

Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Departamento de Tecnologia de Alimentos

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

**OTIMIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS  
DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA A VÁCUO E A  
PRESSÃO AMBIENTE DE PSEUDOFRUTO DE CAJÚ  
(*Anacardium occidentale* L)**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Amanda Faria Querido, aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de fevereiro de 2000.

Campinas, 25 de fevereiro de 2000.

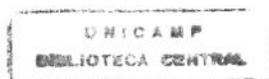
Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa  
García - Presidente da Banca -

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

**Amanda Faria Querido**  
**Engenheira de Alimentos**

**Dr. Nelson Horacio Pezoa García**  
**Orientador**

**Campinas, fevereiro de 2000.**



2000-198-11

UNIDADE	Bc
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	Q35o
V.	Ex.
TOMBO BC/	40785
PROC.	278100
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	\$ 11,00
DATA	31/03/00
N.º CPD	

CM-00138990-2

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

Q35o

Querido, Amanda Faria

Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de cajú (*Anacardium occidentale* L) / Amanda Faria Querido. – Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Nelson Horacio Pezoa Garcia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Desidratação. 2.Secagem. 3.Vácuo. 4.Cajú. I.Pezoa Garcia, Nelson Horacio. II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

**Aos meus queridos  
Mamãe e Papai.**

---

## **Agradecimentos**

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

À Deus.

Ao Prof. Horacio pela orientação, criatividade e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Jardine pela prontidão e receptividade.

Às Prof.<sup>as</sup> Hilary e Miriam pelas colaborações e sugestões oferecidas.

À EMBRAPA/CNPAT pelo fornecimento de toda a matéria-prima, especialmente à Deborah, ao Sr. Romildo e à Vivian, sempre tão atenciosos e prestativos.

À Prof.<sup>a</sup> Bel pelas dúvidas tiradas sobre o planejamento experimental.

À todos os técnicos do Departamento de Tecnologia de Alimentos desta faculdade, especialmente à Aninha e à Priscila pela ajuda, paciência e amizade; à Bernadete e à Ana Lourdes pela gentileza e pela ajuda.

Aos funcionários, especialmente: Marlene, Marçal, Cosme, Adriana e Waldeci.

Aos meus queridos irmãos: Ro, Nani e Di que apesar da distância sempre povoam meus pensamentos.

À Madra querida por todo incentivo, apoio e confiança.

À amiga Luciane pelo carinho e apoio nestes longos dias, pelo companheirismo em todas as horas e pelos inúmeros serviços de "rádio taxi" ☺

Ao querido Pavão por toda paciência, compreensão e percepção lógica.  
Desculpe todo o stress :- P

À Aline, Dola e família pelo carinho com que me acolhem.

À Waninha pela atenção e paciência no dia-a-dia.

Aos amigos Ricardinho, Gabit@, Alessandra, Luís Henrique, Eliete, Cristina, Ette, e Edy pelo incentivo e pelas muitas alegrias e risadas que demos juntos.

Enfim, à todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que eu aqui chegasse.....

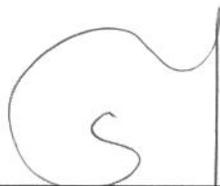
**Muitíssimo obrigada a todos!!!!**

**“Hã sabedoria em não crer  
saber aquilo que tu  
nã sabes”**

**Sócrates**

**BANCA EXAMINADORA**

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

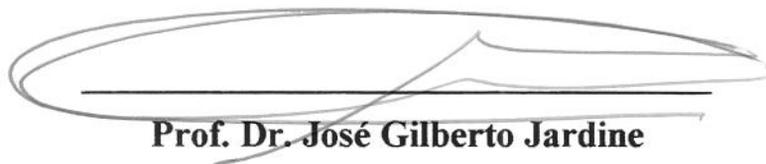


---

**Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia**  
**(Orientador)**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Miriam Dupas Hubinger**  
**(Membro)**



---

**Prof. Dr. José Gilberto Jardine**  
**(Membro)**



---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Hilary Castle de Menezes**  
**(Membro)**

# Índice Geral

<b>Índice de Tabelas.....</b>	<b>i</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de Anexos.....</b>	<b>vii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>ix</b>
<b>Summary.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. A Desidratação Osmótica .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Da Transferência de Massa .....	5
2.1.2. Da Temperatura.....	7
2.1.3. Do Tamanho do Material.....	10
2.1.4. Do Agente Osmótico .....	11
2.1.5. Da Agitação .....	14
2.1.6. Do Efeito do Vácuo .....	15
<b>2.2. Atividade de Água.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3. O Caju (<i>Anacardium occidentale</i> L).....</b>	<b>21</b>
2.3.1. A Origem do Nome .....	21
2.3.2. Características Gerais.....	22
2.3.3. Composição Físico - Química .....	24
2.3.4. Alguns Aspectos Geográficos e Sócio-Econômicos.....	27
<b>3. Materiais e Métodos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Materiais .....</b>	<b>29</b>
3.1.1. Matéria-prima .....	29
3.1.2. Agente osmótico .....	29
3.1.3. Antioxidante.....	30

3.1.4. Reagentes .....	30
<b>3.2. Equipamentos.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3. Métodos Analíticos .....</b>	<b>32</b>
3.3.1. Ácido ascórbico .....	32
3.3.2. Peso total da amostra e da solução osmótica .....	33
3.3.3. °Brix.....	33
3.3.4. Sólidos totais .....	33
3.3.5. Atividade de água (Aw).....	35
3.3.6. pH.....	35
3.3.7. Acidez titulável total.....	35
3.3.8. Açúcares redutores e totais.....	35
<b>3.4. Estudos Preliminares para Definição do Antioxidante .....</b>	<b>35</b>
<b>3.5. Processamento.....</b>	<b>36</b>
<b>3.6. Delineamento Experimental.....</b>	<b>40</b>
<b>3.7. Avaliação da Estabilidade Microbiológica .....</b>	<b>42</b>
<b>3.8. Avaliação de Alteração de Cor .....</b>	<b>43</b>
<b>3.9. Análise Sensorial.....</b>	<b>44</b>
<b>4. Resultados e Discussão .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1. Testes Preliminares - Determinação dos antioxidantes a serem utilizados.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2. Desenvolvimento dos Modelos Experimentais.....</b>	<b>48</b>
4.2.1. Processo de Desidratação Osmótica a Vácuo.....	50
4.2.1.1. Perda de Peso.....	50
4.2.1.2. Incorporação de Sólidos .....	55
4.2.1.3. Sólidos Totais.....	59
4.2.1.4. Perda de Umidade.....	60
4.2.1.5. °Brix .....	61
4.2.2. Processo de Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente .....	63
4.2.2.1. Perda de Peso.....	63

4.2.2.2. Incorporação de Sólidos .....	66
4.2.2.3. Sólidos Totais.....	69
4.2.2.4. Perda de Umidade.....	71
4.2.2.5. °Brix .....	72
<b>4.3. Otimização dos Processos de Desidratação Osmótica.....</b>	<b>72</b>
4.3.1. A Vácuo .....	72
4.3.2. A Pressão Ambiente .....	75
4.3.3. Desidratação Osmótica a Vácuo <i>versus</i> Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente .	76
<b>4.4. Validação dos Modelos Experimentais .....</b>	<b>79</b>
<b>4.5. Caracterização dos Produtos Otimizados .....</b>	<b>81</b>
4.5.1. Determinações Físico-Químicas .....	81
4.5.2. Teor de Ácido Ascórbico .....	82
4.5.3. Análise Sensorial .....	84
4.5.4. Caracterização Microbiológica .....	90
4.5.5. Análise de Cor .....	91
<b>5. Conclusões.....</b>	<b>95</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>97</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>106</b>

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Composição físico - química média do pedúnculo do caju em diferentes estágios de maturação. ....	24
<b>Tabela 2:</b> Valores de determinações físico-químicas no pedúnculo de caju de diferentes clones do cajueiro anão precoce. ....	25
<b>Tabela 3:</b> Teor de ácido ascórbico em algumas frutas cultivadas.....	26
<b>Tabela 4:</b> Características da castanha e do pedúnculo de caju em diferentes estágios de maturação. ....	29
<b>Tabela 5:</b> Níveis decodificados de cada variável .....	41
<b>Tabela 6:</b> Níveis codificados das variáveis em cada ensaio .....	42
<b>Tabela 7:</b> Média de aceitação de aparência, aroma e sabor de pedúnculo de caju desidratado osmoticamente utilizando ácido ascórbico e metabissulfito de sódio como antioxidantes. ....	46
<b>Tabela 8:</b> Valores médios das determinações instrumentais de cor (calibração RSIN; iluminante D65/10°; sistema CIELAB) de pedúnculo de caju desidratado osmoticamente com diferentes combinações de antioxidantes. ..	47
<b>Tabela 9:</b> Valores de perda de peso (PP), sólidos totais (ST), incorporação de sólidos (IS), umidade (U) e perda de umidade (PU) nos ensaios à vácuo. ....	49
<b>Tabela 10:</b> Valores de perda de peso (PP), sólidos totais (ST), incorporação de sólidos (IS), °brix, umidade (U) e perda de umidade (PU) nos ensaios a pressão ambiente. ....	50
<b>Tabela 11:</b> Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística ( $p$ ) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de peso no processo a vácuo.....	51
<b>Tabela 12:</b> Análise de variância do modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	52
<b>Tabela 13:</b> Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística ( $p$ ) e coeficientes de regressão de cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo a vácuo.....	55
<b>Tabela 14:</b> Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	56
<b>Tabela 15:</b> Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística e coeficiente de regressão de cada fator no modelo codificado para perda de peso no processo a pressão ambiente.....	63

<b>Tabela 16:</b> Análise de variância do modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.....	64
<b>Tabela 17:</b> Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística e coeficiente de regressão de cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo a pressão ambiente.....	66
<b>Tabela 18:</b> Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo .....	67
<b>Tabela 19:</b> Valores de perda de umidade nos processos de desidratação osmótica a pressão ambiente (PA) e a vácuo (V) em diferentes condições de tempo e temperatura. ....	77
<b>Tabela 20:</b> Valores de perda peso (%) nos processos de desidratação osmótica a pressão ambiente (PA) e a vácuo (V) em diferentes condições de tempo e temperatura. ....	78
<b>Tabela 21:</b> Valores de incorporação de sólidos (%) nos processos de desidratação osmótica a pressão ambiente (PA) e a vácuo (V) em diferentes condições de tempo e temperatura. ....	79
<b>Tabela 22 :</b> Parâmetros de tempo e temperatura utilizados para validação dos modelos experimentais e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente .....	80
<b>Tabela 23:</b> Respostas observadas experimentalmente e respostas preditas pelos modelos experimentais. ....	81
<b>Tabela 24:</b> Valores de acidez, aW, pH e açúcares (não redutores, redutores e totais) no pseudofruto de caju in natura e osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	82
<b>Tabela 25:</b> Teor de ácido ascórbico (média, base seca e % perda) no pseudofruto de caju in natura e osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	83
<b>Tabela 26:</b> Aceitação média (M) dos atributos aparência, aroma, sabor e textura das amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA) e suas respectivas porcentagens de aprovação (Aprov) e rejeição (Rej) pelos provadores. ....	85
<b>Tabela 27:</b> Caracterização microbiológica do pseudofruto de caju in natura e desidratado osmoticamente a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	90
<b>Tabela 28:</b> Grupos de microorganismos investigados em frutas frescas e processadas e seus limites máximos.....	91

**Tabela 29:** Valores médios de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$  e  $\Delta C^*$  (calibração RSIN; iluminante D65/10°; sistema CIELAB) de pedúnculo de caju *in natura* e osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA)..... 91

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Fenômeno de Transferência de Massa.....	5
<b>Figura 2:</b> Cajueiro.....	22
<b>Figura 3:</b> Pseudofruto de Caju.....	23
<b>Figura 4:</b> Concentrador a Vácuo.....	31
<b>Figura 5:</b> Sistema para Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente.....	32
<b>Figura 6:</b> Fluxograma de Processamento.....	39
<b>Figura 7:</b> Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de peso.....	53
<b>Figura 8:</b> ( a ) Superfície de resposta para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	53
( b ) Superfície de contorno para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	53
<b>Figura 9:</b> Distribuição de resíduos do modelo ajustado para incorporação de sólidos.....	57
<b>Figura 10:</b> ( a ) Superfície de resposta para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	57
( b ) Superfície de contorno para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	57
<b>Figura 11:</b> ( a ) Superfície de resposta para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	60
( b ) Superfície de contorno para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	60
<b>Figura 12:</b> ( a ) Superfície de resposta para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	61
( b ) Superfície de contorno para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	61
<b>Figura 13:</b> ( a ) Superfície de resposta para °Brix no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	62
( b ) Superfície de contorno para °Brix no processo de desidratação osmótica a vácuo.....	62

<b>Figura 14:</b> Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de peso.....	65
<b>Figura 15:</b> ( a ) Superfície de resposta para perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	65
( b ) Superfície de contorno para perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	65
<b>Figura 16:</b> Distribuição de resíduos do modelo ajustado para incorporação de sólidos.....	68
<b>Figura 17:</b> ( a ) Superfície de resposta para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	68
( b ) Superfície de contorno para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	68
<b>Figura 18:</b> ( a ) Superfície de resposta para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	70
( b ) Superfície de contorno para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	70
<b>Figura 19:</b> ( a ) Superfície de resposta para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	71
( b ) Superfície de contorno para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	71
<b>Figura 20:</b> ( a ) Superfície de resposta para °Brix no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	73
( b ) Superfície de contorno para °Brix no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	73
<b>Figura 21:</b> Faixa otimizada de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica a vácuo. ....	74
<b>Figura 22:</b> Faixa otimizada de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente. ....	75
<b>Figura 23 :</b> Histograma de freqüência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo aparência às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	87
<b>Figura 24 :</b> Histograma de freqüência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo aroma às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	87

<b>Figura 25</b> : Histograma de frequência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo sabor às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	88
<b>Figura 26</b> : Histograma de frequência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo textura às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).....	88
<b>Figura 27</b> : Histograma de intenção de compra.....	89
<b>Figura 28</b> : Diagrama de cores ( $a^*$ , $b^*$ e $L^*$ ).....	93

## Índice de Anexos

<b>Anexo I: Modelo da Ficha para Análise Sensorial</b> .....	106
<b>Anexo II : Perfis de Temperatura e Pressão nos Ensaios</b> .....	108
(a): Perfil de temperatura nos ensaios a pressão ambiente. ....	108
(b): Perfil de temperatura nos ensaios a vácuo. ....	108
(c): Perfil de pressão nos ensaios a vácuo. ....	108
<b>Anexo III : Efeito Estimado, Erro Puro, Grau de Significancia Estatística e Coeficientes de Regressão Codificados.</b> .....	109
<b>Processo de Desidratação Osmótica a Vácuo</b> .....	109
(a): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para sólidos totais. ....	109
(b): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para °Brix .....	109
(c): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para perda de umidade. ....	109
<b>Processo de Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente</b> .....	110
(d): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para sólidos totais. ....	110
(e): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para °Brix. ....	110
(f): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para perda de umidade. ....	110
<b>Anexo IV: Análise de Variância dos Modelos Ajustados</b> .....	111
<b>Processo de Desidratação Osmótica a Vácuo.</b> .....	111
(a): Análise de variância do modelo para sólidos totais. ....	111
(b): Análise de variância do modelo ajustado para °Brix. ....	111
(c): Análise de variância do modelo ajustado para perda de umidade. ....	111
<b>Processo de Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente.</b> .....	112

(d): Análise de variância do modelo ajustado para sólidos totais.....	112
(e): Análise de variância do modelo ajustado para °Brix.....	112
(f): Análise de variância do modelo ajustado para perda de umidade.....	112
<b>Anexo V: Perfis de Temperatura e Pressão dos Ensaios nas Condições Otimizadas.....</b>	<b>113</b>
(a): Perfil de Temperatura dos Ensaios a Vácuo (V) e a Pressão Ambiente (PA) nas Condições Otimizadas de Tempo e Temperatura.....	113
(b): Perfil de Pressão dos Ensaios a Vácuo (V) nas Condições Otimizadas de Temperatura e Tempo.....	113

## Resumo

Apesar de se fazer presente como grande produtor de frutas tropicais, nosso país apresenta uma taxa de desperdício de alimentos que ultrapassa 35% da produção, fatores estes que justificam pesquisas de métodos de conservação de alimentos que proporcionem, além de baixo custo, produtos estáveis, que conservem com pouca alteração suas características nutritivas e organolépticas ou de outra forma visando a exportação. A tecnologia de desidratação osmótica a vácuo possibilita o uso de baixas temperaturas obtendo boa qualidade das frutas desidratadas permitindo a utilização de menor volume de agente osmótico para a obtenção da mesma taxa de remoção de água, tornando-se uma alternativa promissora como forma de conservação de alimentos e na produção de desidratados de boa qualidade. A matéria-prima utilizada foi pseudofruto de caju, *A. occidentale* L. (clone: CCP076), já que do ponto de vista sócio-econômico, o cultivo do caju constitui uma atividade muito importante devido ao grande número de pessoas envolvidas não só na produção agrícola, como no processamento industrial em regiões pobres, mas que no entanto apresenta um aproveitamento da polpa inferior a 10% desta produção, uma vez que a castanha possui valor econômico muito maior que o pseudofruto. Nos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente, foram otimizados, através da metodologia de superfície de resposta, os parâmetros tempo e temperatura buscando minimizar a incorporação de sólidos e maximizar a perda de umidade e de peso. Para a desidratação osmótica a vácuo utilizou-se um equipamento com circulação natural, munido de medidores de temperatura e pressão, bomba de vácuo e sistemas de aquecimento e refrigeração, construído especialmente para este fim; e para a desidratação osmótica a pressão ambiente, montou-se um sistema constituído de um tanque de polipropileno, bomba peristáltica, sistema de aquecimento e medidor de temperatura. O agente osmótico utilizado foi sacarose a 65 °Brix e como antioxidante foi utilizado 0,2% de metabissulfito de sódio. As condições otimizadas escolhidas para a validação dos modelos experimentais foram: pressão ambiente 40°C/225 min. e vácuo 35°C/180 min., 40°C/100 min.

Nestas condições teve-se respectivamente a perda umidade da ordem de 36,43; 35,69 e 34,58%, perda de peso da ordem de 29,5; 30,79 e 29,78% e incorporação de sólidos da ordem de 9,23; 4,50 e 4,12%. O processo de desidratação osmótica a vácuo mostrou-se mais eficiente removendo teores maiores de água e incorporando menos sólidos com o uso de temperaturas mais baixas em tempos inferiores, apresentando ainda perda de ácido ascórbico inferior ao processo a pressão ambiente. Sensorialmente os produtos advindos de ambos os processos de desidratação osmótica apresentaram médias de aceitação para os atributos aroma, textura, sabor e aparência situados na escala hedônica nas categorias gostei ligeiramente e gostei moderadamente, com diferença estatística significativa apenas para o atributo sabor, indicando que as características dos produtos vindos dos processos conduzidos sob vácuo ou a pressão ambiente são bastante similares. Os produtos advindos das condições otimizadas escolhidas foram submetidos a análises físico-químicas, microbiológicas e instrumentais de cor.

## Summary

Despite being considered as an important producer of tropical fruits, Brazil presents a food wastage rate exceeding 35% of its production. This fact justifies research into low cost preservation methods leading to stable products and conserving, with only slight alterations, the nutritive and organoleptic characteristics, aiming possibly at exportation. The technology of osmotic dehydration under vacuum allows for the use of low temperatures, obtaining good quality dehydrated fruits using a smaller volume of the osmotic agent for the same rate of water removal, thus being a promising alternative as a means of food conservation specifically in the production of good quality dehydrated goods. The raw material used was the cashew pseudofruit, *A. occidentale* L. (clone: CCPO76), since from the socio-economic point of view the cultivation of cashew represents a very important activity due to the great number of people involved, not only in the agricultural production but also in its industrial transformation in the poorer regions of the country. However currently this represents the exploitation of less than 10% of the production of the pulp, since the nut has a much greater value than the pseudofruit. In the osmotic dehydration process, both the vacuum and atmospheric pressure systems were optimized using response surface methodology, the time/temperature parameters aiming at minimizing the incorporation of solids and maximizing the loss of moisture and weight. For the vacuum system, equipment with natural circulation was used, armed with temperature and pressure registers, vacuum pump and heating and refrigeration systems. The equipment was specially constructed for this purpose. For osmotic dehydration at atmospheric pressure, a system was constructed including a polypropylene tank, peristaltic pump, heating system and temperature register. The osmotic agent used was 65°Brix sucrose and 0.2% sodium metabisulphite was used as anti-oxidant. The optimized conditions chosen to validate the experimental models were: atmospheric pressure 40°C/225 min. and vacuum 35°C/180 min., 40°C/100 min. Under these conditions the following changes were

registered, respectively, moisture losses to the order of 36.43; 35.69 and 34.58%, weight losses to the order of 29.50; 30.79 and 29.78% and an incorporation of solids to the order of 9.23; 4.50 and 4.12%. The vacuum process for osmotic dehydration was shown to be more efficient, removing greater amounts of water and incorporating less solids, using lower temperatures and shorter times and presenting smaller losses of ascorbic acid than the atmospheric pressure process. In the sensory evaluation, the products from both types of process showed mean acceptance values for the attributes of aroma, texture, flavour and appearance in the categories of liked slightly and liked moderately on the hedonic scale, with statistically significant differences only for the attribute flavour, indicating that the characteristics of the products arising from both processes were very similar. The products obtained under the optimized conditions chosen were submitted to physico-chemical, microbiological and instrumental colour determinations.

## 1. Introdução

A desidratação de frutas tem sido objeto de pesquisa na procura por métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos estáveis, que conservem com pouca alteração suas características nutritivas e organolépticas.

A pré-secagem por osmose, seguida de uma secagem com ar quente, liofilização, congelamento, esterilização comercial, ou outro processo de conservação, é um processo que tem sido utilizado na produção de frutas desidratadas e parcialmente desidratadas. Vários pesquisadores constataram que este processo em alimentos diminui consideravelmente o tempo de secagem, melhora as características finais do produto (Mazza,1980; Islam & Flink,1982; Welti *et al.*, 1995; Baroni,1997) e viabiliza a utilização de frutas que apresentam acidez demasiadamente elevada para serem consumidas como frutas secas de mesa, pois torna o produto mais aceitável organolepticamente (Silveira *et al.*,1984).

O Brasil, que além de se fazer presente como grande produtor de frutas tropicais, tem ampla disponibilidade de cana-de-açúcar, a tecnologia de desidratação osmótica a vácuo torna-se uma alternativa promissora na produção de desidratados de boa qualidade e como forma de conservação de alimentos.

A tecnologia de desidratação osmótica a vácuo possibilita o uso de baixas temperaturas, não só obtendo alta taxa de remoção de água e eliminando os problemas devido a altas temperaturas (Fito, 1994; Shi & Fito, 1993) como boa qualidade das frutas desidratadas permitindo a utilização de menor volume de agente osmótico e menor tempo de processo. O vácuo tem efeito significativo na transferência de água durante o processo de desidratação osmótica, sem apresentar porém diferenças de ganho de sólidos em relação ao processo em pressão normal (Shi e Fito, 1993).

O presente trabalho visou otimizar e comparar os processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente através de análises físico-químicas, sensoriais, instrumentais de cor e microbiológicas, além de verificar a possibilidade de desenvolvimento de novos produtos ampliando o campo de aproveitamento e industrialização de frutas visando a exportação, no presente caso em específico, do pseudofruto de cajú.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. A Desidratação Osmótica

PONTING *et al.* em 1966 foram os primeiros a sugerirem um processo de desidratação baseado no mecanismo de osmose que poderia ser utilizado para remover a água de alimentos através da difusão pelas membranas semi-permeáveis das células.

Neste processo o alimento é imerso em uma solução desidratante durante certo tempo. A solução sendo mais concentrada que o produto, e conseqüentemente, com pressão de vapor inferior, provoca a transferência de massa entre os mesmos, buscando atingir o equilíbrio.

PONTING *et al.* (1969), LERICI (1977), MOY *et al.* (1978), VIDEV *et al.* (1990), RAOULT-WACK (1994), entre outros relatam que a desidratação osmótica é eficiente na redução de 30 até 50% do peso do material porque com o tempo há uma diminuição da taxa de osmose.

