação**. Campinas-SP. Universidade Estadual de Campinas. (Tese de doutorado), 1977.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. Heloísa Máscia Cecchi.-2º. ed.rev. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003, p.

CHAVES, J.B.P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993, 31 p.

CHAVES, J.B.P.; SPROESSES, R.L. **Práticas de laboratório de análises sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996, 81 p.

CHIANG, W.C.; PETERSEN, J.N. Thin layer air drying of fresh field potatoes. **Journal of Food Technology**. v. 20, p. 67-68, 1985.

CHITARRA, M.I.F. Colheita e qualidade de produtos vegetais. **Armazenamento e Processamento de produtos agrícolas**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. Cap. 1, p. 1-58.

CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós – colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós – colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2º. Ed. rev. e ampl. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p.

COSTA, T.S.A.; LIMA, L.A.; FREIRE, S.A. **Avaliação de metodologia para determinações de taninos no suco de caju**, 1996.

CRANCK, J. **The mathematics of diffusion**. Pergamon Press, Oxford, 1975.

CRUZ, V.M.F. da. **Secagem de produtos agrícolas, obtenção de fruta passa a partir do pseudofruto do cajueiro (*Anarcadium occidentale L.*)**. Natal. UFRN, 1989. 101 p. Dissertação de Mestrado.

DIAS, P.P.B.; OLIVEIRA, G.S.F.de. Pesquisa desenvolve creme inédito de amêndoa de castanha do caju. Pesquisas FUNCAP - **Revista de Ciência e Tecnologia** – vol. 2, p., 6 e 7, agos.2001.

EI-AQUAR, A.A.; MURR, F.E.X. Estudo e modelagem de cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 23, n. 1, 17 p. Campinas, 2003.

EMPRESA ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DA PARAÍBA S/A. Produção agrícola municipal, 2005. Disponível em: <[http://www.emepa.org.br/redes\\_refer\\_agreste.php](http://www.emepa.org.br/redes_refer_agreste.php)>. EMEPA. Acesso em: 18/11/2005.

FAVA, A.R. FEA é a referência em melhoria de alimentos. Disponível em: <[http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/abril2004/ju249pag4a.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2004/ju249pag4a.html)>

**Jornal da Unicamp**. Acesso em: 27/10/2004.

FIGUEROA, R. – **Princípios de secagem de produtos biológicos** – João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229 p.

FITO, P.; ANDRÉS, A.; CHIRALT, A.; PARDO, A.; FITO, P. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 21, p. 229-240, 1996.

FORTES, M.; OKOS, M. Drying theories: their bases and limitations as applied to foods and grains. In: **Advances in drying**, ed. Arum S. Mujundar, Hemisphere Publishing Corporation. Washington, v. 1, p. 119-154, 1980.

GABAS, A.L. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. Campinas-SP. Universidade Estadual de Campinas. (Dissertação), 1998.

GOUVEIA, J.P. – **Avaliação da cinética de secagem do gengibre (*Zingiber officinale*, *Roscoe*)**. Campinas-SP. Universidade Estadual de Campinas. (Tese), 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. V. 1, 1985, 553 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5497**, Sensory Analysis – Methodology – guidelines for the preparation of samples for which direct sensory analysis is not feasible. Geneve, 1982, 4 p.

JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos**. 2ªEd. [S.l.]: Editorial Acribia, 1978. p. 491.

KROKIDA, M.K.; KIRANOUDIS, C.T.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS KOURIS, D. Drying kinetics of some fruits. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 6, p. 1251-1267, 2000.

LACERDA, M.A.D. de; LACERDA, R.D. de; ASSIS, P.C.de O. A participação da fruticultura no agronegócio brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. V. 4. n. 1, 2004. ISSN 1519-5228.

LIMA, A.da S.; FIGUEIREDO, R.W.; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; SOUZA NETO, M.A. de; SOUZA, C.R. de. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v. 26, n.1, p.107-109. Abr., 2004.

LIMA, A.da S.; FIGUEIREDO, R.W.de; MAIA; G.A.; LIMA, J.R.; SOUZA NETO, M.A. de; SOUZA, C.R. de. Estudo das variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de melão. **Revista Ciências e Tecnologia de Alimentos**. V. 24, n. 2, p. 282-286. abr./jun ISSN 2004 0101-2061.

MAIA, G.A., FIGUEIREDO, R.W., SANTOS, P.H.M. Técnica aumenta tempo de conservação da goiaba. Pesquisas FUNCAP – **Revista de Ciência e Tecnologia** – v. 1, n.4, p 11 e 12, abri., 2002.

MARTINS, C.R.; TAVARES, J.C.; VASCONCELOS, G.C. de. **Pós colheita de frutas de clima temperado – Parâmetros de acompanhamento da maturação** – UFPEL, 2005. Disponível em: < <http://minerva.ufpel.edu.br/~giucle/fc1.doc> >. Acesso em: 03/01/06.