A eficiência do processo de desidratação osmótica pode ser quantificada usando-se os valores de perda de peso (que corresponderiam basicamente a perda de água) e a incorporação de sólidos.

Este processo tem como vantagens alguns fatores citados a seguir:

- utilizada como pré tratamento a outro processo de desidratação, reduz o tempo de exposição do produto a temperaturas elevadas, resultando numa significativa melhora da qualidade (PONTING *et al.*, 1966; BONGIRVAR & SREENIVASAN, 1977; LERICI *et al.* 1985; GIANGIACOMO *et al.*, 1988; entre outros)
- redução do tempo e conseqüentemente redução da energia necessários ao processo subsequente de desidratação para se alcançar a redução de umidade desejada;

- pouco consumo de energia, minimização da perda de coloração e de “flavor” e pouca descoloração pelo escurecimento enzimático (SENESI *et al.*, 1988, *apud* ASKAR, 1998);

- possibilidade de reutilização da solução osmótica;

- juntamente com a água removida há também a perda de ácidos da fruta; esta redução do teor de ácidos combinado com uma pequena quantidade de açúcares incorporados produz uma suave sensação doce que agrada ao paladar (PONTING *et al.*, 1966).

Em contra partida, apresenta algumas desvantagens:

- diminuição da acidez, acima citada, que pode ser considerada uma desvantagem em certos produtos; e neste caso, pode ser mantida pela adição de ácido;

- os resíduos de açúcares que permanecem sobre a superfície dos pedaços de fruta podem vir a formar um filme após a secagem que advém do processo osmótico. Este problema pode ser reduzido submetendo o produto, após o término da desidratação osmótica, a um rápido banho em água potável.

Vários fatores como a temperatura, o tamanho e a forma de corte dos pedaços do material, a agitação, o tempo, o tipo e a concentração do agente osmótico, a pressão e o tipo do tecido celular afetam o processo de desidratação osmótica. A seguir abordaremos alguns destes fatores de influência.

### 2.1.1. Da Transferência de Massa

A transferência de massa depende das propriedades do tecido, especialmente do espaço intercelular presente. Quando o material (fruta, legume, ou outro) é imerso em uma solução osmótica, o processo de desidratação é fortemente dependente das características da microestrutura biológica inicial, como a porosidade (ISLAM & FLINK, 1982; LENART & FLINK, 1984,) e das variáveis do processo (pré-tratamento, temperatura, natureza e concentração do agente osmótico, agitação, aditivos, tempo de processo) que exercem influência sobre a transferência de massa e sobre a qualidade do produto final (PONTING *et al.*, 1966; LERICI *et al.*, 1985a; RAOULT-WACK & GUILBERT, 1990).

Durante a desidratação osmótica, pelo menos dois fluxos ocorrem simultaneamente (Figura 1): a saída de água para a solução osmótica e a transferência de solutos desta mesma solução para o alimento, através da membrana celular.

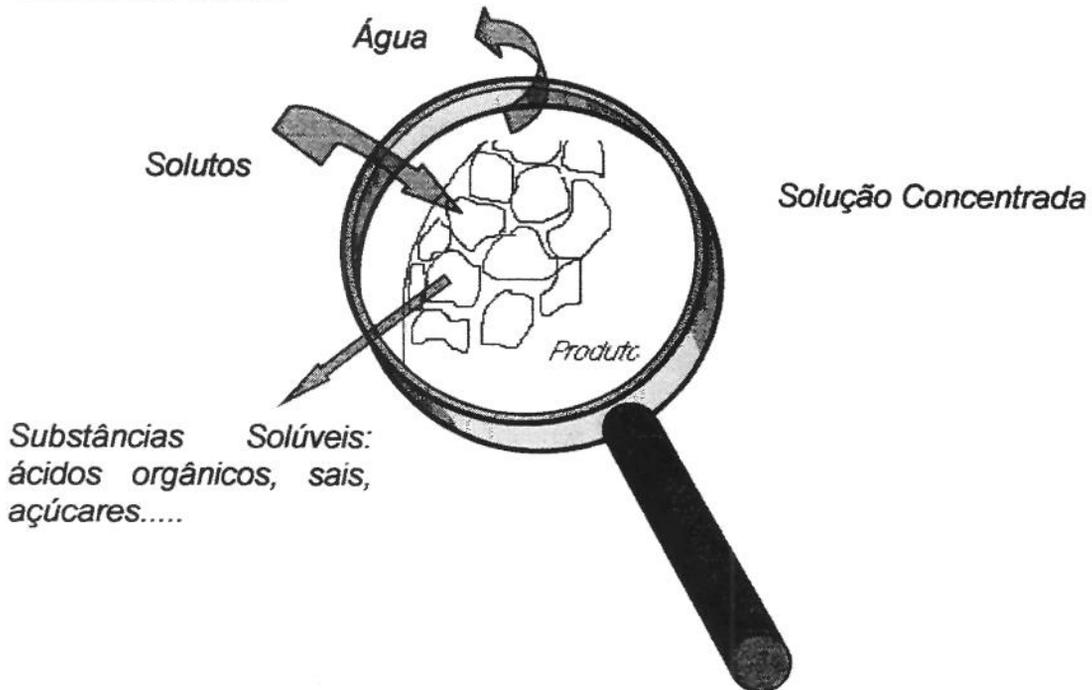


Figura 1: Fenômeno de Transferência de Massa

Segundo TORREGIANI (1993), numa situação osmótica ideal, a membrana semi-permeável seria permeável a moléculas de solventes mas não a moléculas de solutos.

Em frutas ou verduras, as paredes das membranas celulares são estruturas biológicas vivas que podem se esticar e se expandir sob influência do crescimento e da pressão de turgor gerada no interior das células. Estas membranas celulares, que são compostas principalmente por células parenquimáticas, permitem livre passagem de solventes, mas também permitem, em grau menor, a passagem de moléculas de soluto. Este tipo de membrana pode ser classificada como diferencialmente permeável ou seletiva, um tanto quanto semi-permeável.

Moléculas da solução osmótica podem não necessariamente migrar para o interior das células, mas simplesmente penetrar nos espaços intercelulares porque há grande modificação na permeabilidade e seletividade nas estruturas dos tecidos devido ao estágio de maturação, às condições de estocagem ou ao calor e aos pré-tratamentos.

Alguns fenômenos como branqueamento ou congelamento modificam as características dos tecidos e podem favorecer a incorporação de sólidos comparada à perda de água (consequências estas indesejáveis no processo de desidratação osmótica) devido ao aumento de permeabilidade, diminuição da seletividade e ruptura da membrana celular (ISLAM & FLINK, 1982; LENART & FLINK, 1984; PONTING, 1973).

Ainda se tratando da transferência de massa, esta é favorecida com o uso de soluções altamente concentradas (PONTING *et al.*, 1966; HENG *et al.*, 1990; RAOULT-WACK, 1994; VIAL *et al.*, 1991) e pela redução do tamanho das partículas da fruta até certo nível, acima do qual os sólidos incorporados aumentam (ISLAM & FLINK, 1982; LERICI *et al.*, 1985a; LENART & FLINK, 1984a).

Nas primeiras 2 horas do processo ocorre a maior taxa de perda de água e o máximo de sólidos incorporados se dá nos primeiros 30 minutos (CONWAY *et al.*, 1983; TORREGIANNI, 1993; GIANGIACOMO *et al.*, 1987). ASKAR *et al.* (1996) confirmaram que a mais importante transferência de massa (saída de água do interior dos tecidos) se dá nas primeiras horas do processo visto que o sistema fruta : solução osmótica tende a entrar em equilíbrio.

### 2.1.2. Da Temperatura

A temperatura é um fator de importância primária no processo de desidratação osmótica, tendo efeito sobre a cinética do processo, a viscosidade da solução, a taxa de osmose, o coeficiente de difusão de água e dos açúcares.

TOMASULA & KOZEMPEL (1989) indicam que conforme se aumenta a temperatura, os coeficientes de difusão da glicose aumentam a certa velocidade até atingir 60°C, quando então a velocidade diminui.

RASTOGI & RAGHAVARAO (1995) também estudaram os efeitos da temperatura e da concentração do agente osmótico, desidratando rodela de coco. Utilizaram-se de xarope de sacarose em diferentes concentrações (40 a 70°Brix) em temperaturas variando de 25 a 45 °C. Obtiveram resultados que demonstraram que os coeficientes de difusividade aumentam com o aumento da temperatura e da concentração do agente osmótico, mas apesar do aumento da remoção de água nestas condições, indicando maior eficiência do processo, o produto em condições mais amenas demonstrou melhor aceitação sensorial.

Vários autores (PONTING, 1966; LENART & FLINK, 1984b; VIAL *et al.*, 1991; ISLAM & FLINK, 1982) observaram que há aceleração da perda de água e modificação na incorporação de sólidos quando a temperatura é aumentada.

Porém, aos 45°C o escurecimento enzimático e a deterioração do sabor tem início; acima de 60°C as características dos tecidos são alteradas e a incorporação de sólidos é favorecida; mas com a diminuição da temperatura, a transferência de massa também diminui. (FARKAS & LAZAR, 1969; HENG *et al.*, 1990; LENART & LEWICKI, 1990a; *apud* TORREGGIANI, 1993; LENART & FLINK, 1984b; VIAL *et al.*, 1991).

Além das alterações nas características do tecido, HENG *et al.* (1990) observaram uma significativa perda de ácido ascórbico em temperaturas superiores a 60°C.

Segundo FENNEMA (1976) as maiores perdas de ácido ascórbico acontecem devido a oxidação por efeito da temperatura, embora a degradação deste ácido seja muito variável e dependente de cada sistema em particular.

ABUGOCH & GUARDA (1991), desidratando osmoticamente kiwi em várias temperaturas observaram que as maiores perdas de ácido ascórbico total deram-se a 40°C; VIAL *et al.* (1989) explicam que estas perdas devem-se principalmente a difusão do ácido ascórbico para a solução osmótica (em baixas temperaturas) e a degradação química (em altas temperaturas).

GARRUTI *et al.* (1996) trabalhando com a desidratação do pedúnculo de caju em solução de sacarose a 40° Brix na proporção amostra : solução de 1:4, buscou estudar alguns parâmetros do processo como formato da amostra e tempo de cozimento no agente desidratante de modo a se obter um produto de umidade intermediária com características tipo "rami". Os pedúnculos depelculados foram preparadas sob três diferentes formatos: inteiros, inteiros perfurados e prensados e fatiados em rodela de 1,5 cm de espessura. Em seguida foram submetidos a cozimento na solução osmótica por um tempo variando de 0 a 30 minutos, permanecendo em repouso por 4 horas e transferidos para uma solução mais concentrada (72 °Brix) onde foram deixados em repouso por mais 8 horas. Os resultados indicaram que os pedúnculos fatiados apresentaram 34% de redução de peso contra 19 e 17,5%

para os perfurados e inteiros, respectivamente, sendo o único tratamento sem cozimento que atingiu a faixa de redução de peso citada em diversos trabalhos (de 30 a 50%) para a desidratação osmótica. Verificou-se também um maior diferencial de peso para as amostras sem cozimento durante a segunda fase de desidratação (em xarope 72 °Brix); atribuíram esta baixa eficiência no processo de desidratação das amostras submetidas ao cozimento à perda da semi-permeabilidade das células mortas pelo aquecimento.

Este cozimento a que foram submetidas as amostras no trabalho de GARRUTI *et al.* (1996), além de propiciar escurecimento enzimático e deterioração do sabor, altera também as características do tecido da fruta (FARKAS & LAZAR, 1969; HENG *et al.*, 1990; LENART & LEWICKI, 1990a, *apud* TORREGGIANI, 1993; LENART & FLINK, 1984b; VIAL *et al.*, 1991) e segundo HENG *et al.* (1990) induziria a uma significativa perda de ácido ascórbico.

Um trabalho onde foram estudados os efeitos da temperatura e da concentração do xarope sobre as taxas de desidratação osmótica foi desenvolvido por FARKAS & LAZAR (1969). Os experimentos foram realizados em escala laboratorial e em uma planta piloto com pedaços de maçã. Foram correlacionados diversos dados sobre tempo, temperatura, concentração e redução de peso e apresentados em um monograma. Comparando-se os pedaços das maçãs deidrocongelados, com e sem pré-desidratação osmótica, avaliou-se em termos sensoriais os atributos sabor e textura, sendo que o produto com o pré-tratamento apresentou melhores resultados.

A tecnologia de desidratação à vácuo possibilita o uso de temperaturas reduzidas na obtenção da mesma taxa de perda de água em relação ao processo de desidratação osmótica convencional (a pressão ambiente) (FITO, 1994; SHI & FITO, 1993), tendo como vantagem a eliminação dos problemas devido a altas temperaturas.

### 2.1.3. Do Tamanho do Material

No que diz respeito ao tamanho do material a ser desidratado, existem algumas divergências.

Para PONTING (1973), o efeito do formato, do tamanho e das dimensões dos pedaços da matéria-prima são de pouca importância para o processo de desidratação osmótica.

Já GIANGIACOMO *et al.* (1987), LERICI *et al.* (1985a), LENART & FLINK (1984a), ISLAM & FLINK (1982) e HARVEY (*apud* BILHALVA, 1976) sugerem que o corte do material em pedaços é uma operação vantajosa no processo de desidratação osmótica, pois aumentando a superfície de contato entre o material e o agente osmótico para o intercâmbio da água, aumenta-se também a transferência de massa.

Entretanto, GIANGIACOMO *et al.* (1987), citam que esta influência das dimensões dos pedaços do material deve-se basicamente à relação entre o volume e a superfície. Maior será a taxa de desidratação quanto maior for a área de contato entre o material e o agente osmótico; no entanto, o ganho de sólidos sofreria menor influência deste fator.

Porém, para LERICI *et al.* (1985a), LENART & FLINK (1984a) e ISLAM & FLINK (1982) a transferência de massa e o rendimento do processo de desidratação osmótica pela redução do tamanho dos pedaços da fruta pode ser aumentado até certo nível, acima do qual os sólidos incorporados aumentam.

Além da redução do tamanho da matéria-prima, para aumentar a área de contato pode-se perfurar a superfície do material com agulhas de aço inoxidável (BILHALVA, 1976).

Segundo ISLAM & FLINK (1982) e LENART & FLINK (1984) além do tamanho do material, características da microestrutura biológica inicial dos tecidos da matéria-prima exercem influência sobre a transferência de massa.

#### 2.1.4. Do Agente Osmótico

Os principais agentes osmóticos comumente utilizados na desidratação de frutas são soluções de sacarose, frutose, glicose e xarope de milho (LERICI *et al.*, 1985; TORREGIANNI *et al.*, 1988).

Segundo BOLIN *et al.* (1983) estas soluções de açúcares, depois de utilizadas podem ser filtradas, reconcentradas e reutilizadas como agente osmótico por até 5 vezes, a partir de então a reutilização destes xaropes, devido a alterações significativas em suas propriedades, podem resultar em efeitos adversos para a fruta. Outra forma de se aumentar a concentração da solução seria adicionar mais açúcar, isto é possível pois sempre há perdas constantes do volume da solução pela aderência a superfície dos pedaços da fruta (PONTING, 1973).

O tipo de açúcar utilizado como agente osmótico afeta fortemente a cinética de remoção de água, a incorporação de sólidos e o equilíbrio da água interna. A medida em que se aumenta a massa molar dos solutos, são observados uma diminuição dos sólidos incorporados e um aumento de perda de água, isso favorece a perda de peso e o processo de “desidratação” propriamente dito (ISLAM & FLINK, 1982; HENG *et al.*, 1990; LERICI *et al.*, 1985a).

Sacarídeos de baixo peso molecular (glucose, frutose, entre outros) favorecem um aumento da incorporação de açúcar devido a rápida velocidade de penetração destas moléculas. Neste caso, o aumento de sólidos no lugar da desidratação, é o principal efeito do processo (TORREGGIANI, 1993; LERICI *et al.*, 1985a). A este respeito, BOLIN *et al.* (1983) indicam que de acordo com os dados reportados por CHANDRASEKARAN & KING (1972), a frutose tem um coeficiente de difusão de 32% mais alto que a sacarose.

Contrariamente, ERBA (1994), relata que a presença de sorbitol no xarope induz um menor ganho de sólidos e um aumento da perda de água em pêssegos e damascos desidratados a 45°C por 30 minutos (em xarope de

frutose e frutose mais sorbitol) a 70° Brix com relação fruta : xarope de 1:3.

A porcentagem de água removida na desidratação osmótica é diretamente dependente da concentração da solução osmótica e da duração do processo (MOY *et al.*, 1978) e, ainda aumentando a concentração da solução osmótica, a perda de água é mais favorecida que a incorporação de sólidos (PONTING *et al.*, 1966; ISLAM & FLINK, 1982; CONWAY *et al.* 1983; RAOULT-WACK & GUILBERT, 1990).

RAOULT-WACK (1994) descreve um efeito dos gradientes de concentração da fruta e da solução osmótica: quando a diferença inicial de concentração entre a fruta e solução é de até 40%, predomina o ganho de solutos; quando essa diferença é superior a 40%, predomina a saída de água. Já MOY *et al.* (1978) descreve este mesmo efeito dos gradientes de concentração, porém com uma diferença de 20% de concentração entre a fruta e a solução osmótica.

VIDEV *et al.* (1990) sugerem em trabalhos com maçã, onde estudam o efeito da concentração do xarope no processo de desidratação osmótica, a aplicação em escala industrial de xaropes com 70 % de açúcares, embora uma concentração de 65 a 75% seja eficiente na remoção de água das frutas.

Vários autores (PONTING *et al.*, 1966; ISLAM & FLINK, 1982; TORREGGIANI, 1993) observaram que com a aceleração da perda de água, quando a temperatura é aumentada, há modificação do açúcar ganho. Este fenômeno é devido essencialmente a diferenças das massas molares entre a água e os açúcares. RAOULT-WACK (1989) descreve um efeito antagônico para a água e os solutos transferidos, provavelmente devido a combinação dos açúcares incorporados pela difusão com os açúcares transportados pelo fluxo de água, como uma função da razão do fluxo de água.

A adição de NaCl na solução osmótica aumenta o gradiente de perda de água pela sua alta capacidade de redução da atividade de água. Efeitos sinérgicos foram observados no uso de açúcares e sal (LENART & FLINK,

1984b; ISLAM & FLINK, 1982), porém o uso do sal é limitado devido ao gosto salgado incompatível com as frutas.

A incorporação de NaCl até 4% (que corresponderia a máxima concentração de NaCl aceita sensorialmente) foi um dos parâmetros a ser avaliado no trabalho desenvolvido por VIJAYNAND *et al.* (1995), o outro parâmetro foi a perda de peso. Com o objetivo de otimizar o processo de desidratação osmótica de couve-flor, os autores utilizaram um planejamento experimental composto rotacional central e analisaram os resultados através de superfície de resposta sobrepondo os gráficos correspondentes aos parâmetros analisados. Tomaram como variáveis independentes a temperatura (variando de 40 a 90°C), o tempo de processamento (variando de 5 a 180 minutos), a concentração de NaCl (variando de 5 a 25%) e a relação de couve-flor : salmoura (variando de 2 a 4, peso/peso). Atingiram 40% de perda de peso e 4,2% de incorporação de NaCl sob as seguintes condições (ótimas para o processo): temperatura de 80° C, 5 minutos de processo, concentração de 12% de NaCl na salmoura e relação entre massa couve-flor e massa de salmoura de 1:2.

Alguns álcoois podem ser utilizados combinados com outros agentes osmóticos e a medida em que sua concentração na solução aumenta, aumenta também a perda de água.

O uso de álcoois polihídricos como o sorbitol e o glicerol é recomendado para um abaixamento da atividade de água em nível inferior ao obtido com soluções de açúcares exclusivamente. Deve-se observar que o glicerol atua como agente umectante, sendo largamente utilizado em produtos de confeitaria para conferir textura agradável. A legislação brasileira prevê um limite máximo de 5g/100g em frutas dessecadas (Resolução nº 04/88- CNS/MS, Compêndio da Legislação de Alimentos, 1988) para as quais há permissão de uso tanto de glicerol quanto de sorbitol como agentes umectantes.

O alcóol etílico é um excelente agente osmótico. No entanto seu uso é

limitado pois atua paralelamente extraindo componentes do sabor, da cor e outros sólidos solúveis dos produtos, além de apresentar um custo elevado e ser inflamável (ASKAR, 1996).

Como agente osmótico, a sacarose tem sido regularmente utilizada por apresentar sabor compatível com frutas, baixa taxa de incorporação, ampla disponibilidade (FALCONE & SUAZO, 1988), além de ser eficiente, como outros açúcares, na inibição do processo de escurecimento enzimático, inibindo a atuação da polifenoloxidase por criar um obstáculo ao oxigênio (PONTING *et al.*, 1966; VIDEV *et al.*, 1990), além de aumentar a estabilidade dos pigmentos do material durante o processo de desidratação e armazenamento (WELTI *et al.*, 1995).

### **2.1.5. Da Agitação**

A eficiência do processo de desidratação osmótica é aumentada quando o processo é conduzido sob agitação ou circulação do agente osmótico, porém é preciso ter certo cuidado para que não haja danos ao material a ser desidratado além de se levar em consideração os custos decorrentes desta implementação (PONTING *et al.*, 1966).

Posteriormente, em 1978, HAWKES e FLINK trabalhando com soluções osmóticas altamente concentradas na desidratação de maçãs observaram que a agitação durante o processo favorece a diminuição da viscosidade do sistema de maneira mais homogênea e também a diminuição da resistência à transferência de massa.

ERTEKIN e CAKALOZ (1996) estudando o processo de desidratação osmótica de ervilhas, utilizando como agente osmótico solução de sacarose (40%) e citrato (20%) verificaram que a perda de água aumentou com a agitação do sistema bem como a difusividade aparente do mesmo que aumentou em 4 vezes. Observaram ainda que o tempo necessário ao sistema para se atingir o equilíbrio teve uma diminuição significativa.

### 2.1.6. Do Efeito do Vácuo

Recentemente tem-se verificado que a pressão é um importante parâmetro a ser levado em consideração no processo de desidratação osmótica.

Estudos realizados com diferentes frutas demonstram que baixas pressões tornam o processo mais rápido além de possibilitar o uso de temperaturas menores na obtenção da mesma taxa de remoção de água (DALLA ROSA *et al.*, 1982; FITO, 1994; CASTRO *et al.*, 1997).

No processo de desidratação osmótica a vácuo, o fenômeno de transferência de água pode ocorrer por diferentes mecanismos e não pode ser explicado somente pela lei de difusão de Fickian. Por outro lado, o uso do vácuo combinado com o efeito de capilaridade afeta a remoção da água interna dos tecidos da fruta de forma que o total de água transferida é resultado da combinação destes fenômenos (FITO, 1994; SHI & FITO, 1993).

Durante a desidratação osmótica a vácuo além de água, muitos gases são removidos sucessivamente do interior dos tecidos da fruta (SHI & FITO, 1993).

SHI & FITO (1993) trabalhando com damascos e abacaxis em temperaturas entre 30 e 50°C, utilizando como agente osmótico solução de sacarose a 65°Brix, observaram que tratamentos à temperatura de 40°C com uso do vácuo resultaram em perda de água maior que os tratamentos em temperatura de 50°C em pressão ambiente, resultados estes semelhantes aos encontrados por FITO (1994) em trabalhos com damasco utilizando o mesmo agente osmótico, onde a perda de água no processo de desidratação osmótica a vácuo a 35°C foi superior à perda de água no processo a pressão ambiente na temperatura de 40°C. Ambos os trabalhos concluem que o vácuo tem efeito significativo na transferência de água durante o processo de desidratação osmótica, sem apresentar porém ganho de sólidos em relação ao processo a pressão ambiente. O efeito de capilaridade é intensificado pelo uso

do vácuo e este apresenta-se mais importante no processo de transferência da água.

PEZOA GARCÍA & PEZOA POBLETE (1993) trabalhando com abacaxis, observaram que o processo de desidratação osmótica a vácuo apresentou uma taxa de remoção de água de aproximadamente 27% maior que o processo a pressão ambiente.