MASTRELLI, A.; SCALZO, R.; LUPI, D.; BERTOLO, G.; TORREGIANI, D. Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, cv. *Reticulates* Naud). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, nº. 2, p. 255-260, 2001.

MAZZA, G.; LE MANGUER, N. Dehydration of onion: some theoretical and practical considerations. **Journal of Food Technology**. v.15, p.181-194, 1980.

MEDINA, J.C.; BLEINROTH, E.W.; BERNHARDT, L.W. **Instituto de Tecnologia de Alimentos. Frutas Tropicais**. Campinas: ITAL, 1978-1980. 10n.

MEGALE, J. **Influência do estágio de maturação e da condição de armazenagem em parâmetros sensoriais, químicos e microbiológicos de manga, cultivar Palmer, semiprocessada**. (Dissertação). Campinas, SP: [s.n.], 2002.

MELO, D.F.de; LIMA, M.da G.S.; NOGUEIRA, F.D.L. Manejo na Pós Colheita Melhora a Conservação de Frutas Tropicais. Pesquisas FUNCAP – **Revista de Ciência e Tecnologia** – v. 2, p. 16 e 17, agos.,2001.

MELO FILHO, J.R.T. Fruticultura – Caju oferece emprego e renda nas longas estiagens. **Informativo Técnico da Revista Gleba**, outubro de 2002. Disponível em <http://www.cna.org.br/Gleba02/Out/ArtigoCaju.htm>. Acesso em 15/12/2005.

MESQUITA, P.C.; MAIA, G.A.; SOUZA FILHO, M.S.M.; NASSAU, R.T. Pedúnculos de caju (*Anarcadium occidentale* L.) processados por desidratação osmótica. **Revista Ciência de Alimentos**. V. 4, n.1, jun./nov, 2002.

MESQUITA, P.C.; MAIA, G.A.; SOUZA FILHO, M.S.M; NASSU, R.T. Estabilidade microbiológica, físico-química e sensorial de pedúnculos de caju (*Anarcadium occidentale* L.) processados por métodos combinados. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 23, n.3, Campinas, set./dez., 2003. ISSN: 0101-2061.

MISRA, M.K.; BROOKER, D.B. Thin layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 5, p. 1254-1260, 1980.

MORAIS, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas, UNICAMP, 1993, 93 p.

MORI, E.E.M. **Métodos sensoriais e físicos para avaliação de alimentos e bebidas**. Princípios e aplicação. Cap. 1: Noções gerais sobre qualidade. Campinas: ITAL, 1982.

NEVES, F.L.C.; **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. IBF, ABRAVA E SINDRATAR, 1991, 176 p.

OLIVEIRA, J.R.de. **Desenvolvimento de uma bomba de calor para secagem de produtos termosensíveis: sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) variedade “carioca”**. (Dissertação). Campina Grande: UFPB, 2000. 89 p.

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. Lafayette, Mechanical Engineering Department. Dissertação de mestrado, 1949.

PARTI, M. e DUGMANICS, I. Diffusion coefficient for corn drying. **Transactions of the ASAE**. v. 33, n°. 5, p. 1652-1656, 1990.

PARRY, J.L. Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: A review. **Journal of agricultural Engineering**. Researches. v. 32, p. 1-29, 1985.

PANAGIOTOU, N.M.; KARATHANOS, V.T.; MAROULIS, Z.B. Mass transfer modeling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 33, p. 267-284, 1998.

PINHEIRO, R.V.R.; MARTELETO, L.O.; SOUZA, A.C.G.de; CASALI, W.D.; CONDÉ, A.R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 31, p. 360-387, 1984.

PITT, J.I; HOCKING, A,D. **Fungi and Food Spoilage**. [S.l.]: Academic Press, 1985. 412 p.

PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos** – Armazéns e silos. Ed. Agronômica. Ceres, São Paulo, 1977.

RAOULT-WACK, A.L.; LENART, A.; GUILBERT, S. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science e Technology**, n. 5, p. 255-260, agos., 1994.

RAVINDRA, M.R.; CHATTOPADHYAY, P.K. Optimization of osmotic pre-concentration and fluidized bed drying to produce dehydrated quick-coking potato cubes. **Journal of Food Engineering**, n. 4, p. 5-11, 2000.

RIBEIRO, M.S.; SABAA-SRUR, A.U.O. Saturação de Manga (*Mangífera indica* L.), var. rosa com açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, 1999.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. 1<sup>a</sup>. edição. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda. - Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p. ISBN: 85-212-0326-8.

SGARBIERE, V.C. **Alimentação e Nutrição**. Campinas: UNICAMP, 1987, 387 p.

SILVA, F.A.de S.; **Assistat**, 7.3 versão beta, 2005. Departamento de Engenharia Agrícola do CCT – UFCG, Campus I, Campina Grande, PB – Brasil. Disponível em: <<http://assistat.sites.uol.com.br>>. Acesso em: jan., 2006.

SILVA, J.de S. **Pré processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, M.G. Instituto Maria, 1995, 509 p.