PEZOA GARCÍA & RODRIGUES DE LIMA (1997) em trabalhos realizados com kiwi e agente osmótico a 70°Brix (constituído de 70% de sacarose e 30% xarope de glicose de milho), obtiveram uma taxa de remoção de água de aproximadamente 32% maior no processo sob vácuo. Ambos os trabalhos utilizaram as proporções de 1:2 e 1:4 de fruta:agente osmótico nos processos a vácuo e a pressão ambiente respectivamente, ou seja, no processo a vácuo foi utilizado a metade da quantidade de agente osmótico utilizada no processo convencional.

DALLA ROSA *et al.* (1982) desidrataram osmoticamente a pressão atmosférica e vácuo (70 mm Hg) pedaços de pera, abacaxi e banana, morangos inteiros e pela metade, em solução de sacarose a 70° Brix e em sacarose anidra. Os dados foram tratados segundo a equação 2.1 (considerada uma simplificação das soluções analíticas da segunda lei de Fickian (MAURO, 1992)) que correlaciona os dados segundo uma expressão empírica, na qual a concentração de sólidos é proporcional à raiz quadrada do tempo de desidratação. Os autores concluem que quando a permeabilidade dos tecidos é alta, o modelo ajusta-se significativamente.

$$nsh = k (t)^{1/2} \quad (\text{Equação 2.1), onde:}$$

**nsh** ⇒ conteúdo de sólidos normalizado, definido como o teor de sólidos totais no instante inicial  $t=0$ ;

**k** ⇒ coeficiente de transporte de massa, determinado pela inclinação da reta obtida pelo gráfico de **nsh** contra  $(t)^{1/2}$ ;

**t** ⇒ tempo.

A desidratação do morango inteiro não é bem representada pelo modelo citado. Então os autores propõem a utilização da Lei de Fickian, considerando toda a resistência da casca da fruta:

$$-\frac{dW}{dt} = b * A * \frac{\Delta P}{d} \quad (\text{Equação 2.2), onde:}$$

$\frac{dW}{dt}$   $\Rightarrow$  representa o fluxo de água removida do fruto;

$A$   $\Rightarrow$  superfície de transferência;

$\Delta P$   $\Rightarrow$  força motriz;

$d$   $\Rightarrow$  espessura da epiderme do fruto, que funciona como uma membrana semi-permeável;

$b$   $\Rightarrow$  coeficiente global de difusão.

O emprego de baixas pressões neste estudo resultou em uma elevação no nível de transferência de massa (considerável perda de água e uma pequena incorporação de solutos).

A tecnologia de desidratação osmótica a vácuo possibilita o uso de baixas temperaturas, não só obtendo alta taxa de remoção de água comparado com o processo a pressão ambiente, como boa qualidade das frutas desidratadas permitindo a utilização de menor quantidade de agente osmótico para a obtenção da mesma taxa de remoção de água.

Uma nova modalidade de desidratação osmótica a vácuo vem sendo proposta, a qual tem sido chamada de desidratação osmótica a vácuo pulsante (DOV-P). Na DOV-P são aplicados curtos tempos de vácuo (pulsos), alternando-se com períodos de exposição a pressão atmosférica (FITO, 1994; CASTRO *et al.*, 1997).

CASTRO *et al.* (1997) observaram através de análises de superfície de resposta, que as variáveis tempo, temperatura e número de ciclos de vácuo pulsante influenciam positivamente na perda de peso e obtiveram um modelo matemático que explica em 86% ( $r^2 = 0,86$ ) a variabilidade observada, e a falta de ajuste deste modelo não resultou em um parâmetro significativo ( $P > 0,05$ ). O modelo obtido para a perda de água se apresentou mais ajustado, tendo a variabilidade explicada em 92,93% ( $r^2 = 0,9293$ ), sendo que todas as variáveis também influenciam positivamente o modelo. Já para a incorporação de sólidos, obtiveram um modelo pouco ajustado ( $r^2 = 0,6$ ). Não obstante, os modelos obtidos para a perda de peso, perda de água e incorporação de sólidos foram considerados suficientes para demonstrar que o efeito da temperatura e do tempo na desidratação osmótica a pressão ambiente são de mesma importância na DOV-P.

## 2.2. Atividade de Água

A água pode exercer diversas funções importantes nos sistemas alimentícios, dependendo da sua disponibilidade e dos outros componentes do sistema: i) como um solvente para reagentes e produtos; ii) como produtos de reações; iii) como reagente, por exemplo em reações de hidrólise e iv) como um modificador da atividade catalítica ou inibidora de outras substâncias, por exemplo, na inativação de alguns catalisadores metálicos em oxidação de lipídeos (KAREL, 1975; *in* FENNEMA).

O princípio de muitos métodos de preservação de alimentos, como saturação com açúcares e secagem, consiste na remoção de água e/ou na interação desta com outros compostos de forma que se diminua a sua disponibilidade para deterioração microbiana, química e bioquímica (LABUZA, 1980).

A molécula da água é de natureza fortemente polar devido a distribuição assimétrica das cargas positivas e negativas e, por isto, apresenta

a marcante tendência de ligar-se de diferentes maneiras, seja por pontes de hidrogênio ou por outras ligações. A água total contida em um produto pode ser encontrada na forma de água ligada ou água não ligada; a água não ligada, disponível, é chamada de atividade de água (Aa).

A Aa é o que indica a quantidade de água disponível para facilitar o movimento molecular para as transformações químicas ou físicas ocorrerem ou para o crescimento microbiológico.

A Aa é definida em termos de equilíbrio termodinâmico de uma solução aquosa; pode ser estabelecido como a relação da pressão de vapor da água do produto e da pressão de vapor da água pura, medidas à mesma temperatura. É medida em uma escala de 0 a 1.

A velocidade das principais reações químicas de transformação dos alimentos é geralmente aumentada pela Aa já que exercendo um efeito positivo sobre a mobilidade dos reagentes facilita a ocorrência de interações entre eles. Um dos efeitos da Aa sobre a taxa de reações químicas se explica pelo fato de que mudanças na Aa promovem maior concentração ou diluição dos reagentes envolvidos nestas reações (LABUZA, 1980). Entre estas reações estão as de escurecimento não enzimático, as reações enzimáticas e a oxidação de lipídeos.

Além das transformações químicas, podem ocorrer também transformações físicas como a cristalização, a recristalização, a aglomeração e empedramento de pós, a adesão à embalagem e a redução do escoamento livre de pós secos.

O conceito de Aa por estar estabelecido nas leis de equilíbrio termodinâmico deveria somente ser usado para descrever sistemas em equilíbrio. Entretanto, o equilíbrio é difícil de ser estabelecido em sistemas alimentícios. Os casos onde o valor de Aa pode desviar-se do valor real de equilíbrio são aqueles onde pode ocorrer o fenômeno de cristalização. Como uma boa parte dos produtos não se encontram no estado amorfo e devido às

taxas de difusão, os efeitos do não equilíbrio podem ser em muitas situações pequenos dentro do tempo dos experimentos ou da vida de prateleira e/ou tão pequenos que eles não afetam significativamente a aplicação do conceito de Aa, por exemplo na predição do crescimento microbiano (CHIRIFE & BUERA, 1995).

A Aa é um dos fatores intrínsecos que afetam o desenvolvimento microbiano nos alimentos juntamente com o pH, o potencial redox e a própria composição do alimento. O valor absoluto da Aa fornece uma segura indicação do teor de água livre no alimento, sendo esta a única forma de água disponível aos microorganismos.

De um modo geral, quando os fatores intrínsecos afastam-se das condições ótimas para o crescimento de uma determinada espécie microbiana, sua resistência a ambientes com baixa Aa decresce, ou seja, a Aa mínima que permite o crescimento sofre um sensível aumento.

No entanto, pode-se afirmar com relativa segurança que as bactérias são usualmente mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, seguidas das leveduras e dos bolores (com uma velocidade de crescimento e desenvolvimento mais lento que as bactérias), sendo que, entre estes últimos, algumas espécies se destacam devido a elevada tolerância à baixa Aa.

Em função da Aa podemos classificar os alimentos em alguns grupos:

- Alimentos de baixa Aa: são alimentos que apresentam  $Aa \leq 0,60$ , sendo por isto microbiologicamente estáveis e sem evidenciar quaisquer processos de deterioração. Exemplos destes alimentos são: mel, frutas secas, açúcar cristalizado;
- Alimentos de Aa intermediária: os alimentos com teor intermediário representam uma classe muito variada que não se definem nem por sua composição química, ou por sua origem e nem pelo tipo de fatores nutricionais

que apresentam. Apresentam níveis de umidade entre 20 e 50 % e  $0,60 \leq Aa \leq 0,85$  por isto são sujeitos a processos de deterioração provocados principalmente por bolores e leveduras;

- Alimentos de alta Aa: são alimentos considerados altamente perecíveis por permitirem o crescimento de uma ampla variedade de microorganismos, apresentam  $Aa \geq 0,85$  (UBOLDI EIROA, 1981).

A preservação de alimentos pela desidratação baseia-se na inibição do crescimento microbiano pela remoção de água livre; no entanto é importante destacar que em função da composição e capacidade de ligação com a água de seus componentes, alimentos apresentando idênticos valores de Aa poderão evidenciar teores de umidade muito diversos.

### **2.3. O Cajú (*Anacardium occidentale* L)**

#### **2.3.1. A Origem do Nome**

A palavra cajú provém do idioma tupi guarani, “acâyú” ou “acajuá” (respectivamente, SAMPAIO, 1914; MACHADO, 1944; *apud* LIMA, 1988) significando fruto amarelo e fruto amarelo de chifre respectivamente, que com as devidas adaptações fonéticas e ortográficas transformou-se em cajú.

Em outros idiomas o cajú recebe as seguintes denominações:

Francês - *cachou e acajou à pommes*;

Holandês - *akajoeboom (árvore), kaschu e acajou*;

Alemão - *acajubaum (árvore), kaschu e kaschunuss (castanha)*;

Inglês - *cashew apple e cashew nut (castanha)*;

Espanhol - *marañon e cajuil*;

Italiano - *anarcadio, noci di anarcadio (castanha)*



### 2.3.2. Características Gerais

Planta nativa do Brasil, pertencente à família das *anacardiaceae*, o cajueiro é encontrado em vários países de clima tropical. Dentre estes países com plantio de caju, o Brasil, é o maior e praticamente o único na América Latina. Pertencem a família das *anacardiaceae*, além do caju, outras frutas nossas conhecidas como a manga, o umbu, o cajá e a seriguela.

O cajueiro (Figura 2) é constituído por árvores e arbustos tropicais e subtropicais que apresentam ramos sempre providos de canais resiníferos e folhas alternadas, coriáceas, sem espículas e que segundo BAILEY (1949; *apud* LIMA, 1988), é composto por mais de 60 gêneros e 400 espécies. O pseudofruto, ou maçã, é um pedúnculo hipertrofiado, carnoso, suculento, que apresenta grande variação de tamanho; peso de 15 a 200g (existindo exemplares com até 650g), formatos diversos (periforme, cilíndrico à fusiforme, fícoide, alongado) e cor variando do amarelo-canário, passando pelo laranja até o vermelho-vinho, havendo para cada tonalidade tipos com rajadas de outras cores, principalmente esverdeadas (Figura 3).



Figura 2: Cajueiro



Figura 3: Pseudofruto de Caju

Dentre as mais de 20 espécies de *anacardium* já classificadas, a *A. occidentale* L se destaca pela sua domesticação e aproveitamento econômico. No Brasil, esta espécie apresenta algumas variedades, entre as quais o cajueiro comum, o cajueiro anão precoce, o cajueiro precoce e o cajueiro de seis meses.

### 2.3.3. Composição Físico - Química

A composição centesimal das frutas variam de acordo com seu estágio de maturação. É apresentada na tabela 1 a composição físico - química do pedúnculo do caju em diferentes estágios de maturação.

**TABELA 1:** Composição físico-química média do pedúnculo do caju em diferentes estágios de maturação.

Determinação	Maduro	De vez	Verde
Sólidos solúveis	10,70	8,60	7,60
Proteína (%)	0,71	0,77	1,28
Extrato etéreo (%)	0,237	0,133	0,086
Cinzas (%)	0,331	0,375	0,562
Açúcares redutores (%)	9,0	5,93	2,73
Açúcares não redutores (%)	0,29	0,13	0,07
Açúcares totais (%)	9,29	6,06	2,80
Umidade (%)	87,33	87,20	85,02
Amido (%)	1,70	2,93	5,60
Cálcio (mg/100g)	12,20	12,80	13,20
Fósforo como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,0482	0,0543	0,0654
Ferro (mg/100g)	0,575	0,568	0,634

Fonte: Maia *et al.*, 1971.

De acordo com PRICE *et al.* (1975), os aminoácidos predominantes no pseudofruto de caju são a alanina, o ácido glutâmico, o ácido aspártico, a serina, a prolina e a treonina. Também detectaram que o principal e quase único ácido orgânico presente no suco de caju é o ácido málico, sendo encontradas pequenas quantidades de outros ácidos orgânicos.

Na tabela 2, encontram-se alguns componentes do pedúnculo do caju de diferentes clones do cajueiro anão precoce.

**TABELA 2:** Valores de determinações físico-químicas no pedúnculo de caju de diferentes clones do cajueiro anão precoce.

<b>Determinação</b>	<b>CCP06</b>	<b>CCP76</b>	<b>CCP1001</b>
<b>Umidade (%)</b>	87,20	85,98	86,23
<b>Cinzas (%)</b>	0,32	0,32	0,33
<b>Sólidos solúveis (Brix)</b>	9,74	10,76	10,04
<b>pH</b>	4,34	4,25	4,21
<b>Acidez total (%)</b>	0,47	0,49	0,47
<b>Açúcares redutores (%)</b>	8,24	8,30	8,08
<b>Açúcares não redutores (%)</b>	0,31	0,44	0,59
<b>Açúcares totais (%)</b>	8,55	8,74	9,67
<b>Ácido ascórbico (mg/100g)</b>	253,20	258,26	257,64
<b>Taninos (%)</b>	0,30	0,27	0,31
<b>Proteínas (%)</b>	0,64	0,92	0,75
<b>Fibras (%)</b>	0,20	0,06	0,14
<b>Ferro (mg Fe/100g)</b>	0,24	0,31	0,28
<b>Cálcio (mg Ca/100g)</b>	16,00	16,75	13,65
<b>Fósforo (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g)</b>	26,80	30,55	25,85

Fonte: Maia *et al.*, 1987.

Em trabalho desenvolvido por GARRUTI *et al.* (1996), onde foram utilizados clones de cajueiro anão precoce melhorados geneticamente a partir de 1965 pelo Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical da EMBRAPA, os clones CCP76 apresentaram melhor qualidade sensorial devido à doçura e baixa adstringência, enquanto clones CCP06 e CCP09

apresentaram pseudofruto de qualidade inferior devido a alta adstringência.

O caju é, entre outras frutas comestíveis cultivadas, uma das que apresenta maior teor de vitamina C (ácido ascórbico), sendo superado apenas pela acerola, também conhecida por cereja das Antilhas (*Malpighia glaba* L) (Tabela 3) e pelo camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) *Mc Vaugh*) cujo cultivo ainda é muito pequeno, mas que apresenta um teor de vitamina C bastante elevado (2780 mg/g segundo VILACCHICA *et al.*, 1996).

**TABELA 3:** Teor de ácido ascórbico em algumas frutas cultivadas.

<b>Fruta cultivada</b>	<b>Ácido ascórbico (mg/100g)</b>
<b>Abacaxi</b>	27,2
<b>Goiaba branca</b>	80,1
<b>Goiaba vermelha</b>	45,6
<b>Laranja lima</b>	53,3
<b>Laranja pera</b>	40,9
<b>Limão</b>	30,2 - 63,2
<b>Manga rosa</b>	43,0
<b>Mamão</b>	20,5

Fonte: Franco, 1996.

### **2.3.4. Alguns Aspectos Geográficos e Sócio-Econômicos**

Com ocupação geográfica produtiva bem definida, concentrando-se em poucos países do terceiro mundo como Índia, Brasil e outros do leste africano, a agroindústria do caju apresenta um número significativo de produtos/subprodutos (embora o grande negócio seja a comercialização da amêndoa da castanha de caju - ACC ), que fazem parte do comércio interno dos países produtores ou se encontrando na pauta de exportação, como é o caso do Líquido da Castanha do Caju (LCC) e da ACC (LEITE, 1994).

Do ponto de vista sócio-econômico, o cultivo do caju constitui uma atividade muito importante pelo grande número de pessoas envolvidas não só na produção agrícola, como no processamento industrial em regiões pobres, pelo pessoal envolvido no transporte e comercialização e pelas divisas geradas para os países produtores. A importância sócio-econômica da cajucultura é reforçada ainda pela geração de empregos no campo na entressafra das culturas tradicionais, o que reduz a sazonalidade de mão-de-obra evitando um pouco o êxodo para os centros urbanos.

No entanto, a introdução da mecanização no descasque da castanha, embora tenha significado um avanço na tecnologia , gerou alguns problemas sociais pois para uma mesma capacidade instalada, o setor passou a necessitar de um menor número de operários (TELLES, 1988).

Embora já venha sendo processado industrialmente no nordeste brasileiro para a produção de sucos, néctares, doces, vinagres etc., o aproveitamento do pedúnculo do caju é ainda insignificante em relação à quantidade desta matéria-prima potencialmente disponível no período de safra.

No que diz respeito ao plantio do cajueiro, BARROS (1988) afirma que a este se tem destinado os piores solos, devido ao custo da terra, as baixas produtividades obtidas com os sistemas de produção utilizados e ao longo período de retorno do investimento. Descreve o plantio do cajueiro envolvendo

produtividades obtidas com os sistemas de produção utilizados e ao longo período de retorno do investimento. Descreve o plantio do cajueiro envolvendo os seguintes passos: preparo da área (manual e/ou mecanizado), abertura e preparo das covas, plantio (direto, por mudas, direto por replantio por mudas), desbrota, espaçamento (cajueiro comum e cajueiro anão precoce), manejo do solo, consorciação e poda.

Não há ainda um segmento produtor de material clonado. Esse aspecto é muito importante, uma vez que o cajueiro apresenta uma diversidade genética muito elevada e sua propagação por meio de sementes traz como consequência grande variabilidade na descendência. Deste modo, resulta uma matéria-prima heterogênea, que constitui um dos pontos de destaque pelas implicações de custo e ineficiência industrial.



### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Materiais

##### 3.1.1. Matéria-prima

Cajus; clones de cajueiro anão precoce CCP76, provenientes da Estação Experimental de Pacajus - CE de propriedade da EMBRAPA/CNPAT (Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical). Os frutos utilizados encontravam-se no estágio de maturação "de vez", e foram selecionados de acordo com os critérios estabelecidos na tabela 4:

**Tabela 4:** Características da castanha e do pedúnculo de caju em diferentes estágios de maturação.

<b>Maturação</b>	<b>Características da Castanha e Pedúnculo de Caju</b>
<i>verde</i>	castanha e pedúnculo completamente verdes;
<i>de vez</i>	castanha com consistência coriácea e pedúnculo matizado de verde-amarelo;
<i>maduro</i>	castanha com coloração característica (cinza castanho) e consistência coriácea e pedúnculo completamente amarelo ou vermelho).

Fonte: Maia *et al.*, 1971.

##### 3.1.2. Agente osmótico

- sacarose comercial (utilizada com água destilada no preparo da solução na concentração de 65% p/p com sólidos solúveis totais a 65 °Brix).

### **3.1.3. Antioxidante**

- metabissulfito de sódio

### **3.1.4. Reagentes**

- Solução de NaOH;
- Solução de ácido oxálico 1%;
- Solução de 2,6 diclorofenolindofenol;
- Ácido ascórbico;
- Soluções de Fehling A e B;
- Meios de cultura;
- Outros reagentes comuns de laboratório e planta piloto.

## **3.2. Equipamentos**

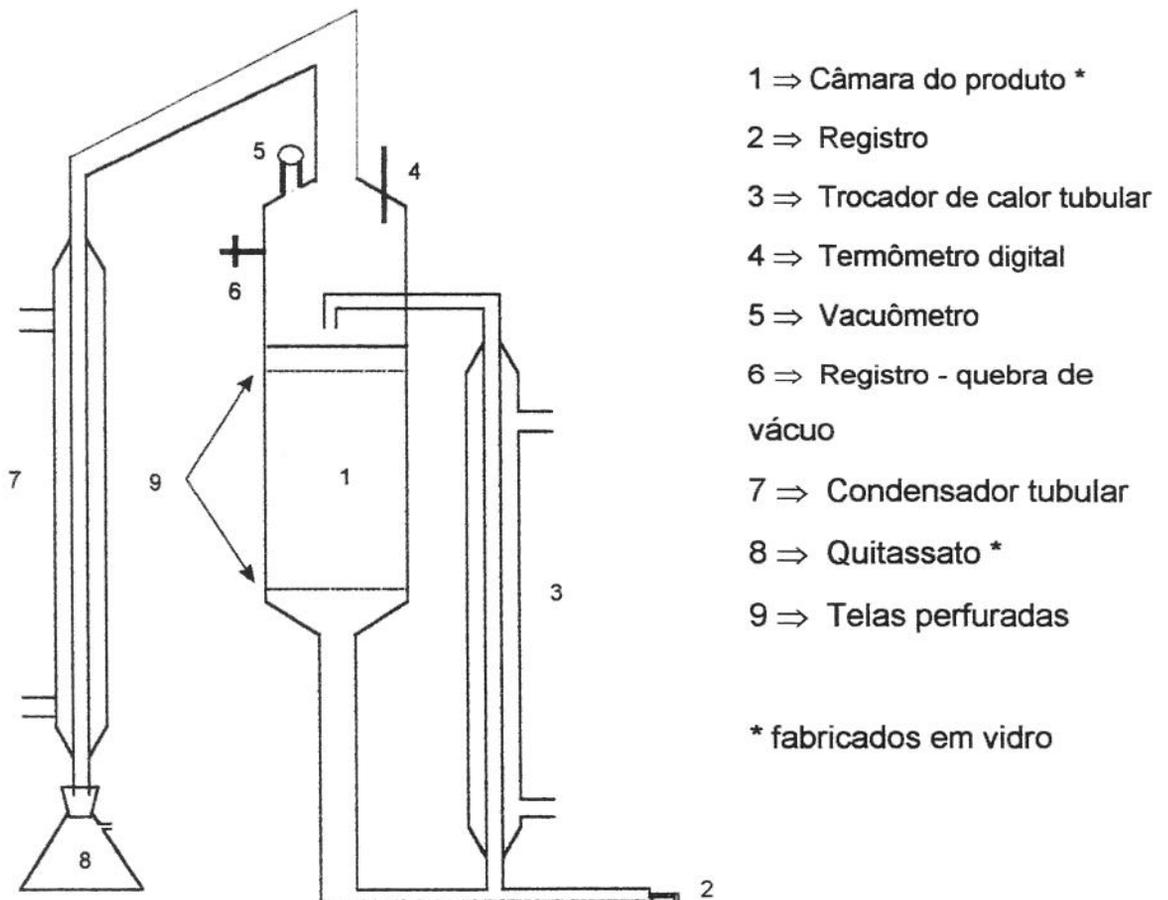
- Balança analítica;
- Refratômetro, Carl Zeiss Jena, com correção de temperatura;
- Estufa à vácuo, VWR Scientific, modelo 1400 E;
- Dessecador com material adsorvente de umidade;
- pHmetro, Micronal, modelos: B 374 e B 474;
- Medidor de atividade de água, Aqualab, modelo CX-2 Decagon;
- Espectrofotômetro para cor, Hunter Lab, modelo Color Quest II
- Equipamento de desidratação osmótica à vácuo com circulação natural, munido de medidores de temperatura e pressão, bomba de

vácuo e sistema de aquecimento, construído especialmente para este fim (Figura 4);

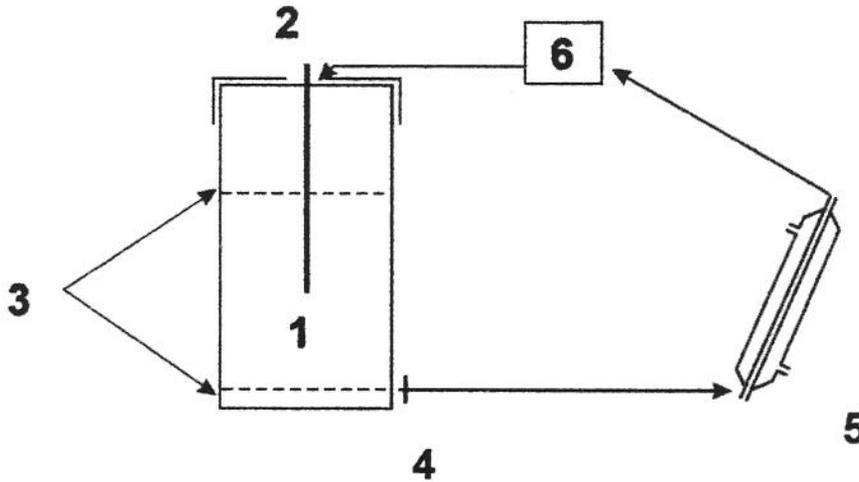
- Equipamento de desidratação osmótica a pressão ambiente; constituído de um tanque de polipropileno de 8 L, bomba peristáltica (Cole Parmer Instrument Co, catálogo N° 7553-20), sistema de aquecimento e medidor de temperatura (Figura 5);

- Termômetros;

- Outros aparelhos comuns de laboratório e planta piloto.



**Figura 4:** Concentrador a Vácuo.



- 1 ⇒ Câmara de desidratação;
- 2 ⇒ Termômetro digital;
- 3 ⇒ Telas perfuradas;
- 4 ⇒ Registro regulador de fluxo;
- 5 ⇒ Trocador de calor;
- 6 ⇒ Bomba peristáltica.

**Figura 5:** Sistema para Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente.

### 3.3. Métodos Analíticos

#### 3.3.1. Ácido ascórbico

Foi determinado segundo método descrito pela AOAC (1994) modificado por BENASSI (1990), onde substitui-se o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico.

As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico 1% e permaneceram sob agitação de 40 rpm por 15 minutos na temperatura de 4°C antes de se retirar as alíquotas para as determinações.

Obs: todas as análises a seguir foram feitas na fruta *in natura* e processada, com o objetivo de determinar as variações ocorridas durante o processamento.

### 3.3.2. Peso total da amostra e da solução osmótica

Determinados em balança semi-analítica, com o objetivo de seguir a proporção estabelecida de 1:2 e 1:4 (fruta : solução osmótica) nos processos a vácuo e a pressão ambiente respectivamente e calcular a perda de peso em consequência do processo.

- Perda de peso:

$$PP(\%) = 100 \times \left( 1 - \frac{m_f}{m_i} \right) \quad (\text{Equação 3.1})$$

onde:

PP(%) ⇒ perda percentual de peso do material desidratado;

$m_f$  ⇒ massa total final do material;

$m_i$  ⇒ massa total inicial do material.

### 3.3.3. Brix

Obtido mediante leitura em refratômetro de amostra triturada, fazendo a correção para a temperatura em que se encontrava a amostra.

### 3.3.4. Sólidos totais

Determinado por secagem em estufa com circulação de ar aquecido a 40°C por 12 a 16 horas; transferência para estufa a vácuo, a 70°C (segundo método 925.45 da AOAC, 1995, adaptado) por 4 horas e posterior pesagem

consecutiva a cada 1 hora até que atingisse peso constante (determinado em testes preliminares).

Utilizado no cálculo da incorporação de sólidos e da perda de umidade.

- Incorporação de Sólidos:

$$IS(\%) = 100 \times \frac{(ST_f m_f - ST_i m_i)}{ST_i m_i}$$

(Equação 3.2)

Onde:

IS(%)  $\Rightarrow$  incorporação de sólidos, com base na massa inicial do material;

ST<sub>f</sub>  $\Rightarrow$  teor final de sólidos totais do material (%);

ST<sub>i</sub>  $\Rightarrow$  teor inicial de sólidos totais do material (%).

- Perda de Umidade:

$$PU(\%) = 100 \times \frac{(U_i m_i - U_f m_f)}{U_i m_i} \quad \text{(Equação 3.3)}$$

Onde :

PU(%)  $\Rightarrow$  perda de umidade, com base na massa inicial do material;

U<sub>i</sub>  $\Rightarrow$  teor inicial de umidade do material (%);

U<sub>f</sub>  $\Rightarrow$  teor final de umidade do material (%).

### **3.3.5. Atividade de água (Aw)**

Medida direto de amostras trituradas em instrumento Aqualab. As amostras foram acondicionadas nos recipientes próprios do equipamento e permaneceram em um banho térmico até atingirem 20°C para ser feita a leitura.

### **3.3.6. pH**

Medido direto nas amostras trituradas utilizando pHmetro.

### **3.3.7. Acidez titulável total**

Determinada segundo técnica recomendada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976), expressando-se os resultados em porcentagem do ácido predominante, ácido málico.

### **3.3.8. Açúcares redutores e totais**

Determinados segundo técnica recomendada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976).

## **3.4. Estudos Preliminares para Definição do Antioxidante**

Inicialmente seria utilizada uma combinação de ácido ascórbico e metabissulfito como antioxidantes, porém por ser o ácido ascórbico um material com custo mais elevado, foi proposto fazer uso somente do metabissulfito.

No entanto como a concentração deste composto, se unicamente utilizado, deveria ser aumentada poderia ser percebido um sabor residual e diferenças nas características do produto. Devido a estes fatores, optou-se por se aplicar testes

sensoriais de aceitação e determinação instrumental de cor em produtos obtidos a partir do uso de diferentes combinações de ácido ascórbico e metabissulfito no processo de desidratação osmótica.

Os frutos previamente descastanhados, higienizados e cortados manualmente em fatias transversais de aproximadamente 1 cm de espessura foram imersos em solução de sacarose a 64,5 °Brix contendo o antioxidante por 4 horas na proporção de fruto: agente osmótico de 1: 4. O sistema era munido de agitação mecânica e se encontrava em pressão e temperatura ambiente.

Para se garantir que os pseudofrutos estivessem completamente imersos na solução osmótica, sobre eles foi colocada uma tela perfurada de aço inox.

Após a realização dos ensaios, os pedaços do pseudofruto foram retirados do agente osmótico, lavados em água corrente (para remoção da camada de açúcar formada na superfície) e enxugados em papel absorvente.

Os ensaios foram realizados nas condições anteriormente descritas utilizando-se as seguintes combinações dos antioxidantes no agente osmótico:

Processamento 1 - 0,2% de metabissulfito;

Processamento 2 - 0,1% de metabissulfito + 0,1% de ácido ascórbico;

Processamento 3 - 0,1% de metabissulfito.

O desidratado osmótico obtido a partir de cada um dos processamentos foi submetido a teste sensorial de aceitação e a análise instrumental de cor.

### **3.5. Processamento**

O processamento foi realizado sob duas condições: com uso do vácuo e circulação natural, e em pressão ambiente com circulação forçada.

A circulação natural no equipamento a vácuo se dá mediante a diferença de densidade provocada pelo aquecimento de determinado volume do agente osmótico ao passar pelo trocador de calor; este aquecimento juntamente com o efeito do vácuo fazem com que o agente osmótico seja concentrado diminuindo assim o volume e a massa dentro do vaso de desidratação.

Devido ao mecanismo de circulação descrito acima, para tentarmos padronizar os ensaios, determinamos que a alimentação do vaso de desidratação com líquido seria necessária para a manutenção de um nível mínimo onde continuasse existindo a circulação e esta alimentação seria feita de acordo com um balanço de massa inicial.

Determinados os teores de sólidos presentes na fruta e no agente osmótico no início do processo e extrapolando estes valores para o total de massa (fruta + agente osmótico) presente no interior do sistema calculamos quanto mais de sólidos seria necessário para que obtivéssemos 65° B no equilíbrio. Este valor de sólidos foi então acrescido ao sistema na forma de xarope de acordo com a necessidade de alimentação e após o término desta massa a alimentação foi feita apenas com água destilada para se manter o nível mínimo necessário para a circulação natural dentro do vaso de desidratação. Exemplo de cálculo:

1 Kg de pseudo fruto de caju  $\Rightarrow$  11,5°Brix  $\Leftrightarrow$  115 g de sólidos solúveis

2 Kg agente osmótico  $\Rightarrow$  65°Brix  $\Leftrightarrow$  1300 g de sólidos solúveis

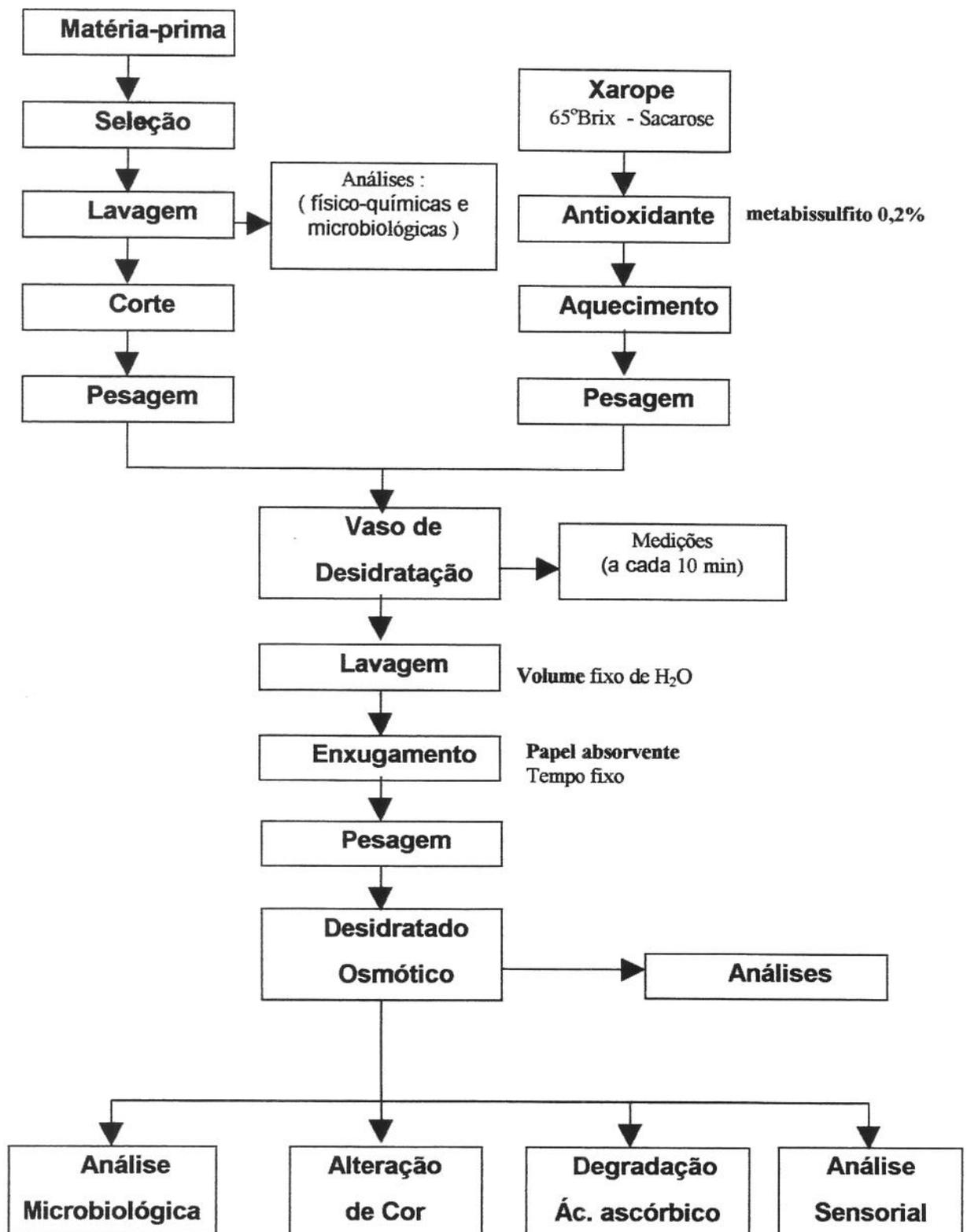
---

3 Kg massa total  $\Rightarrow$  1415 g sólidos solúveis

Para se obter 65°Brix em 3 Kg seriam necessários 1950 g de sólidos, mas já se tem 1415g, faltam então 535g. Estando o agente osmótico na concentração de 65 % (65°Brix), será preciso 823,23g deste agente para se obter os 535g de sólidos solúveis no sistema.

O processamento foi realizado através das etapas seguintes:

- Preparo prévio da solução osmótica de sacarose na concentração de 65° Brix;
- Preparo da matéria-prima: dos frutos recebidos da EMBRAPA/CNPAT, foram selecionados os que se encontrarem no estágio de maturação “de vez”, sem injúria física. Foram lavados em água corrente, submetidos a banho de imersão por 15 minutos em água clorada (1% de hipoclorito);
- Posteriormente foi feito o corte manual em fatias transversais de aproximadamente 1 cm de espessura; as extremidades inferior e superior foram descartadas para melhor homogeneidade do teor de casca nas fatias eliminando-se também a castanha;
- Pesagem dos pedaços a serem desidratados e transferência para o vaso de desidratação;
- Pesagem do xarope ( 2 vezes o peso da fruta no processo a vácuo e 4 vezes no processo a pressão ambiente) e aquecimento até a temperatura de realização do ensaio;
- Adição de 0,2% de metabissulfito ao xarope; e transferência para o vaso de desidratação;
- Nos primeiros 5 minutos em intervalos de 1 minuto foram anotadas as condições de processo (temperatura do vaso de desidratação osmótica, temperatura do banho de resfriamento, temperatura do banho de aquecimento e pressão) em planilha, após este período estes dados foram anotados em intervalos de 3 minutos e posteriormente a cada 5 ou 10 minutos.
- Após o tempo de processo, as amostras retiradas foram lavadas com volumes fixos de água corrente (para que fosse removida a camada de açúcar formada na superfície), espalhadas sobre papel absorvente por tempo fixo (para a remoção do excesso da água) e pesadas.



**Figura 6:** Fluxograma de Processamento

### 3.6. Delineamento Experimental

Na modelagem do processo de desidratação osmótica, foi usado um delineamento baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (ou RSM, Response Surface Methodology).

A RSM é uma técnica de otimização baseada no emprego de planejamentos fatoriais, utilizada na análise de processos onde certos fatores (variáveis independentes) influenciam o resultado final (resposta- variável dependente). São todos estes parâmetros (fatores e respostas) que determinam e/ou refletem o comportamento do processo.

Box *et al.* (1978) e Neto *et al.* (1996), sugerem que sejam feitas análises estatísticas utilizando como parâmetros o coeficiente de correlação da regressão e o valor estimado para o teste F para avaliar se os modelos empíricos obtidos através da regressão multilinear ou não linear apresentam grau de ajuste adequado aos dados experimentais. O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) indica o ajuste do modelo e quanto maior seu valor (mais próximo de 1, ou 100%) melhor terá sido o ajuste do modelo.

Foi utilizado o programa STATISTICA, versão 5.0 para elaboração dos modelos experimentais.

O modelo proposto foi ajustado verificando a significância estatística a  $p = 0,05$  para cada um dos parâmetros (lineares, quadráticos e a interação). Posteriormente, na análise de variância (ANOVA), foi observada a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ( $p = 0,05$ ) pelo teste F, e o coeficiente de correlação.

Para ser considerado preditivo o modelo deve apresentar regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e alto valor de  $R^2$  (superior a 0,85). Pode ocorrer porém do modelo apresentar alto valor de  $R^2$  e falta de ajuste significativa.

A falta de ajuste significativa de um modelo pode ocorrer quando:

- o modelo não tem número suficiente de termos, ou seja, fatores que influem na resposta foram omitidos no modelo proposto e/ou;
- a omissão de termos de maior ordem, envolvendo os fatores no modelo proposto, que são necessários para explicar adequadamente o comportamento da resposta.

Os resultados finais a serem otimizados foram: maximização da redução de peso e minimização da incorporação de sólidos.

Para se estabelecer quais fatores são de maior influência e a faixa de interesse experimental de cada um deles, buscou-se dados em literatura. Foram definidos:

1. Temperatura: 30 a 50° C;
2. Tempo de processo: 90 a 240 minutos (1½ a 4 horas).

A tabela 5 apresenta os níveis decodificados de cada um dos fatores e a tabela 6 apresenta os níveis codificados em cada ensaio.

**Tabela 5:** Níveis decodificados de cada variável

	<b>-1,414</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+1,414</b>
<b>Tempo (min)</b>	90	112	165	218	240
<b>Temperatura (°C)</b>	30	33	40	47	50

**Tabela 6:** Níveis codificados das variáveis em cada ensaio

<b>Ensaio</b>	<b>Tempo</b>	<b>Temperatura</b>
1	- 1	- 1
2	- 1	+1
3	+1	- 1
4	+1	+1
5	- 1,414	0
6	+1,414	0
7	0	- 1,414
8	0	+1,414
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0

### **3.7. Avaliação da Estabilidade Microbiológica**

Com o objetivo de caracterizar a microbiota existente na matéria-prima, bem como obter padrão de controle do processamento, foram feitas análises de fungos, leveduras, coliformes totais e fecais e contagem total de colônias segundo técnica recomendada pelo ITAL (SILVA, N & JUNQUEIRA, V.C.A.;1995).

### **3.8. Avaliação de Alteração de Cor**

A matéria-prima foi caracterizada com relação a cor, sendo esta caracterização tomada como padrão.

Determinações da cor após o processamento otimizado foram realizadas para se determinar as alterações na cor original.

Fisicamente a cor é uma propriedade da aparência atribuída á distribuição espectral da luz; é uma característica da luz mensurável em termos de intensidade (energia radiante) e comprimentos de onda. Ela surge da presença de luz, em maior intensidade em alguns comprimentos de onda do que em outros (Chaves, 1980).

A unidade de cor foi normalizada em 1931 pela “Comission Internationale d’Eclairage” (CIE). Estabeleceu-se uma nomenclatura e um espaço de cor, método para expressar a cor de um objeto ou uma fonte de luz, usando algumas formas de notação baseado nos valores triestímulos XYZ.

A cor foi determinada em espectrofotômetro Hunter Lab, no sistema de leitura CIELAB, utilizando: calibração RSIN, iluminante  $D_{65}$  e um ângulo de detecção de  $10^\circ$ . Utilizou-se na calibração do instrumento os seguintes padrões de calibração da Hunter Lab:

- Padrão branco número C6299 - data 03/1996

$$X = 77,46 \quad Y = 82,08 \quad Z = 88,38$$

- Padrão cinza número C6299g - data 03/1996

$$X = 47,71 \quad Y = 50,83 \quad Z = 54,94$$

Para se compor cada amostra foram agrupadas 3 fatias da matéria-prima *in natura* ou advindas dos processos de desidratação osmótica; as leituras foram realizadas em cada uma das 6 faces do conjunto, em duplicatas, obtendo-se valores médios de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para as 12 medidas.

A partir dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  calculou-se a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) e a diferença de croma ( $\Delta C^*$ ) dadas pelas equações 3.4 e 3.5 respectivamente:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Equação 3.4})$$

$$\Delta C^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Equação 3.5})$$

Onde:  $\Delta L^* = L^* - L_o^*$ ;

$\Delta a^* = a^* - a_o^*$ ;

$\Delta b^* = b^* - b_o^*$ , sendo o subíndice *o* o valor padrão determinado na amostra *in natura*.

O sólido de cor CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) foi definido pelo CIE em 1976 para proporcionar mais uniformidade nas diferenças de cores visuais e reduzir o maior problema do espaço de cor original Yxy: iguais distâncias no diagrama de cromaticidade não correspondem a iguais diferenças de cor percebidas. Neste espaço de cor,  $L^*$  indica luminosidade (variando de 0 a 100) e  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cromaticidade (+  $a^*$  = vermelho; -  $a^*$  = verde; +  $b^*$  = amarelo; -  $b^*$  = azul) (MINOLTA CAMERA Co, 1993).

### 3.9. Análise Sensorial

Entre os métodos sensoriais disponíveis para se determinar a aceitação dos consumidores com relação a um produto, a escala hedônica de nove pontos é provavelmente o método efetivo mais utilizado devido à viabilidade e validade de seus resultados, bem como sua simplicidade em ser utilizado pelos provadores (STONE & SIDEL, 1993).

Os produtos obtidos através da desidratação osmótica a pressão ambiente e da desidratação osmótica a vácuo nas condições de tempo e temperatura otimizadas foram submetidos a testes sensoriais de aceitação utilizando-se escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente; 1 = desgostei extremamente) e testes de intenção de compra.

Os atributos avaliados foram: aparência, aroma, sabor e textura.

As amostras foram servidas em bandejas de fundo branco sob iluminação ambiente e codificadas com 3 algarismos. A ordem de apresentação das mesmas foi balanceada.

Foram recrutados 44 provadores, da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp.

Os dados obtidos no teste de aceitação utilizando a escala hedônica de 9 pontos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) seguida de outros procedimentos estatísticos, entre os quais o teste de Tukey , que verificou se houve diferença significativa entre as médias dado um nível de confiança (5%) com auxílio do pacote estatístico do programa SAS.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Testes Preliminares - Determinação dos antioxidantes a serem utilizados:

Os resultados obtidos no teste sensorial de aceitação de pseudofruto de caju desidratado osmoticamente, utilizando-se ácido ascórbico e metabissulfito como antioxidantes, encontram-se na tabela 7.

TABELA 7: Média de aceitação de aparência, aroma e sabor de pedúnculo de caju desidratado osmoticamente utilizando ácido ascórbico e metabissulfito de sódio como antioxidantes.

Processamento	Aparência	Aroma	Sabor
1	5,37 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>	6,41 <sup>a</sup>
2	6,75 <sup>b</sup>	6,79 <sup>a</sup>	6,15 <sup>a</sup>
3	6,00 <sup>a,b</sup>	6,54 <sup>a</sup>	6,25 <sup>a</sup>

Obs<sub>1</sub>: Médias em uma mesma coluna que possuam letras sobrescritas iguais, não diferem entre si ao nível de 5% de significancia pelo teste de Tukey.

Obs<sub>2</sub>: Condições de processamento:

1⇒ 0,1 % de metabissulfite de sódio;

2⇒ 0,2 % de metabissulfite de sódio;

3⇒ 0,1 % de metabissulfite + 0,1% de ácido ascórbico.

Não foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% entre as amostras no que diz respeito aos atributos aroma e sabor.

Já em relação a aparência, as amostras que foram desidratadas com 0,1% e 0,2% de metabissulfite de sódio (condições 1 e 2) diferem significativamente entre si, enquanto a desidratada com 0,2% de metabissulfite de sódio e a desidratada com 0,1% de metabissulfite de sódio + 0,1% de ácido ascórbico (condições 2 e 3); e a desidratada com 0,1% de metabissulfite de

sódio e a desidratada com 0,1% de metabissulfito de sódio + 0,1% de ácido ascórbico (condições 1 e 3) não apresentaram diferenças significativas entre si ao nível de 5%.

Destes resultados conclui-se que o uso de metabissulfito de sódio na concentração de 0,2% (processamento 2) não apresentou sabor residual quando usado no processo de desidratação, sendo inclusive o produto desta desidratação juntamente com o produto do processamento 3 preferido no que diz respeito a aparência.

Além da análise sensorial dos produtos obtidos foram realizadas análises instrumentais de cor, pois esta tem importante influência na aceitação de um produto já que aceita-se ou não um produto, primeiramente, com os olhos; se a cor não for atraente, dificilmente o produto será aceito.

Os resultados das determinações instrumentais da cor são apresentados na tabela 8.

TABELA 8: Valores médios das determinações instrumentais de cor (calibração RSIN; iluminante D65/10°; sistema CIELAB) de pedúnculo de caju desidratado osmoticamente com diferentes combinações de antioxidantes.

Amostras	L*	a*	b*	$\Delta C^*$	$\Delta E^*$
1	79,09	2,68	40,11	4,04	5,55
2	81,12	0,80	36,62	0,46	2,65
3	77,82	2,25	39,35	4,25	6,06
<b>"in natura"</b>	82,89	2,69	36,07	0,00	0,00

Obs: Condições de processamento:

1⇒ 0,1% metabissulfito de sódio;

2⇒ 0,2% metabissulfito de sódio;

3⇒ 0,1% metabissulfito + 0,1% ácido ascórbico.

Os valores de  $L^*$  para as amostras processadas (1 à 3) variam de 77,82 a 81,12, e o caju "*in natura*" apresentou  $L^* = 82,89$ . Esta diminuição na luminosidade pode ser resultado da exposição do material ao ar atmosférico e ao próprio processamento; no entanto é uma variação pequena, não chegando a 10%.