SILVA, J.A. Microorganismos patogênicos em carne de frango. **Revista Higiene Alimentar**. Nº. 58. Outubro 1998. <http://www.bichoonline.com.br/artigos/ha0019.htm> Capturado em 12/02/2006.

SILVA, N. da. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1997. ISBN: 85-85519-33-9.

SINGH, B.P.; NARAIN, A.I.; SINGH, H. Kinetics of water sorption by wheat flour sutured atmosphere. **Journal of Food Science and Technology**. v. 18, p. 210-206, 1981.

SOUSA, S. de. **Desenvolvimento experimental de passa de umbu (Spondias tuberosa, Arruda Câmara)**. (Dissertação). Campina Grande: UFPB, 1999. 98 p.

SOUZA FILHO, M.S.M.; LIMA, J.R.; SOUZA, A.C.R.; FIGUEIREDO, R.W.de; MAIA, G.A. **Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 19, n°. 2, p. 211-213, 1999.

STATISTICA. Sistema operacional 7.0. Disponível em: < <http://www.statsoft.com> >  
Acesso em: jan., 2006.

SUNETTI. **O Conceito**. São Paulo. Hoechst, 1998, 11 p. Folheto.

TEIXEIRA E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180 p. (Série Didática).

TORREGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruits processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 4, p. 247-255, 2001.

VACAREZZA, L.M.; LOMBARDI, J.L.; CHIRIFE, J. Kinetics of moisture movement during air drying of sugar beet root. **Journal of Food and Agriculture**. v. 1, n°. 3, p. 187-188, 1974.

WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Conteúdo enciclopédico. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=PH&oldid=1101568> . Acesso em: 03/01/2006

<http://www.lamic.ufsm.br/Aw.html>

Acesso em 02/11/2004.

[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=1380](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=1380)

Acesso em 27/10/04. Data Edição: 21/01/03 Fonte: Núcleo de Estudo – UFLA.

# ANEXOS

**Tabela 24** – Dados experimentais da cinética de secagem do caju à 50°C com pré-tratamento osmótico com 50, 60 e 70 °Brix.

T (min)	RU		
	50 °Brix	60 °Brix	70 °Brix
0	1,0000	1,0000	1,0000
30	0,9047	0,9161	0,8800
60	0,8725	0,8938	0,8560
90	0,8472	0,8723	0,8288
120	0,8122	0,8467	0,7992
180	0,7566	0,8064	0,7487
240	0,7026	0,7658	0,7000
300	0,6525	0,7274	0,6551
360	0,6035	0,6880	0,6121
420	0,5615	0,6517	0,5736
480	0,5214	0,6174	0,5376
540	0,4876	0,5880	0,5065
600	0,4499	0,5548	0,4741
1320	0,1848	0,2711	0,2132
1680	0,1226	0,1869	0,1444
2040	0,0915	0,1469	0,1126
2760	0,0561	0,0794	0,0597
3120	0,0223	0,0448	0,0343
3480	0,0175	0,0200	0,0156
3840	0,00115	0,0130	0,0103
4200	0,0072	0,0078	0,0082

**Tabela 25** – Dados experimentais da cinética de secagem do caju à 60°C com pré-tratamento osmótico com 50, 60 e 70 °Brix.

T (min)	RU		
	50 °Brix	60 °Brix	70 °Brix
0	1,0000	1,0000	1,0000
30	0,9062	0,9397	0,9056
60	0,8608	0,8936	0,8552
90	0,8213	0,8536	0,8160
120	0,7853	0,8173	0,7800
180	0,7178	0,7529	0,7180
240	0,6578	0,6913	0,6605
300	0,6034	0,6436	0,6101
360	0,5565	0,5930	0,5609
420	0,5092	0,5441	0,5161
480	0,4754	0,5086	0,4861
540	0,4390	0,4694	0,4481
600	0,4085	0,4385	0,4197
1320	0,1555	0,1705	0,1641
1680	0,0999	0,1102	0,1077
2040	0,0620	0,0694	0,0677
2760	0,0228	0,0266	0,0277
3480	0,0029	0,0037	0,0041



**Tabela 26** – Dados experimentais da cinética de secagem do caju à 70°C com pré-tratamento osmótico com 50, 60 e 70 °Brix.

T (min)	RU		
	50 °Brix	60 °Brix	70 °Brix
0	1,0000	1,0000	1,0000
30	0,9444	0,9260	0,9369
60	0,8979	0,8746	0,8872
90	0,8551	0,8237	0,8394
120	0,8125	0,7764	0,7913
180	0,7356	0,6878	0,7128
240	0,6728	0,6190	0,6455
300	0,6152	0,5560	0,5846
360	0,5627	0,5006	0,5297
420	0,5115	0,4500	0,4791
480	0,4697	0,4100	0,4384
540	0,4316	0,3732	0,3996
600	0,3953	0,3392	0,3618
1320	0,1016	0,0941	0,0970
2040	0,0136	0,0286	0,0219
2760	0,0009	0,0011	0,0011