No que diz respeito a cromaticidade, a cor dominante é o amarelo já que todas as amostras apresentaram altos valores de  $b^*$  (sendo a amostra *in natura* pouco menos amarela que as demais e tendo praticamente a mesma intensidade de cor amarela que o processamento 2), com pouca intensidade de vermelho ( $0,80 \leq a^* \leq 2,69$ ).

Tanto a diferença de croma ( $\Delta C^*$ ) (que é a intensidade da diferença da parte cromática da cor entre dois objetos, onde não há a participação da luminosidade) como a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) indicam que a amostra 3 foi a que se apresentou mais semelhante a fruta *in natura*, seguida da amostra 2.

Observa-se que os processamentos que obtiveram melhor aceitação sensorial foram os que se utilizaram de 0,2% de metabissulfito e de 0,1% de metabissulfot + 0,1% de ácido ascórbico (condições 2 e 3), embora não tenha sido o que utilizou 0,2% de metabissulfito (condição 2), através da análise instrumental de cor, o mais semelhante à amostra *in natura*. No entanto por apresentar igual aceitação por parte dos consumidores o uso da combinação de 0,1% ácido ascórbico e 0,1% de metabissulfito pode ser substituída por 0,2% de metabissulfito.

#### **4.2. Desenvolvimento dos Modelos Experimentais**

Os resultados das determinações feitas nos produtos advindos dos ensaios do planejamento experimental de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de caju encontram-se nas tabelas 9 e 10 respectivamente.

Tabela 9: Valores de perda de peso (PP), sólidos totais (ST), incorporação de sólidos (IS), umidade (U) e perda de umidade (PU) nos ensaios à vácuo.

Ensaio	PP (%)	ST (%)	IS (%)	°Brix	U (%)	PU (%)
1	18,66	15,502	4,036	12,75	84,498	22,356
2	38,97	20,696	9,826	16,75	79,304	44,631
3	30,37	17,88	8,461	14,75	82,117	35,402
4	57,69	29,748	9,900	25,25	70,252	66,011
5	31,57	17,335	3,316	14,25	82,665	36,095
6	41,81	25,147	12,598	22,00	74,853	50,004
7	19,35	14,772	3,570	12,50	85,228	22,623
8	48,89	25,227	12,300	21,75	74,773	56,788
9 (C)	41,57	22,127	3,649	16,75	77,873	47,775
10 (C)	37,24	18,388	5,190	15,50	81,612	42,135
11 (C)	38,68	19,413	3,678	16,00	80,587	44,177
12 (C)	39,29	22,011	3,737	16,50	77,989	45,654

Os perfis de temperatura e pressão utilizados nos ensaios encontram-se no anexo 2.

Tabela 10: Valores de perda de peso (PP), sólidos totais (ST), incorporação de sólidos (IS), brix, umidade (U) e perda de umidade (PU) nos ensaios a pressão ambiente.

Ensaio	PP (%)	ST (%)	IS (%)	°Brix	U (%)	PU (%)
1	16,43	15,820	3,758	14,50	84,180	18,395
2	26,09	18,840	9,285	16,50	81,160	30,414
3	23,67	18,683	8,105	16,00	81,317	28,219
4	40,23	24,763	9,241	20,50	75,237	48,686
5	18,12	17,020	2,864	15,00	82,980	21,423
6	30,52	21,842	11,901	17,25	78,158	11,901
7	21,47	17,331	3,170	15,50	82,669	24,927
8	32,11	21,743	10,120	19,50	78,257	38,559
9 (c)	26,17	19,744	4,008	16,50	80,256	33,121
10 (c)	26,07	18,638	3,310	16,00	81,362	29,337
11 (c)	25,55	17,803	3,287	16,75	82,197	28,612

#### 4.2.1. Processo de Desidratação Osmótica a Vácuo

##### 4.2.1.1. Perda de Peso

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação na perda de peso podem ser observados na tabela 11.

Tabela 11: Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística ( $p$ ) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de peso no processo a vácuo.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Puro	Significância Estatística	Coeficiente de Regressão
tempo (L)	<b>11,2279</b>	<b>1,2739</b>	<b>0,0031</b>	<b>5,6139</b>
tempo (Q)	-1,9963	1,4243	0,2556	-0,9981
Temperatura (L)	<b>22,3515</b>	<b>1,2739</b>	<b>0,0004</b>	<b>11,1757</b>
Temperatura (Q)	<b>-4,5663</b>	<b>1,4243</b>	<b>0,0491</b>	<b>-2,2831</b>
tempo * Temp.(L)	3,5050	1,8016	0,1469	1,7525

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(L)  $\Rightarrow$  termo linear;

(Q)  $\Rightarrow$  termo quadrático.

Os valores na coluna dos efeitos estimados na tabela 11 indicam quanto cada fator influi no parâmetro estudado, neste caso na perda de peso.

Observa-se que os efeitos dos parâmetros tempo (L), temperatura (L) e a interação tempo \* temperatura (L) tem efeito positivo na perda de peso, ou seja, um aumento em qualquer um destes fatores acarreta um aumento na perda de peso enquanto que os efeitos dos parâmetros tempo (Q) e da temperatura (Q) tem influência negativa, da mesma forma, um aumento nestes fatores acarreta uma diminuição na perda de peso. Entretanto os efeitos dos parâmetros tempo (Q) e da interação tempo \* temperatura (L) não são significativos a  $p \leq 0,05$  não sendo então utilizados no modelo, assim o único parâmetro que tem um efeito negativo significativo na perda de peso é a temperatura (Q). Observamos ainda que entre os efeitos de influência positiva, o parâmetro temperatura (L) é o de maior valor, exercendo um efeito positivo praticamente duas vezes superior ao efeito do parâmetro tempo (L).

Eliminados os fatores não significativos verificou-se na análise de variância, através do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Na tabela 12 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 12: Análise de variância do modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>1280,246</b>	<b>2</b>	<b>640,123</b>	<b>86,572</b>	<b>4,26</b>
Resíduo	<b>66,547</b>	<b>9</b>	<b>7,394</b>		
Falta de Ajuste	56,810	6	9,468	2,917	8,94
Erro Puro	9,737	3	3,246		
Total	1346,793				

Obs: \* Valores tabelados de F a  $p \leq 0,05$ .

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

SQ  $\Rightarrow$  Soma quadrática;

GL  $\Rightarrow$  Grau de liberdade;

MQ  $\Rightarrow$  Média quadrática.

O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,95059 indicando que o modelo explicou 95,06 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85. Verifica-se também que os resíduos gerados pelo modelo (Figura 7) apresentam-se distribuídos aleatoriamente não indicando nenhuma tendência para o mesmo.

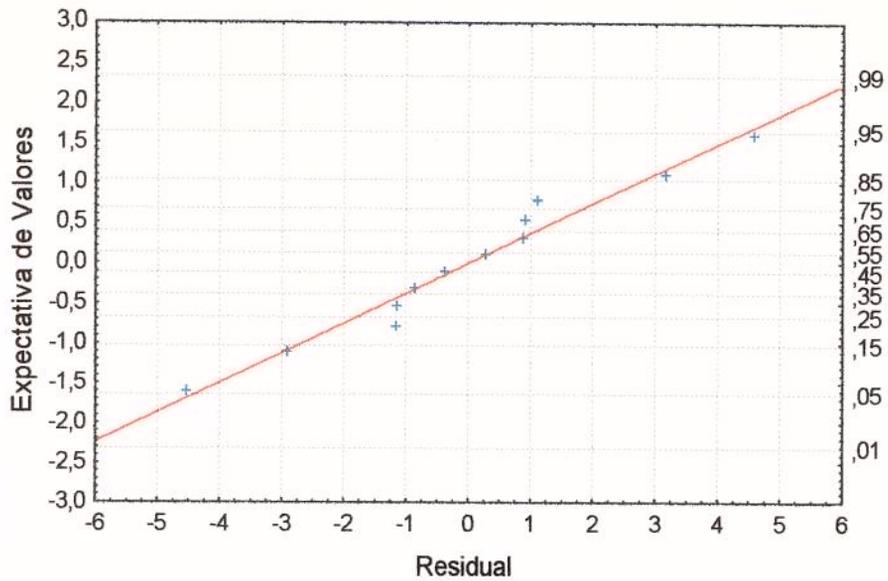


Figura 7: Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de peso.

A figura 8 mostra as superfícies geradas através do modelo decodificado ajustado.

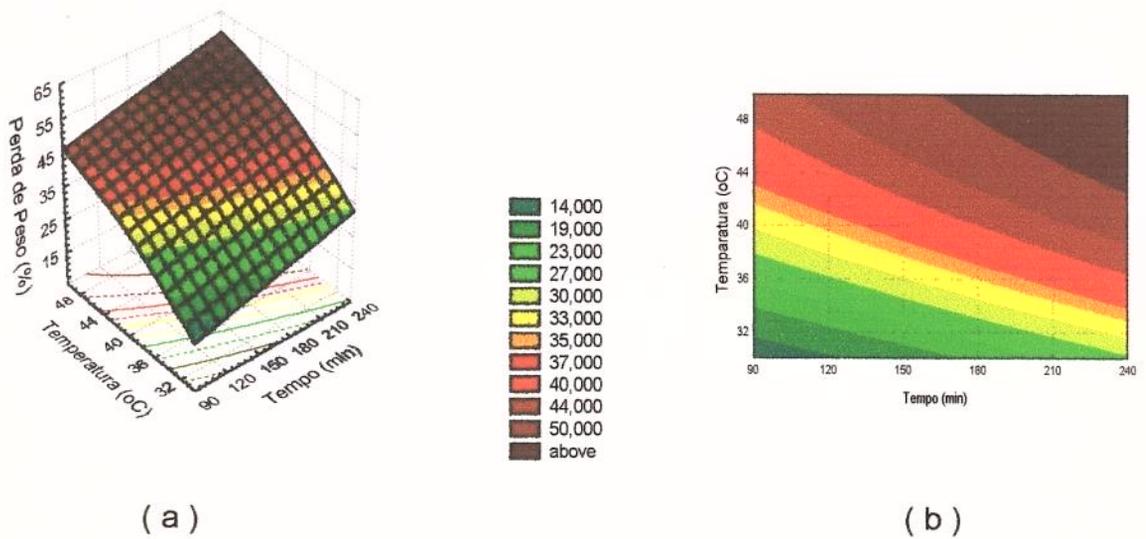


Figura 8: ( a ) Superfície de resposta para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo.

( b ) Superfície de contorno para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo.

Como pode-se observar na figura 8 (a) há um aumento na perda de peso no decorrer do processo de desidratação osmótica a vácuo, porém visualiza-se uma tendência à estabilização da perda de peso ao longo do tempo de processamento, provavelmente devido ao equilíbrio atingido entre o sistema fruta : solução osmótica. Este comportamento da perda de peso tendendo a estabilização é relatado por vários pesquisadores, entre eles: Askar *et al.* (1996), Raoult-Wack (1994), Videv *et al.* (1990).

Obteve-se através do modelo desenvolvido para perda de peso dentro da faixa experimental de tempo (de 90 a 240 minutos) e temperatura (de 30 a 50°C) estudados, a porcentagem de perda de peso variando de 10,28 (mínimos de tempo e temperatura) a 57,72 % (máximos de tempo e temperatura), sendo que nestes máximos de tempo e temperatura o produto encontrou-se escurecido e com uma textura muito diferente da original provavelmente devido ao comprometimento da estrutura celular causada pela temperatura, conforme relatos de vários pesquisadores (Farkas & Lazar, 1969; Heng *et al.*, 1990; Lenart & Lewicki, 1990a; *apud* Torreggiani, 1993; Lenart & Flink, 1984b; Vial *et al.*, 1991).

A perda de peso obtida neste processo mostrou-se bastante superior ao processo a pressão ambiente (tabelas 9 e 10). Segundo Fito (1994) e Shi & Fito (1993), o uso do vácuo combinado com o efeito de capilaridade afeta a remoção da água interna dos tecidos da fruta de forma que o total de água transferida é resultado desta combinação.

A tabela 11 apresenta os coeficientes de regressão codificados para cada um dos fatores, no entanto para melhor visualização e praticidade no uso do modelo fazemos abaixo sua apresentação decodificada:

$$PP \text{ vácuo} = - 109,570 + 10,588 * 10^{-2} * t + 4,937 * T - 41,858 * 10^{-3} * T^2$$

Onde: t  $\Rightarrow$  tempo (min);

T  $\Rightarrow$  temperatura (°C).

Durante a desidratação osmótica a vácuo observou-se visualmente a formação de bolhas saindo dos pedaços do pseudofruto indicando que gases foram removidos sucessivamente do interior da matéria-prima como foi relatado por Shi & Fito, 1993.

#### 4.2.1.2. Incorporação de Sólidos

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação na incorporação de sólidos podem ser observados na tabela 13.

Tabela 13: Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficientes de regressão de cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo a vácuo.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Puro	Significância Estatística	Coefficiente de Regressão
tempo (L)	<b>4,4065</b>	<b>0,5316</b>	<b>0,0037</b>	<b>2,2032</b>
tempo (Q)	<b>3,9484</b>	<b>0,5944</b>	<b>0,0070</b>	<b>1,9742</b>
Temperatura (L)	<b>4,8936</b>	<b>0,5316</b>	<b>0,0027</b>	<b>2,4468</b>
Temperatura (Q)	<b>3,9263</b>	<b>0,5944</b>	<b>0,0071</b>	<b>1,96317</b>
tempo * Temp. (L)	-2,1755	0,7519	0,0628	-1,0877

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(L)  $\Rightarrow$  termo linear;

(Q)  $\Rightarrow$  termo quadrático.

Os valores na coluna dos efeitos na tabela 13 indicam quanto cada fator influi no parâmetro estudado.

Observa-se que todos os parâmetros, com exceção da interação tempo \* temperatura (L), tem efeito positivo na incorporação de sólidos (ou seja, um aumento em qualquer um destes fatores acarreta um aumento na incorporação de sólidos); entretanto esta mesma interação tempo \* temperatura (L) que influencia

negativamente o modelo não é significativa a  $p \leq 0,05$ . Desta forma todos os fatores utilizados no modelo ajustado influenciam positivamente a incorporação de sólidos.

Eliminada a interação não significativa verificou-se na análise de variância a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Na tabela 14 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 14: Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>128,072</b>	<b>3</b>	<b>42,691</b>	<b>17,95</b>	<b>7,29</b>
Resíduo	<b>19,029</b>	<b>8</b>	<b>2,379</b>		
Falta de Ajuste	17,333	5	3,467	6,13	28,24
Erro Puro	1,696	3	0,565		
Total	147,101				

Obs: \* Valores tabelados de F a  $p \leq 0,05$ .

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

SQ  $\Rightarrow$  Soma quadrática;

GL  $\Rightarrow$  Grau de liberdade;

MQ  $\Rightarrow$  Média quadrática.

Observa-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,87064 indicando que a modelo explicou 87,06 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para incorporação de sólidos é considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85.

Verifica-se também que os resíduos gerados pelo modelo (Figura 9) apresentam distribuição aleatória não indicando nenhuma tendência para o mesmo.

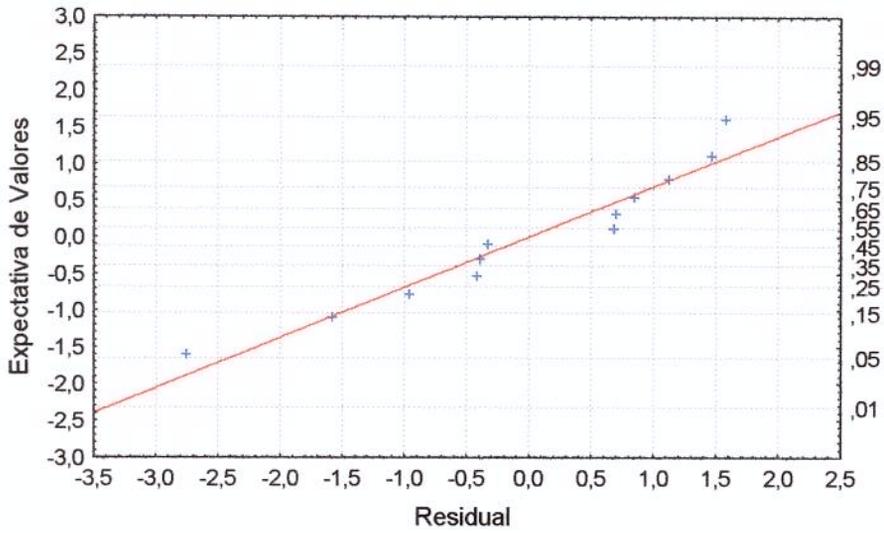


Figura 9: Distribuição de resíduos do modelo ajustado para incorporação de sólidos.

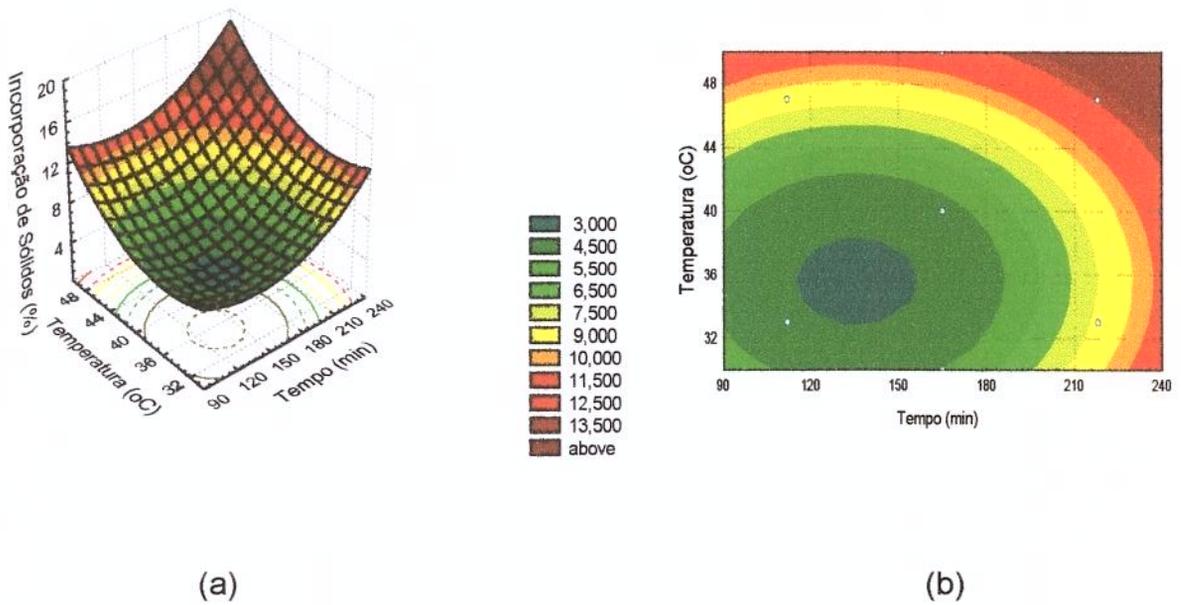


Figura 10: ( a ) Superfície de resposta para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.

( b ) Superfície de contorno para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.

processo de desidratação osmótica a vácuo.

No que diz respeito a incorporação de sólidos esta é dependente principalmente das características da microestrutura biológica inicial da matéria-prima (Islam and Flink, 1982; Lenart and Flink, 1984,) e das modificações que esta estrutura pode sofrer devido a pré-tratamentos, manuseio e ao próprio processamento (temperatura, agitação, tempo) o que pode acarretar na alteração da permeabilidade e seletividade nas estruturas dos tecidos.

Dentro desta faixa experimental estudada, o modelo desenvolvido indica que a incorporação de sólidos variou de 2,68 (correspondente a incorporação de sólidos no tempo de 136 minutos e temperatura de 35,5° C, obtidos através da derivação do modelo em relação a cada um dos parâmetros:  $\partial IS / \partial t = 0$ ;  $\partial IS / \partial T = 0$ ) a 18,58%.

É provável que o aumento do tempo e da temperatura até 50°C tenha possibilitado um rompimento das membranas celulares do pseudofruto e conseqüentemente alteração da permeabilidade e seletividade dos tecidos ocasionando um aumento da incorporação de sólidos do agente osmótico. Este aumento na incorporação de sólidos ao longo do tempo e com o aumento de temperatura foi observado por Raoult-Wack (1994).

A tabela 13 apresenta os coeficientes de regressão codificados para cada um dos fatores, no entanto para melhor visualização e praticidade no uso do modelo é feito abaixo sua apresentação decodificada:

$$IS (\%) \text{ vácuo} = 65,612 - 19,128 * 10^{-2} * t + 70,558 * 10^{-5} * t^2 - 2,808 * T + 39,454 * 10^{-3} * T^2$$

Onde: t  $\Rightarrow$  tempo (min);

T  $\Rightarrow$  temperatura (°C).

### 4.2.1.3.Sólidos Totais

O modelo para o teor de sólidos totais no material processado a vácuo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) ( $F_{\text{calc.}} = 77,92$  e  $F_{\text{tab.}} = 4,96$ ;  $F$  calculado superior ao  $F$  tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F_{\text{calc.}} = 0,56$  e  $F_{\text{tab.}} = 8,89$ ;  $F$  tabelado inferior ao  $F$  tabelado) (Anexo IV -a).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,88626 indicando que o modelo explicou 88,63 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para sólidos totais no processo a vácuo foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85.

No anexo III (a) encontra-se a tabela com os efeitos estimados, erro puro, grau de significância estatística e os coeficientes de regressão para sólidos totais no processo a vácuo, mas para melhor visualização e praticidade no uso do modelo fazemos abaixo sua apresentação decodificada:

$$\text{ST (\%)} \text{ vácuo} = - 10,68 + 53,003 * 10^{-3} * t + 56,555 * 10^{-2} * T$$

Onde:  $t \Rightarrow$  tempo (min);

$T \Rightarrow$  temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

A superfície de resposta bem como a superfície de contorno geradas pelo modelo ajustado decodificado são apresentadas na figura 11.

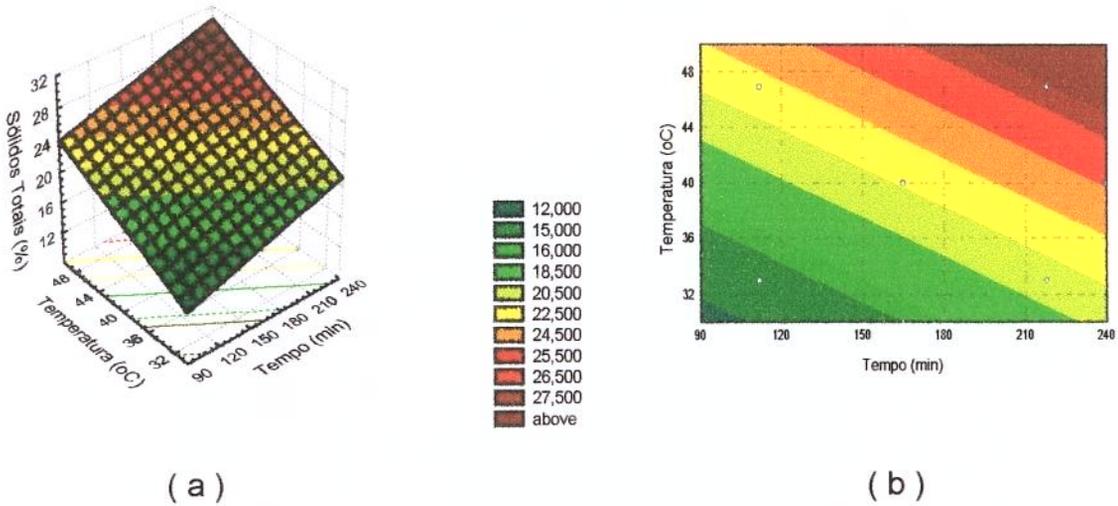


Figura 11: ( a ) Superfície de resposta para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo.

( b ) Superfície de contorno para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo.

#### 4.2.1.4. Perda de Umidade

O modelo para perda de umidade no material processado a vácuo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) ( $F_{\text{calc.}} = 158,79$  e  $F_{\text{tab.}} = 4,96$ ;  $F$  calculado superior ao  $F$  tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F_{\text{calc.}} = 2,19$  e  $F_{\text{tab.}} = 8,89$ ;  $F$  tabelado inferior ao  $F$  tabelado) (Anexo IV - b)

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,94075 indicando que o modelo explicou 94,075% da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para perda de umidade no processo a vácuo foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85.

A superfície de resposta bem como a superfície de contorno gerada pelo modelo ajustado decodificado são apresentadas na figura 12.

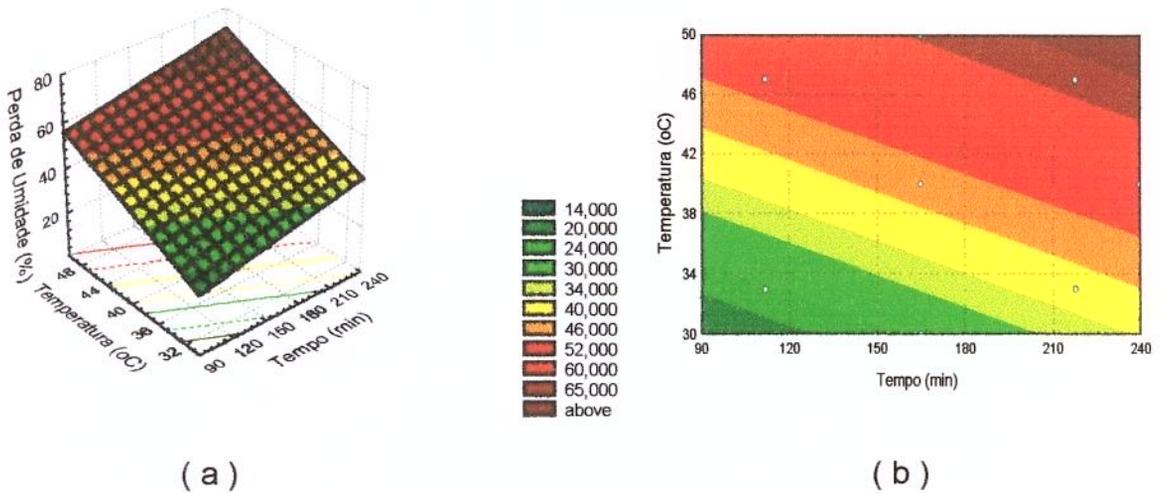


Figura 12: ( a ) Superfície de resposta para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo.

( b ) Superfície de contorno para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo.

No anexo III (b) encontra-se a tabela com os efeitos estimados, erro puro, grau de significância estatística e os coeficientes de regressão para perda de umidade no processo a vácuo, mas para melhor visualização e praticidade no uso do modelo é feito abaixo sua apresentação decodificada:

$$PU(\%)_{\text{vácuo}} = - 50,141 + 12,7534 * 10^{-2} * t + 1,798 * T$$

#### 4.2.1.5. °Brix

O modelo para o °brix no material processado a vácuo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) ( $F_{\text{calc.}} = 87,05$ ;  $F_{\text{tab.}} = 4,26$ ) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F_{\text{calc.}} = 4,49$ ;  $F_{\text{tab.}} = 8,94$ ) (Anexo IV - c).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,95085 indicando que o modelo explicou 95,09 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para °brix no processo a vácuo foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado), falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F tabelado inferior ao F tabelado) e  $R^2$  superior a 0,85.

A superfície de resposta bem como a superfície de contorno geradas pelo modelo ajustado decodificado são apresentadas na figura 13.

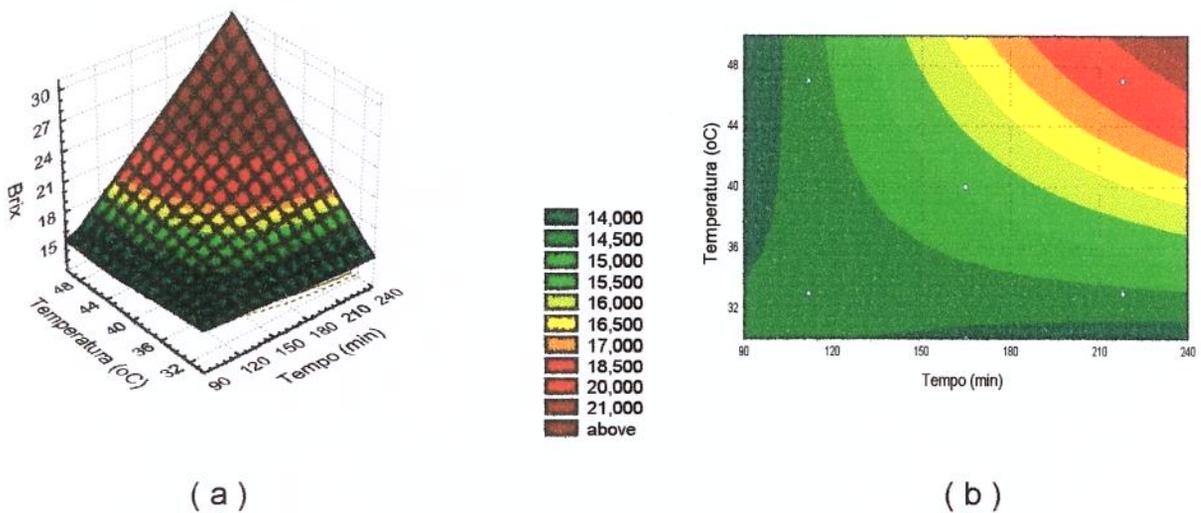


Figura 13: ( a ) Superfície de resposta para °Brix no processo de desidratação osmótica a vácuo.

( b ) Superfície de contorno para °Brix no processo de desidratação osmótica a vácuo.

No anexo III (c) encontra-se a tabela com os efeitos estimados, erro puro, grau de significância estatística e os coeficientes de regressão para ° Brix no processo a vácuo, mas para melhor visualização e praticidade no uso do modelo é feito abaixo sua apresentação decodificada:

$$\text{Brix}_{\text{vácuo}} = 36,755 - 22,299 * 10^{-2} * t - 74,826 * 10^{-2} * T + 70,755 * 10^{-4} * t * T$$

## 4.2.2. Processo de Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente

### 4.2.2.1. Perda de Peso

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação na perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente podem ser observados na tabela 15.

Tabela 15: Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística e coeficiente de regressão de cada fator no modelo codificado para perda de peso no processo a pressão ambiente.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Puro	Significância Estatística	Coeficiente de Regressão
tempo (L)	<b>22,6024</b>	<b>0,1711</b>	<b>0,0005</b>	<b>6,3012</b>
tempo (Q)	-0,5938	0,2037	0,0658	-0,2969
Temperatura (L)	<b>12,9413</b>	<b>0,1711</b>	<b>0,0005</b>	<b>6,4706</b>
Temperatura (Q)	<b>1,8369</b>	<b>0,2037</b>	<b>0,0384</b>	<b>0,9184</b>
tempo * Temp. (L)	<b>4,2241</b>	<b>0,2420</b>	<b>0,0092</b>	<b>2,1121</b>

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(L)  $\Rightarrow$  termo linear;

(Q)  $\Rightarrow$  termo quadrático.

Os valores na coluna dos efeitos na tabela 15 indicam quanto cada fator influi no parâmetro estudado, neste caso na perda de peso.

Observa-se que todos os fatores, com exceção do parâmetro tempo (Q) tem efeito positivo na perda de peso, ou seja, um aumento em cada um deles acarreta um aumento na perda de peso. Entretanto o parâmetro tempo (Q) que apresentou efeito negativo (um aumento neste fator acarreta uma diminuição na perda de peso) não é significativo a  $p \leq 0,05$  portanto todos os fatores significativos influenciam o modelo de maneira positiva.

Verificou-se ainda que neste caso os parâmetros lineares tempo e

temperatura exercem um efeito muito similar e consideravelmente maior que os fatores quadráticos e a interação linear.

Eliminado o fator não significativo verificou-se na análise de variância, através do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança. Na tabela 16 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 16: Análise de variância do modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>418,648</b>	<b>3</b>	<b>139,549</b>	<b>45,37</b>	<b>4,35</b>
Resíduo	<b>21,533</b>	<b>7</b>	<b>3,076</b>		
Falta de Ajuste	21,311	5	4,262	6,98	19,30
Erro Puro	1,222	2	0,611		
Total	440,181				

Obs: \* Valores tabelados de F a  $p \leq 0,05$ .

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

SQ  $\Rightarrow$  Soma quadrática;

GL  $\Rightarrow$  Grau de liberdade;

MQ  $\Rightarrow$  Média quadrática.

Observa-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado) (Tabela 16)

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,95108 indicando que a modelo explicou 95,11% da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para perda de peso foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85. Verificou-se

também que os resíduos gerados pelo modelo ajustado (Figura 14) apresentem-se distribuídos aleatoriamente não evidenciando nenhuma tendência do mesmo.

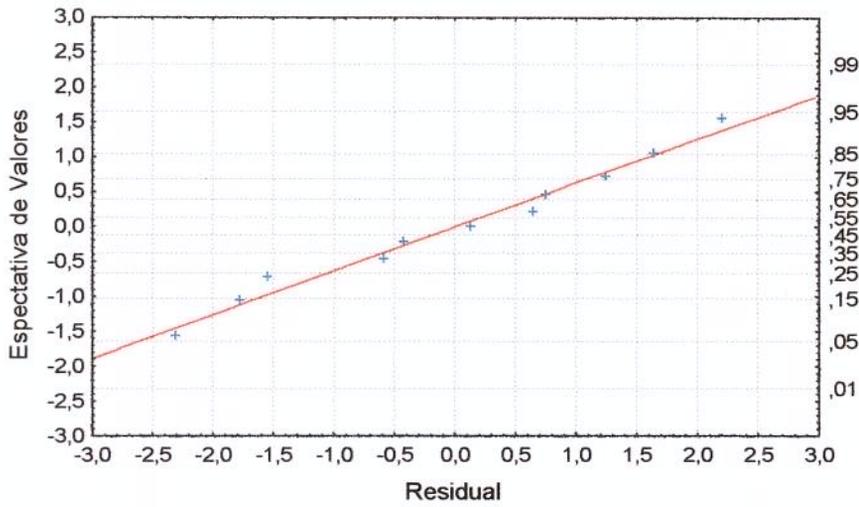


Figura 14: Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de peso.

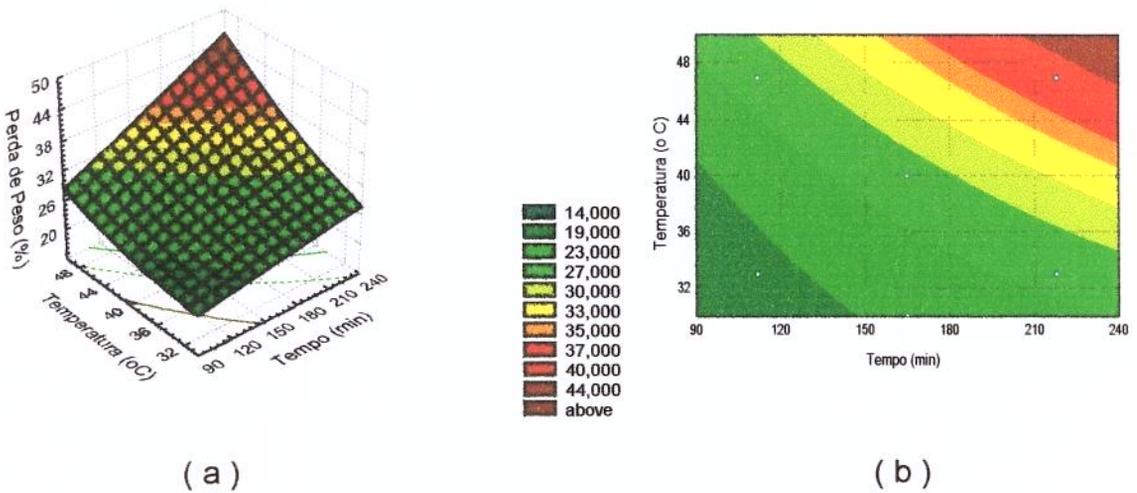


Figura 15: ( a ) Superfície de resposta para perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

( b ) Superfície de contorno para perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

Como pode-se observar na desidratação osmótica a vácuo, no processo a pressão ambiente também há um aumento na perda de peso no decorrer do processamento (Figura 10 a).

Obteve-se através do modelo desenvolvido para perda de peso no processo a pressão ambiente dentro da faixa experimental de tempo (de 90 a 240 minutos) e temperatura (de 30 a 50°C) estudados a perda de peso variando de 16,36 (mínimos de tempo e temperatura) a 44,81 % (máximos de tempo e temperatura). Verificou-se também que nestes máximos de tempo e temperatura o produto encontrou-se escurecido e com uma textura muito diferente da original como já foi discutido no processo a vácuo.

A tabela 15 apresenta os coeficientes de regressão codificados para cada um dos fatores, no entanto para melhor visualização e praticidade no uso do modelo faz-se abaixo sua apresentação decodificada:

$$PP = 38,946 - 94,281 * 10^{-3} * t - 1,398 * T + 17,029 * 10^{-3} * T^2 + 46,516 * 10^{-4} * t * T$$

Onde: t ⇒ tempo (min); T ⇒ temperatura (°C).

#### 4.2.2.2. Incorporação de Sólidos

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação na incorporação de sólidos podem ser observados na tabela 17.

Tabela 17: Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística e coeficiente de regressão de cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo a pressão ambiente.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Puro	Significância Estatística	Coefficiente de Regressão
tempo (L)	<b>4,2708</b>	<b>0,2898</b>	<b>0,0046</b>	<b>2,1354</b>
tempo (Q)	<b>4,1393</b>	<b>0,3449</b>	<b>0,0069</b>	<b>2,0696</b>
Temperatura (L)	<b>4,1229</b>	<b>0,2898</b>	<b>0,0049</b>	<b>2,0615</b>
Temperatura (Q)	<b>3,4018</b>	<b>0,3449</b>	<b>0,0101</b>	<b>1,7009</b>
tempo * Temp.(L)	<b>-2,1955</b>	<b>0,4098</b>	<b>0,0331</b>	<b>-1,0978</b>

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(L) ⇒ termo linear;

(Q) ⇒ termo quadrático.

Observa-se que todos os fatores, com exceção da interação tempo \* temperatura (L) tem influência positiva na incorporação de sólidos, ou seja, um aumento em qualquer um destes fatores acarreta um aumento na incorporação de sólidos, enquanto que a interação tempo \* temperatura (L) por ter influência negativa com seu aumento induz a uma diminuição na incorporação de sólidos.

Neste caso todos os fatores são significativos a  $p \leq 0,05$ . Verificou-se então na análise de variância a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança. Na tabela 18 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 18: Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>106,859</b>	<b>3</b>	<b>35,620</b>	<b>22,16</b>	<b>4,35</b>
Resíduo	<b>11,253</b>	<b>7</b>	<b>1,608</b>		
Falta de Ajuste	10,917	5	2,183	13,00	19,30
Erro Puro	0,336	2	0,168		
Total	118,112				

Obs: \* Valores tabelados de F a  $p \leq 0,05$ .

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

SQ  $\Rightarrow$  Soma quadrática;

GL  $\Rightarrow$  Grau de liberdade;

MQ  $\Rightarrow$  Média quadrática.

Observa-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado) (Tabela 17).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,90473 indicando que a modelo explicou 90,47% da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para perda de peso foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85. Verifica-se também que os resíduos gerados (Figura 16) apresentam-se distribuídos aleatoriamente não evidenciando nenhuma tendência do mesmo.

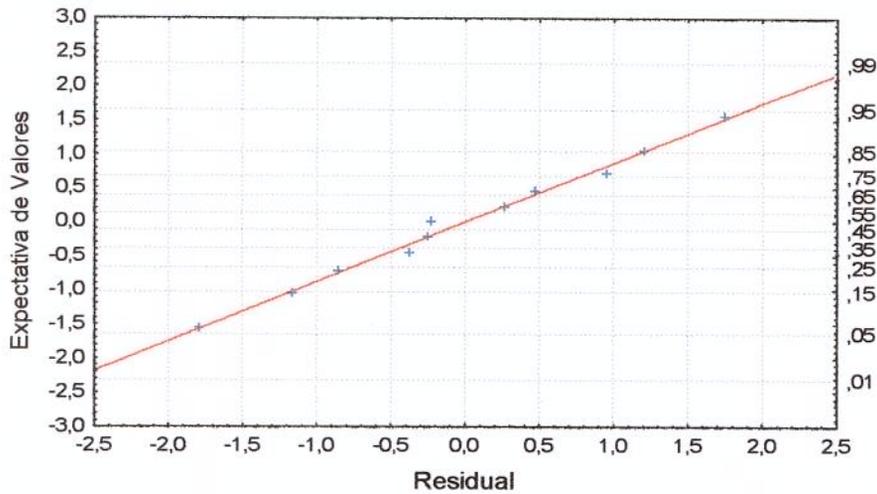


Figura 16: Distribuição de resíduos do modelo ajustado para incorporação de sólidos.

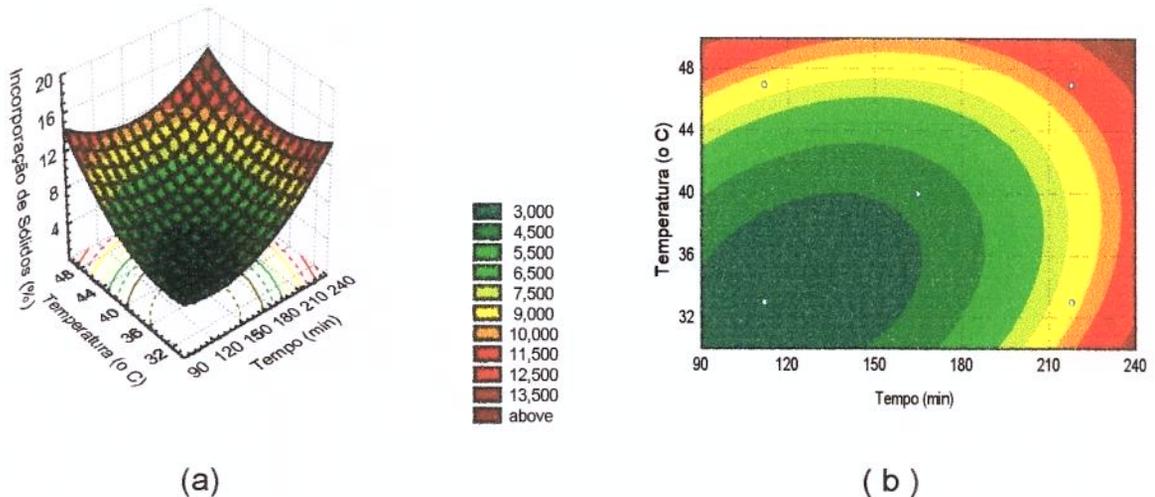


Figura 17: ( a ) Superfície de resposta para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

( b ) Superfície de contorno para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

No que diz respeito a incorporação de sólidos dentro desta faixa experimental estudada, o modelo desenvolvido indica que variou de 1,87 (correspondente a incorporação de sólidos no tempo de 126 minutos e temperatura de 34° C, obtidos através da derivação do modelo em relação a cada um dos parâmetros:  $\partial IS / \partial t = 0$ ;  $\partial IS / \partial T = 0$ ) a 14,86 %.

A tabela 17 apresenta os coeficientes codificados para cada um dos fatores, no entanto para melhor visualização e praticidade no uso do modelo faz-se abaixo sua apresentação decodificada:

$$IS (\%)_{Amb.} = 40,318 - 85,088 * 10^{-3} * t + 73,857 * 10^{-5} * t^2 - 1,947 * T + 34,111 * 10^{-3} * T^2 - 29,589 * 10^{-4} * t * T$$

Onde:  $t \Rightarrow$  tempo (min);

$T \Rightarrow$  temperatura (°C).

#### **4.2.2.3.Sólidos Totais**

O modelo para o teor sólidos totais no material processado a pressão ambiente apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) ( $F_{calc.} = 76,14$  e  $F_{tab.} = 5,12$ ;  $F$  calculado superior ao  $F$  tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F_{calc.} = 0,78$  e  $F_{tab.} = 19,35$ ;  $F$  tabelado inferior ao  $F$  tabelado) (Anexo IV - d).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,89429 indicando que o modelo explicou 89,43 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para sólidos totais no processo a pressão ambiente foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85.

A superfície de resposta bem como a superfície de contorno geradas pelo modelo ajustado decodificado para sólidos totais são apresentadas na figura 18.

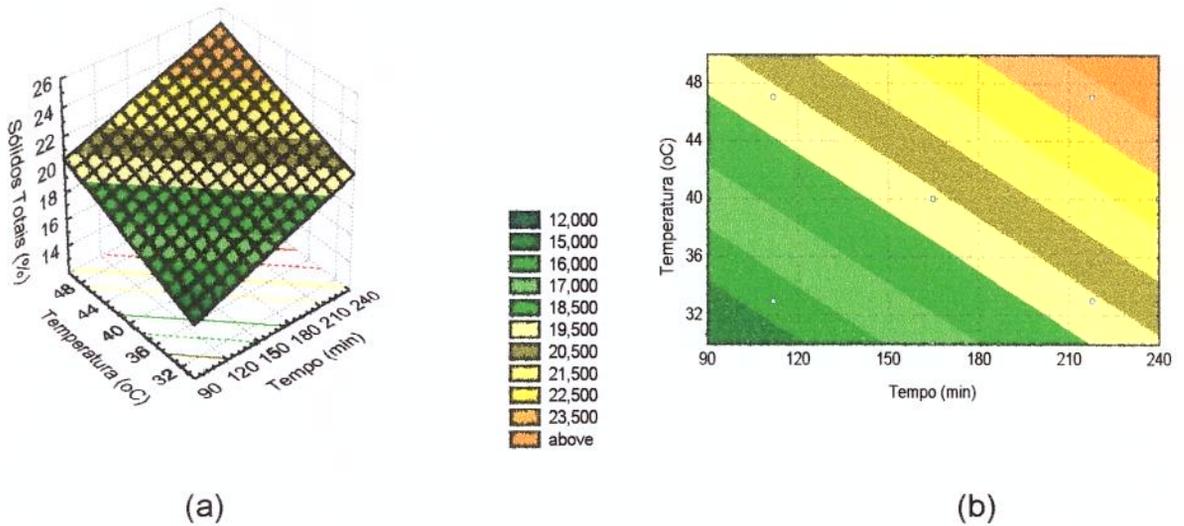


Figura 18: ( a ) Superfície de resposta para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

( b ) Superfície de contorno para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

No anexo III (d) encontra-se a tabela com os efeitos estimados, erro puro, grau de significância estatística e os coeficientes de regressão para sólidos totais no processo a pressão ambiente, mas para melhor visualização e praticidade no uso do modelo faz-se abaixo sua apresentação decodificada:

$$ST (\%)_{\text{Amb.}} = 2,332 + 36,792 * 10^{-3} * t + 27,227 * 10^{-2} * T$$

#### 4.2.2.4. Perda de Umidade

O modelo para perda de umidade no material processado a pressão ambiente apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) ( $F_{\text{calc.}} = 91,88$  e  $F_{\text{tab.}} = 5,12$ ;  $F$  calculado superior ao  $F$  tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F_{\text{calc.}} = 1,27$  e  $F_{\text{tab.}} = 19,35$ ;  $F$  tabelado inferior ao  $F$  tabelado) (Anexo IV - e).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,91079 indicando que o modelo explicou 91,08 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85.

A superfície de resposta bem como a superfície de contorno geradas pelo modelo ajustado decodificado são apresentadas na figura 19.

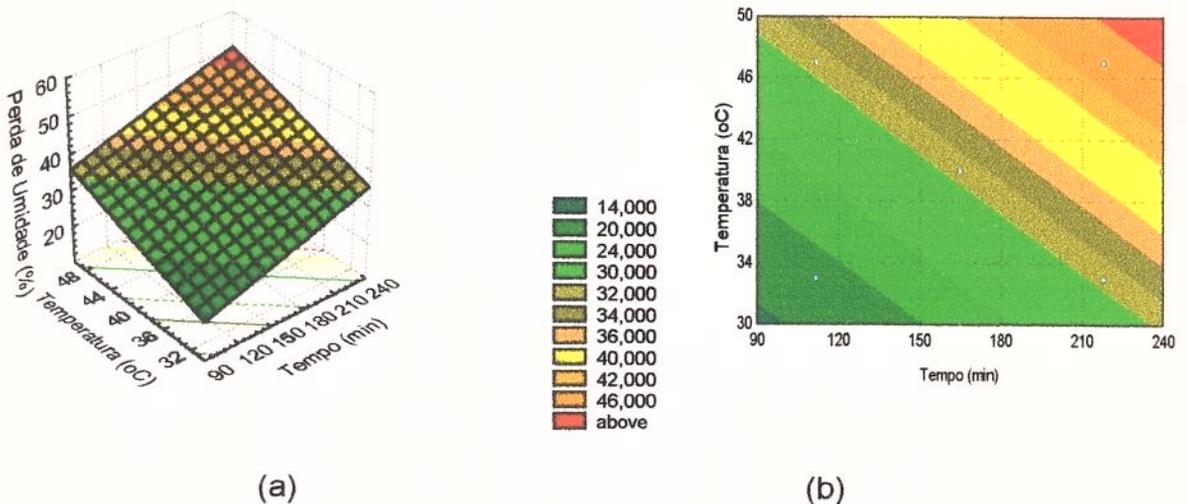


Figura 19: ( a ) Superfície de resposta para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

( b ) Superfície de contorno para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

No anexo III (e) encontra-se a tabela com os efeitos estimados, erro puro, grau de significância estatística e os coeficientes de regressão para perda de umidade no processo a pressão ambiente, mas para melhor visualização e praticidade no uso do modelo faz-se abaixo sua apresentação decodificada:

$$PU (\%)_{Amb.} = -25,542 + 11,885 * 10^{-2} * t + 91,85 * 10^{-2} T$$

#### 4.2.2.5. °Brix

O modelo para °brix no material processado a pressão ambiente apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) ( $F_{calc.} = 82,04$ ;  $F_{tab.} = 5,12$ ) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F_{calc.} = 1,78$ ;  $F_{tab.} = 19,35$ ) (Anexo IV - f).

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,90114 indicando que o modelo explicou 90,11 % da variação dos dados observados.

O modelo ajustado foi considerado preditivo pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ( $F$  calculado superior ao  $f$  tabelado), falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ( $F$  tabelado inferior ao  $F$  tabelado) e  $R^2$  superior a 0,85.

No anexo III (f) encontra-se a tabela com os efeitos estimados, erro puro, grau de significância estatística e os coeficientes de regressão para ° Brix no processo a pressão ambiente, mas para melhor visualização e praticidade no uso do modelo faz-se abaixo sua apresentação decodificada:

$$°Brix_{Amb.} = 6,638 + 18,111 * 10^{-3} * t + 17,298 * 10^{-2} * T$$

A superfície de resposta bem como a superfície de contorno geradas pelo modelo ajustado decodificado são apresentadas na figura 20.

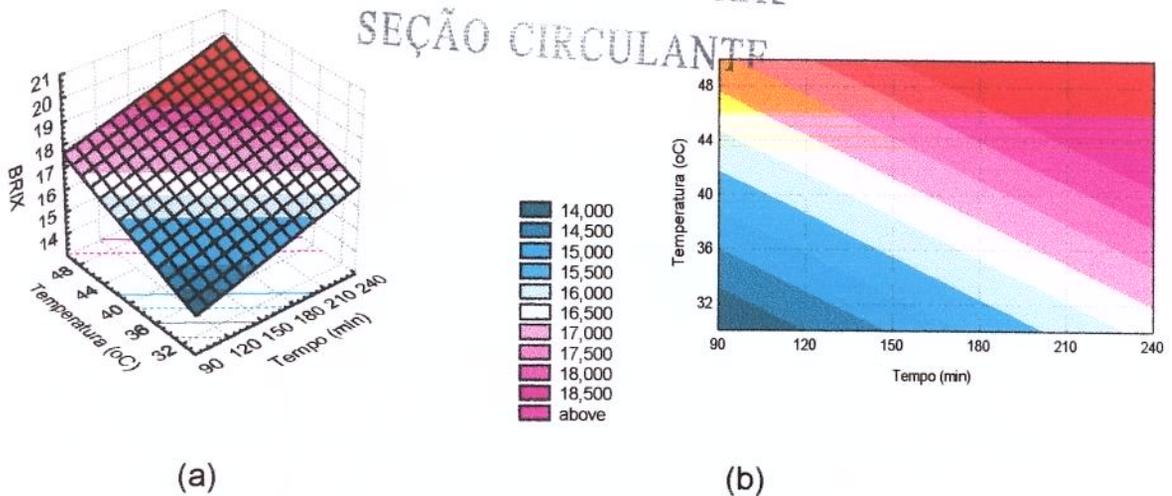


Figura 20: (a ) Superfície de resposta para °Brix no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

(b ) Superfície de contorno para °Brix no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

#### 4.3. Otimização dos Processos de Desidratação Osmótica

Na otimização dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente foram analisados os resultados obtidos através do programa STATISTICA para perda de peso e incorporação de sólidos, procurando-se maximizar a perda de peso e minimizar a incorporação de sólidos, já que além da perda de água é importante evitar ao máximo a entrada de solutos.

No ajuste dos modelos foram considerados somente os fatores que apresentaram-se significativos a 95% ( $p \leq 0,05$ ).

##### 4.3.1.A Vácuo

Na otimização do processo de desidratação osmótica deseja-se maximizar a perda de peso e minimizar a incorporação de sólidos. Mas a maximização da perda de peso conduziria a um aumento na incorporação de sólidos, por outro lado, a minimização da incorporação de sólidos conduziria a uma pequena perda

de peso. Em consequência desta análise, dos limites inferiores e superiores alcançados na perda de peso e na incorporação de sólidos na faixa experimental varrida pelo modelo (busca-se no processo de desidratação osmótica uma redução de 30 a 50% do peso do material, segundo Ponting *et al.*, 1969; Lerici, 1977; Moy *et al.*, 1978; Videv *et al.*, 1990; Raoult-Wack, 1994), optou-se por fixar a incorporação de sólidos máxima em 10% já que dentro deste limite é possível obter a perda de peso de 30 a 50%.

Estando os modelos para perda de peso e incorporação de sólidos ajustados e considerados preditivos (itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 respectivamente), passou-se para a etapa da otimização onde foram sobrepostas as superfícies de contorno da perda de peso e da incorporação de sólidos (figuras r e t) e determinadas as faixas ótimas para o processamento (Figura 21) onde se tem a perda de peso superior a 30% e a incorporação de sólidos inferior a 10%.

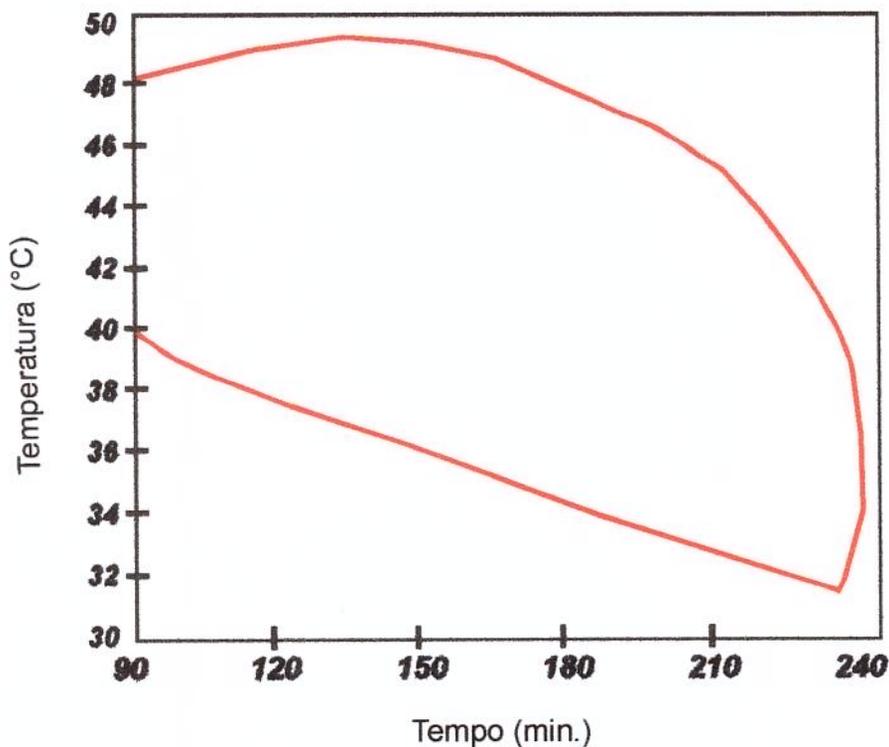


Figura 21: Faixa otimizada de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica a vácuo.

### 4.3.2. A Pressão Ambiente

Estando os modelos para perda de peso e incorporação de sólidos ajustados e considerados preditivos (itens 4.2.2.1 e 4.2.2.2 respectivamente), passou-se para a etapa da otimização do processamento a pressão ambiente.

Aqui também deseja-se maximizar a perda de peso e minimizar a incorporação de sólidos e da mesma forma como discutiu-se na etapa de otimização do processo de desidratação osmótica a vácuo, definiu-se a faixa ótima para o processo de desidratação osmótica a pressão ambiente através da sobreposição das superfícies de contorno da perda de peso e da incorporação de sólidos a pressão ambiente (figuras 7b e 8b) e determinando-se as áreas onde se tem a perda de peso superior a 30% e a incorporação de sólidos inferior a 10% (Figura 22).

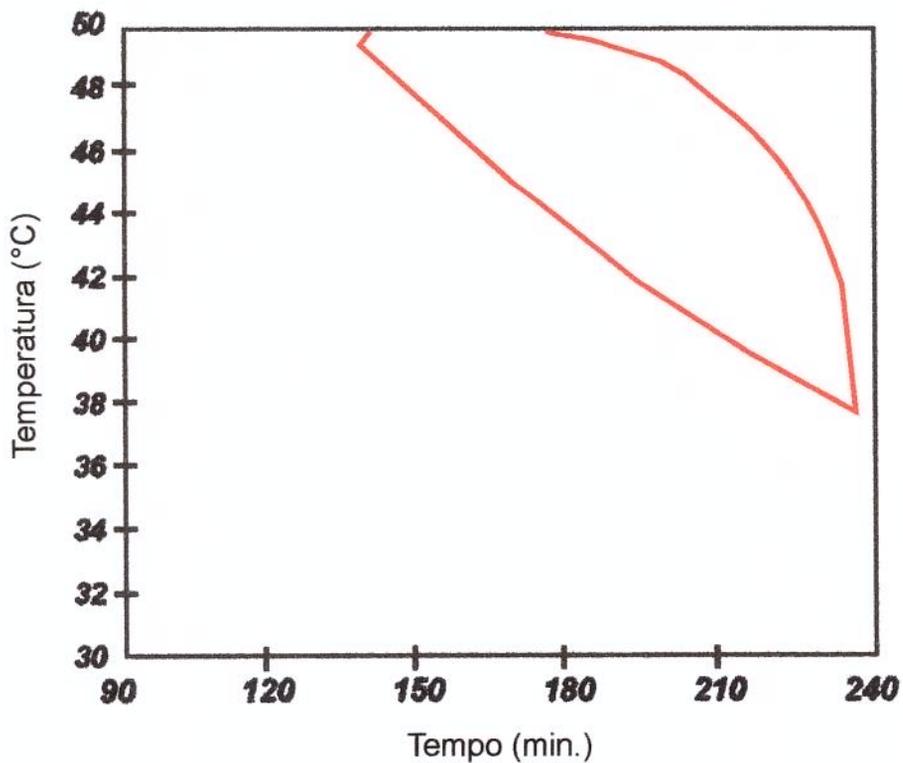


Figura 22: Faixa otimizada de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente.

### 4.3.3.Desidratação Osmótica a Vácuo versus Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente

As figuras 21 e 22 mostram respectivamente as áreas nos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente que correspondem às faixas otimizadas de tempo e temperatura no processo para perda de peso (PP= 30%) e incorporação de sólidos (IS=10%) ou seja, qualquer ponto tomado dentro destas áreas possibilita a determinação do binômio tempo-temperatura em que podem ser realizados os processamentos para a obtenção do produto otimizado.

Analisando-se estas mesmas figuras, observa-se que dentro da faixa experimental estudada de temperatura (30 a 50°C) e tempo (90 a 240 minutos) em cada um dos processos, a área correspondente às condições otimizadas no processo a vácuo é muito maior que a área correspondente às condições otimizadas no processo a pressão ambiente o que permite uma variabilidade maior tanto de temperaturas a serem utilizadas quanto de tempos no processo a vácuo.

No processo de desidratação osmótica a vácuo dentro das condições otimizadas, dependendo da temperatura de processamento (que pode variar de 31,5 a 49,5°C) o tempo de processamento pode variar de 90 a 235 minutos sendo que no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente estes mesmos parâmetros podem variar apenas de 38 a 50°C e de 135 a 230 minutos.

A menor temperatura de trabalho onde se obtém a perda de peso e umidade e incorporação de sólidos desejadas no processo de desidratação osmótica a vácuo é 31,5°C com tempo de processamento de 240 minutos, mas se desejar-se diminuir o tempo de processamento pode-se aumentar a temperatura, como observa-se na figura 21. Já no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente para se obter os mesmos índices de perda de peso e incorporação de sólidos desejados a temperatura mínima é de 38,5°C com o tempo de processamento de 235 minutos, pode-se também diminuir este tempo de processamento aumentando-se a temperatura, no entanto esta nova

temperatura utilizada deveria ser superior a 38,5°C.

Através das figuras 21 e 22 observa-se que as temperaturas nas faixas otimizadas no processo de desidratação osmótica a vácuo podem ser bastante inferiores (é válido lembrar que dependendo da localização geográfica temperaturas em torno de 30°C podem ser consideradas como temperatura ambiente) às temperaturas do processo de desidratação osmótica a pressão ambiente, implicando não só em uma economia energética, mas principalmente conferindo características mais semelhantes as da fruta *in natura* pois diminuiriam-se as reações enzimáticas, as alterações dos tecidos e as perdas de ácido ascórbico (Heng *et al.*, 1990).

A perda de umidade é um parâmetro muito importante também no controle da eficiência do processo de desidratação osmótica. Raoult-Wack (1994) afirma que este processo permite remover de 40 a 70% da água contida no material, enquanto Shi & Fito (1993) dizem que este teor de água removida está em torno de 50%. A tabela 19 mostra que operando em temperaturas amenas (40°C) há uma significativa remoção de água atingindo valores que chegam a 52% no processo sob vácuo e 40% no processo a pressão ambiente no tempo de 240 minutos, sendo que no processo sob vácuo valores para perda de umidade superiores a 40% já são alcançados em 180 minutos de operação.

TABELA 19: Valores de perda de umidade nos processos de desidratação osmótica a pressão ambiente (PA) e a vácuo (V) em diferentes condições de tempo e temperatura.

Tempo	90min.		120min.		180min.		240min.	
	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V
30 °C	12,71	15,26	16,28	19,09	23,41	26,74	30,54	34,39
40 °C	21,90	33,24	25,46	37,07	32,59	44,72	39,72	52,37
50 °C	31,08	51,22	34,65	55,04	41,78	62,69	48,91	70,35

Observa-se através da tabela 20 que na temperatura de 30°C (temperatura esta que pode ser considerada ambiente) obtém-se perdas de peso inferiores a 30% em todos os tempos de operação, com excessão do processo sob vácuo em 240 minutos. Nota-se ainda que no processo sob vácuo em temperaturas amenas (40°C), obteve-se perdas de peso já consideradas boas (superiores a 30%) num processo de desidratação osmótica em apenas 90 minutos de processamento, já no processo a pressão ambiente estas perdas são conseguidas somente com o uso de um tempo muito superior (240 min); neste mesmo tempo de 240 minutos em temperatura de 40°C a vácuo observa-se perdas de peso em torno de 46%.

TABELA 20: Valores de perda peso (%) nos processos de desidratação osmótica a pressão ambiente (PA) e a vácuo (V) em diferentes condições de tempo e temperatura.

Tempo	90min.		120min.		180min.		240min.	
	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V
30 °C	16,41	17,30	17,76	20,47	20,48	26,83	23,20	33,18
40 °C	18,53	30,47	21,29	33,64	26,79	40,00	32,30	46,35
50 °C	24,07	42,16	28,21	45,34	36,51	51,69	44,81	58,05

Através da tabela 21 observa-se que a incorporação de sólidos em ambos os processos, em temperaturas bastante amenas de 30°C, não ultrapassa 5% nas primeiras 3 horas de operação. Em temperaturas de 40°C, chega apenas em torno de 5,5% num tempo de operação de 3 horas.

As taxas de incorporação de sólidos ultrapassam valores de 10% apenas nos tempos máximos de processamento (240 minutos) ou em temperaturas já elevadas de 50°C onde já pode-se observar alterações nas características do tecido.

TABELA 21: Valores de incorporação de sólidos (%) nos processos de desidratação osmótica a pressão ambiente (PA) e a vácuo (V) em diferentes condições de tempo e temperatura.

Tempo	90min.		120min.		180min.		240min.	
Temperatura	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V
30 °C	2,38	3,63	2,94	4,85	4,69	4,92	10,73	11,15
40 °C	3,24	4,09	4,32	5,31	5,24	5,38	13,42	11,61
50 °C	10,22	11,05	10,92	12,28	13,26	12,35	14,86	18,58

#### 4.4. Validação dos Modelos Experimentais

Para a validação dos modelos em ambos os processos de desidratação osmótica e para a comparação entre os processos escolheu-se binômios tempo : temperatura que estivessem dentro das faixas otimizadas de cada processo.

Levou-se em conta que para manter ao máximo as características da matéria-prima deveriam ser utilizadas temperaturas que não provocassem muitas alterações ou seja, mínimas.

No processo a vácuo utilizando a temperatura mínima dentro da faixa otimizada (31,5°C) o tempo de processamento seria muito grande (em torno de 235 minutos), para 35°C este tempo de processamento seria reduzido em aproximadamente uma hora (reduziria para 180 minutos). Este binômio foi então escolhido pois atende a necessidade de uma temperatura amena e um tempo menor também.

No processo a pressão ambiente a temperatura mínima dentro da faixa experimental otimizada é 38,5°C para 235 minutos de processo. Escolheu-se um binômio próximo a este, onde pelas condições experimentais seria mais de controle mais seguro : 40°C:225minutos.

Já que para a validação dos modelos para o processo de desidratação osmótica a pressão ambiente a temperatura a ser utilizada seria superior a do processo de desidratação a vácuo decidiu-se, para efeito de melhor comparação entre os processos, utilizar também no processo a vácuo um binômio que se utilizasse desta mesma temperatura. Foi determinado então um outro binômio que seria utilizado no processo a vácuo: 40°C:100minutos.

Nesta escolha de mais um binômio pode-se observar a grande flexibilidade na faixa otimizada do processo a vácuo, diminuindo-se o tempo em 125 minutos em relação ao processo a pressão ambiente.

Os binômios escolhidos para se efetivar a validação dos modelos experimentais (perda de peso, incorporação de sólidos, brix, sólidos totais e perda de umidade) e a comparação entre ambos os processos estão apresentados na tabela 22:

Tabela 22 : Parâmetros de tempo e temperatura utilizados para validação dos modelos experimentais e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente

Processo	Tempo (min)	Temperatura (°C)
P. Ambiente	225	40
Vácuo	100	40
Vácuo	180	35

Os perfis de temperatura e pressão utilizados nos ensaios destinados a validação dos modelos experimentais encontram-se no anexo V.

Os resultados das determinações físicas nos produtos advindos dos processos de desidratação osmótica nas condições otimizadas escolhidas, bem como as respostas obtidas através dos modelos experimentais ajustados encontram-se na tabela 23.

Tabela 23: Respostas observadas experimentalmente e respostas previstas pelos modelos experimentais.

Amostra	PA - 40°C 225min.		V - 40°C/100 min.		V - 35°C /180 min.	
	Observ.	Preditos	Observ.	Preditos	Observ.	Preditos
PP (%)	29,50	30,92	29,78	31,53	30,79	31,01
IS (%)	9,23± 0,46	8,63	4,12± 0,67	4,35	4,50± 0,56	4,09
ST (%)	20,91±0,09	21,50	18,29± 0,12	17,24	18,51±0,10	18,65
PU (%)	36,43± 0,07	37,94	34,58 ± 0,09	34,52	35,69±0,08	35,73
°Brix	17,5	17,6	16,0	13,8	15,5	15

PA ⇒ Pressão Ambiente; V ⇒ Vácuo; PP ⇒ Perda de Peso; IS ⇒ Incorporação de Sólidos; ST ⇒ Sólidos Totais; PU ⇒ Perda de Umidade.

Observa-se que os valores das análises dos produtos dos processos otimizados de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente são bastante próximos aos valores previstos pelos modelos experimentais ajustados reforçando a validade dos modelos.

#### 4.5. Caracterização dos Produtos Otimizados

##### 4.5.1. Determinações Físico-Químicas

Com o objetivo de caracterizar os produtos advindos dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente e verificar a variação destes produtos em relação a matéria - prima foram realizadas as análises de acidez (variaram de 0,353 a 0,370 % expresso em ácido málico no material processado, sendo que para o pseudofruto *in natura* foi 0,224%), aW (variando de 0,979 a 0,983 no material processado e para o pseudofruto *in natura* 0,991), pH (variando de 4,21 a 4,50 no material processado e 4,62 no pseudofruto *in natura*) e açúcares não redutores, redutores e totais. A tabela 24 apresenta os valores destas determinações físico-químicas.

Tabela 24: Valores de acidez, aW, pH e açúcares (não redutores, redutores e totais) no pseudofruto de caju *in natura* e osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

	<i>in natura</i>	V- 35°C/180min	PA-40°C/225min	V-40°C/100min
Acidez (expresso em % de ácido málico)	0,224± 0,004	0,368 ±0,003	0,353 ±0,002	0,370 ± 0,002
aW	0,991± 0,001	0,980 ±0,001	0,979 ±0,001	0,983 ± 0,001
pH	4,62	4,33	4,21	4,50
açúc.não red.(%)	0,75	1,73	2,67	1,72
açúc.redutor(%)	8,02 ± 0,006	12,05 ±0,050	13,62 ±0,021	11,87± 0,042
açúc. totais (%)	8,77 ± 0,085	13,78 ±0,149	16,29± 0,502	13,59 ± 0,226

aW ⇒ atividade de água.

Observando a tabela 24 nota-se, como era de se esperar num processo de desidratação osmótica, um efeito de concentração dos compostos presentes nos produtos desidratados (valores de acidez e açúcares aumentando e pH diminuindo) e uma diminuição da aW quando se compara com a matéria - prima.

#### 4.5.2. Teor de Ácido Ascórbico

Por ser o pseudofruto de caju rico em ácido ascórbico verificar a influência do processo de desidratação osmótica na concentração deste composto foi um dos itens a ser discutido na caracterização dos produtos, avaliando-se as perdas deste componente.

Os valores das determinações de ácido ascórbico nos produtos otimizados e suas perdas são apresentados na tabela 25.

Tabela 25: Teor de ácido ascórbico (média, base seca e % perda) no pseudofruto de caju *in natura* e osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

Condição	Média (mg/100 g)	Base seca (mg/100 g)	% Perda
<i>In natura</i>	245,31 ± 0,77	1994,63	
V- 35°C/180min	306,60 ± 0,20	1656,10	16,97
V-40°C/100min	272,81 ±1,62	1491,51	25,22
PA-40°C/225min	266,71 ±1,34	1275,48	36,05

Observa-se que o processo realizado na temperatura de 35°C por 180 minutos foi o que resultou em um produto com menor perda de ácido ascórbico (16,97%) embora o tempo de processamento seja intermediário e a perda de umidade seja similar aos outros processamentos analisados. Nos processamentos realizados a pressão ambiente e sob vácuo na mesma temperatura (40°C) houve uma perda menor de ácido ascórbico no de menor tempo de processamento.

É necessário relembrar que as perdas de ácido ascórbico podem ser resultado tanto de uma difusão deste composto para a solução osmótica como de degradação química (VIAL *et al.*, 1989; VIAL *et al.*, 1991).

VIAL *et al.* (1991) relatam em seus trabalhos com kiwi e agente osmótico a 62°Brix uma diminuição no teor de ácido ascórbico, comparada com a fruta fresca, de até 30% após 3,5 horas (210 minutos) de processamento a 40°C. Observando-se a tabela p nas mesmas condições de temperatura sendo o tempo de processamento semelhante ao usado pelos autores (225 min) a perda deste componente neste trabalho de tese foi de 36,05%.

Já ABUGOCH e GUARDA (1991) trabalhando com suco concentrado de maçã 70,5% (sólidos solúveis) como agente osmótico e kiwi quimicamente depelculado e fatiado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C relatam perdas superiores para a temperatura de 40°C, estas perdas são da ordem de 39,57%, 45,17%, 57,67%, 64,85%, 69,99% para os tempos de processamento de 30, 60,

120 e 180 minutos respectivamente.

É importante destacar as condições de realização dos ensaios neste trabalho de tese no que diz respeito a fatores como luz e oxigênio que são fatores diretamente relacionados com a degradação de ácido ascórbico.

No sistema montado para a desidratação osmótica a pressão ambiente (Figura 5) a câmara de desidratação é constituída de um material opaco que bloqueia a entrada de luz; já o equipamento utilizado na desidratação osmótica a vácuo (Figura 6) tem o vidro como material da câmara de desidratação que permite a incidência de luz. Outra diferença provavelmente significativa entre as condições de realização dos ensaios que pode ter influência nas perdas de ácido ascórbico seria a ausência de oxigênio no processamento conduzido sob vácuo.

Não é possível determinar aqui se as perdas foram por ação da temperatura, da difusão para a solução osmótica, do oxigênio ou da luz, porém pode-se visualizar através dos valores contidos na tabela 25 que os processos conduzidos sob vácuo resultaram em produtos com perdas de ácido ascórbico inferiores ao produto obtido na desidratação a pressão ambiente.

#### **4.5.3. Análise Sensorial**

Os testes efetivos realizados em laboratório tem por objetivo estimar a preferência ou a aceitação de um determinado produto através de uma equipe de provadores. São realizados com um número de 25 a 50 provadores (consumidores) e tem como vantagens o baixo custo, o controle das condições de realização do teste e a rápida obtenção dos resultados.

Na tabela 26 tem-se a aceitação média dos atributos aparência, aroma, sabor e textura de cada uma das 3 amostras analisadas.

Tabela 26: Aceitação média (M) dos atributos aparência, aroma, sabor e textura das amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA) e suas respectivas porcentagens de aprovação (Aprov) e rejeição (Rej) pelos provadores.

Atributo	V- 35° C/180min			PA- 40° C/225min			V- 40° C/100min		
	M <sup>1</sup>	%Aprov <sup>2</sup>	% Rej <sup>3</sup>	M <sup>1</sup>	%Aprov <sup>2</sup>	% Rej <sup>3</sup>	M <sup>1</sup>	%Aprov <sup>2</sup>	% Rej <sup>3</sup>
Aparência	6,50 <sup>a</sup>	88,63	11,37	5,93 <sup>a</sup>	84,08	15,92	5,95 <sup>a</sup>	74,99	25,01
Aroma	7,32 <sup>a</sup>	95,45	4,55	7,11 <sup>a</sup>	95,45	4,55	7,20 <sup>a</sup>	95,45	4,55
Sabor	6,95 <sup>a,b</sup>	97,73	2,27	6,82 <sup>b</sup>	90,91	9,09	7,43 <sup>a</sup>	97,73	2,27
Textura	6,86 <sup>a</sup>	90,92	9,08	6,59 <sup>a</sup>	88,64	11,36	6,90 <sup>a</sup>	93,18	6,82

Obs: 1 - médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey;

2 - somatória das notas superiores a 5;

3 - somatória das notas inferiores a 5.

As três amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado não diferem entre si ao nível de 5% de significância no que diz respeito aos atributos aparência (médias variando de 5,93 a 6,50), aroma (médias variando de 7,11 a 7,32) e textura (médias variando de 6,59 a 6,90).

Apesar de todas as três amostras apresentarem médias de aceitação para cada atributo próximas ou superiores a 6, situando-se na escala hedônica nas categorias “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, no que diz respeito ao atributo aparência obtiveram variações de aprovação por parte dos provadores de 88,63% (amostra V- 35°C/180min) a 74,99% (amostra V- 40°C/100min) contra 11,37% e 25,01 % de rejeição respectivamente; para o atributo aroma, os índices de aprovação e rejeição pelos provadores foram os mesmos para as três amostras (95,45 % de aprovação contra 4,55% de rejeição); e para o atributo textura os índices de aprovação pelos consumidores variaram de 93,18 % (amostra V- 40°C/100min) a 88,64% (amostra PA- 40°C/225min) contra 6,82% e 11,36% de rejeição respectivamente (Tabela 26).

O atributo sabor foi o único entre os 4 atributos analisados que apresentou

diferença significativa ao nível de 5% de significância entre as amostras. As amostras V- 40°C/100min e PA- 40°C/225min com médias de 7,43 e 6,82 respectivamente diferem entre si ao nível de 5% de significância tendo 97,73 % e 90,91% de aprovação dos consumidores contra 2,27% e 9,09 % de rejeição respectivamente. Já a amostra V- 35° C/180min tendo uma média intermediária de 6,95 e os índices de aprovação e rejeição iguais aos da amostra V- 40°C/100min (com média de 7,43) não difere significativamente ao nível de 5% de significância desta amostra, mas também não difere significativamente ao nível de 5% de significância da amostra PA- 40°C/225min com média de 6,82 embora esta última tenha uma aprovação menor (90,91%) por parte dos provadores (Tabela 26).

Na análise de aceitabilidade das notas por ANOVA, seguida do teste de Tukey constrói-se um modelo estatístico baseado nas médias dos valores obtidos para cada amostra, considerando-se que estes sigam uma distribuição normal e simplesmente observa-se se há diferença significativa entre elas. Entretanto a média é afetada por valores extremos dentro do conjunto, por uma distribuição assimétrica ou por uma distribuição multi-modal, que pode indicar segmentação substancial entre os provadores não revelada pela ANOVA ou pelo teste de média.

Outra forma de se avaliar a escala hedônica é a análise de distribuição de frequência dos valores hedônicos obtidos por cada amostra através de histogramas. Os histogramas tornam possível a visualização da segmentação dos valores hedônicos de cada amostra, revelando o nível de aceitação e rejeição da mesma junto aos consumidores e permitindo a verificação de uma possibilidade de distribuição não normal.

As figuras 23, 24, 25 e 26 mostram os histogramas de distribuição das notas recebidas para cada um dos atributos aparência, aroma, sabor e textura em cada uma das amostras.

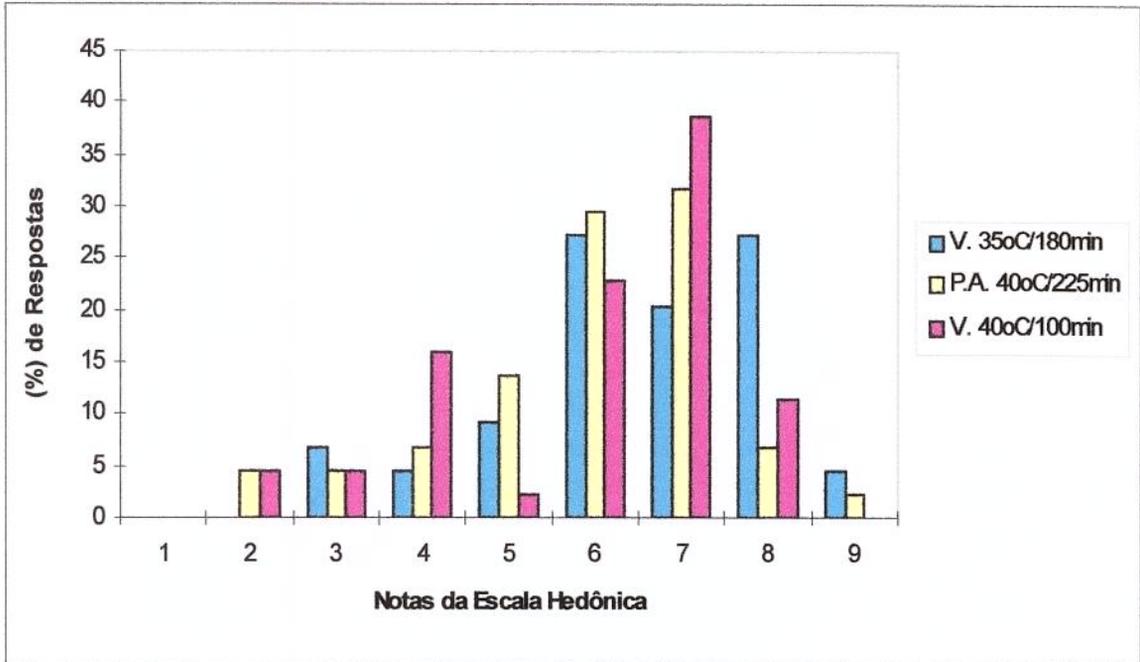


Figura 23 : Histograma de freqüência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo aparência às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

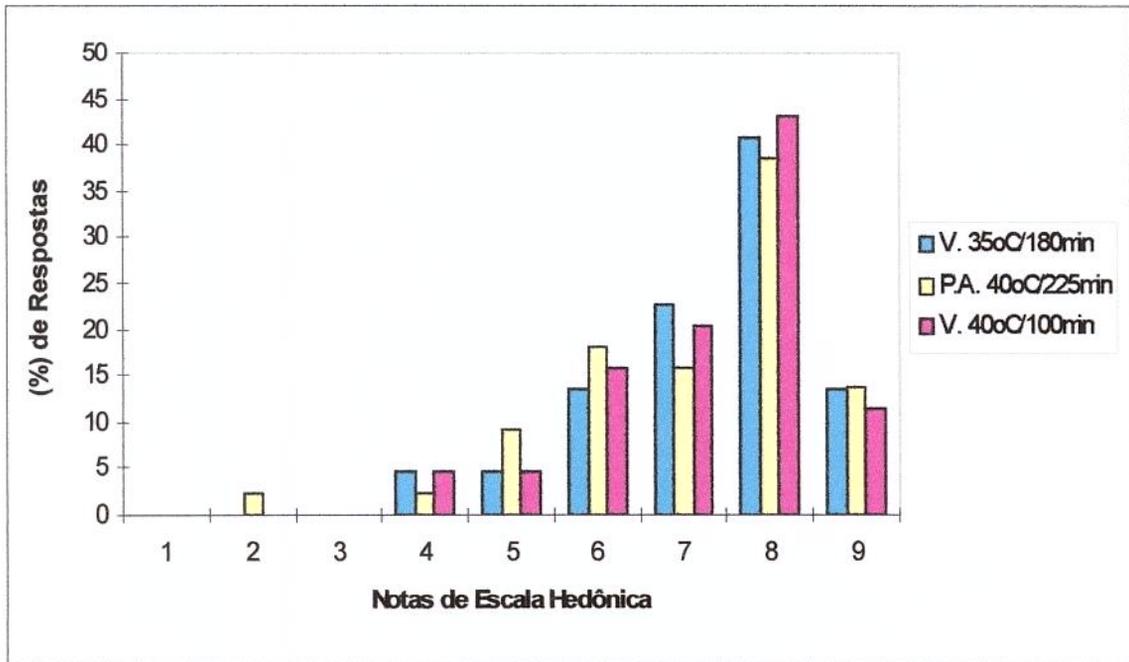


Figura 24 : Histograma de freqüência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo aroma às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

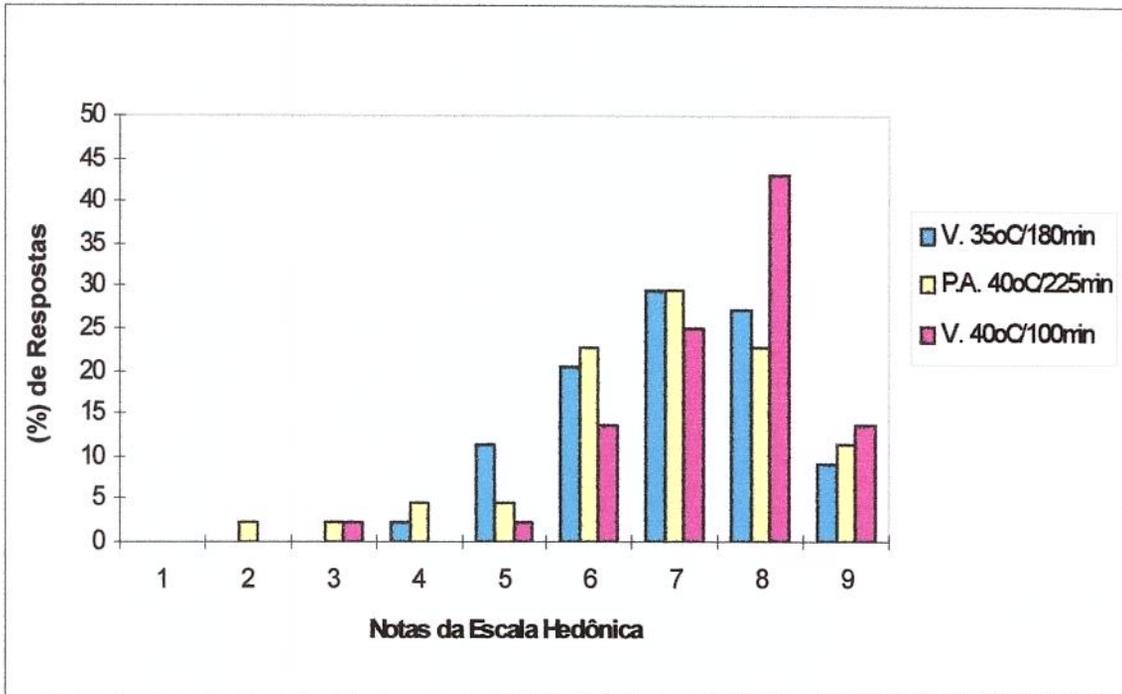


Figura 25 : Histograma de frequência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo sabor às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

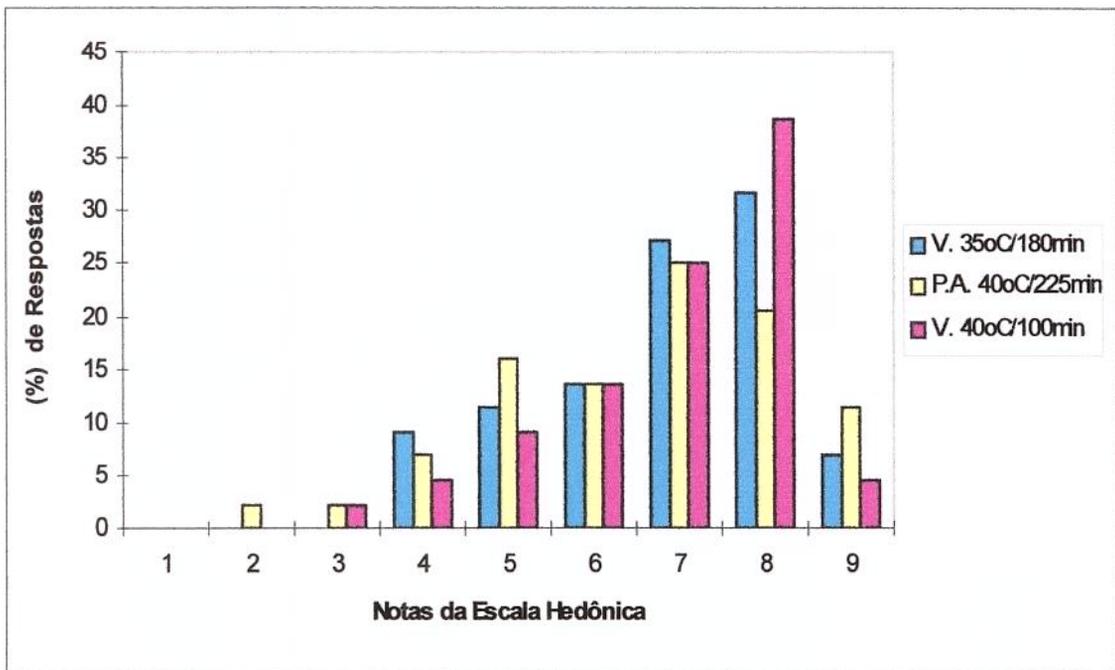


Figura 26 : Histograma de frequência dos valores hedônicos atribuídos ao atributo textura às amostras de pseudofruto de caju osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

Através destes histogramas pode-se verificar que a maioria das notas recebidas para cada um dos atributos aparência, aroma, sabor e textura em cada uma das amostras situam-se na região indicativa de aprovação do produto (valores iguais ou superiores a 5) convergindo para o lado direito do histograma; observa-se também que não há possibilidade de um comportamento multi-modal das distribuições, comportamento este que sugeriria que há uma determinada proporção de provadores que aprovam esta amostra e uma mesma proporção de provadores que rejeitam a amostra fazendo com que o simples cálculo da média de cada amostra anulasse este efeito antagônico não possibilitando a detecção da segmentação dos provadores.

É interessante observar através da figura 27 que mesmo não sendo estes produtos finais, destinados a comercialização por não se apresentarem estáveis microbiologicamente e nem tão pouco serem considerados sequer produtos de umidade intermediária, já que seus valores de atividade de água são superiores a 0,85 (UBOLDI EIROA, 1981), a intenção de compra dos provadores atingiu valores que variam de 48,84% (PA - 40°C/225 min) a 60,46% (V- 40°C/100min) para os provadores que comprariam os produtos contra apenas 11,63% (V- 35°C/180min) a 16,28% (PA - 40°C/225 min) dos provadores que não comprariam os produtos, estando o restante dos provadores em dúvida se comprariam ou não comprariam os produtos.

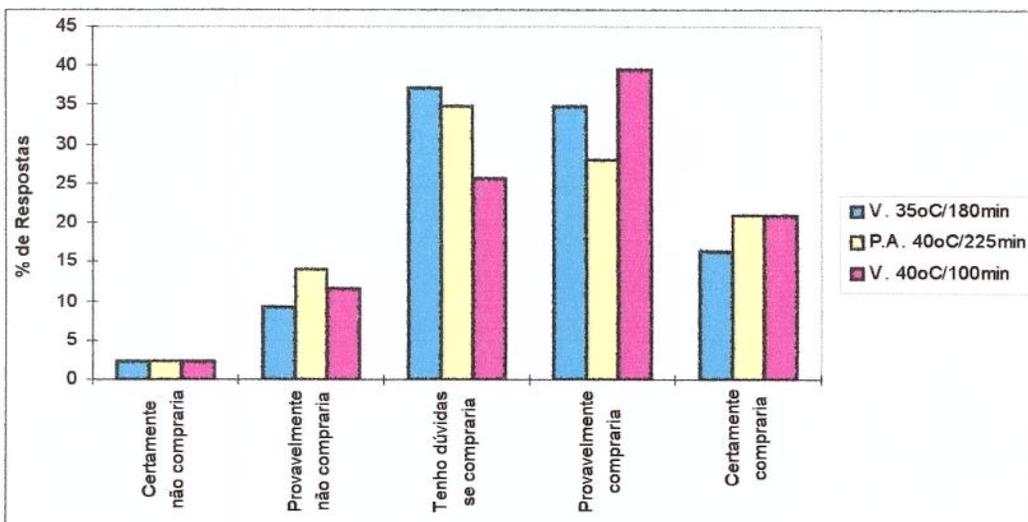


Figura 27: Histograma de intenção de compra.

### 4.1.1. Caracterização Microbiológica

Encontram-se na tabela 27 os valores das contagens microbiológicas realizadas no pseudofruto de caju *in natura* e osmoticamente desidratado a vácuo e a pressão ambiente.

Tabela 27: Caracterização microbiológica do pseudofruto de caju *in natura* e desidratado osmoticamente a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

Amostras	Contagem Total (UFC/g)	Fungos e Leveduras (UFC/g)	Coliformes Totais (NMP/g)	Coliformes Fecais
<i>In natura</i>	$2,4 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	0
PA - 40°C/225min	$7 \times 10^2$	$12 \times 10^2$	$11 \times 10^2$	0
V - 40°C/100min	$5,7 \times 10^2$	$7 \times 10^2$	$9,3 \times 10$	0
V - 35°C/180min	$6 \times 10^2$	$15 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	0

Não há na legislação brasileira especificações quanto aos tipos de microorganismos e seus limites permitidos em frutas osmoticamente desidratadas por não ter um produto comercializado desta forma já que a desidratação osmótica é usualmente utilizada combinada com outros métodos de conservação de alimentos.

Encontra-se na legislação especificações para frutas frescas, frutas secas/desidratadas/liofilizadas e frutas glaceadas/cristalizadas, mas o produto obtido nos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente aqui estudados não se classifica como nenhum destes. Pode-se supor que seria um produto intermediário entre a fruta fresca e todos os demais tipos citados. Mesmo assim, apresenta-se na tabela 28 os valores máximos permitidos para os grupos de microorganismos investigados nestes produtos citados acima.

TABELA 28: Grupos de microorganismos investigados em frutas frescas e processadas e seus limites máximos.

Tipo de Fruta	Contagem Total	Fungos / Leveduras	Coliformes Totais	Colifirmes Fecais
Frutas frescas	*	*	*	2 X10 <sup>2</sup> NMP/g
F.secas/desidrat. liofilizadas	*	2 X 10 <sup>3</sup> UFC/g	*	10 NMP/g
F. cristaliz/glaced	*	2 X 10 <sup>3</sup> UFC/g	*	10 NMP/g

Obs: \* Não há especificações.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA.

Observa-se nas tabelas 27 e 28 que os valores de UFC/g e NMP/g nos produtos obtidos através da desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente para todos os grupos de microorganismos é inferior ao limite máximo permitido pela legislação brasileira, não tendo esta legislação informações sobre contagem total e coliformes totais.

#### 4.1.2. Análise de Cor

Os produtos obtidos dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente nas faixas otimizadas foram submetidos a determinações instrumentais de cor e os resultados destas determinações são apresentados na tabela 29:

TABELA 29: Valores médios de L\*, a\*, b\*, ΔE\* e ΔC\* (calibração RSIN; iluminante D65/10°; sistema CIELAB) de pedúnculo de caju in natura e osmoticamente desidratado a vácuo (V) e a pressão ambiente (PA).

Amostras	L*	a*	b*	ΔC*	ΔE*
<i>In natura</i>	85,88 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>	32,89 <sup>c</sup>	-	-
PA - 40°/225min	80,99 <sup>b</sup>	1,85 <sup>a</sup>	43,27 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	11,49 <sup>c</sup>
V - 40°C/100 min	65,86 <sup>d</sup>	2,15 <sup>a</sup>	39,07 <sup>b</sup>	5,57 <sup>b</sup>	21,94 <sup>a</sup>
V - 35°C/180 min	68,40 <sup>c</sup>	1,01 <sup>a</sup>	36,13 <sup>b,c</sup>	2,51 <sup>c</sup>	19,05 <sup>b</sup>

Obs: Médias em uma mesma coluna que possuam letras sobscritas iguais, não diferem entre si ao nível de 5% de significancia pelo teste de Tukey.

$\Delta C^*$   $\Rightarrow$  diferença de croma;

$\Delta E^*$   $\Rightarrow$  diferença total de cor.

Observa-se na tabela acima que os valores de  $L^*$  para as amostras processadas variam de 65,84 a 80,98 sendo que para o pseudofruto in natura este valor é superior aos demais (86,95) indicando que esta amostra apresenta maior luminosidade que as processadas. Todas as amostras diferem entre si ao nível de 5% de significancia pelo teste de Tukey, assim como a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) calculada tomando a amostra in natura como padrão.

No que diz respeito a cromaticidade, a cor dominante é o amarelo pois todas as amostras apresentam valores positivos elevados de  $b^*$  e baixos valores positivos de  $a^*$ .

Avaliando os valores de  $b^*$ , a amostra in natura apresenta-se pouco menos amarela que as amostras V – 40°/100min e PA – 40°/225min (médias diferentes ao nível de 5%) e com a mesma intensidade de amarelo que a amostra V – 35°/180min (médias não diferentes ao nível de 5%); embora ambas as amostras V – 40°/100min e PA – 40°/225min difiram da *in natura* elas também diferem entre si sendo que a V – 40°/100min não difere da V – 35°/180min.

Apresentam pouca intensidade de vermelho, com valores de  $a^*$  variando de 1,01 a 2,15, não sendo estas variações de médias suficientes para resultarem em diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Tomando-se a amostra *in natura* como padrão nota-se que a amostra que apresenta a menor diferença total de cor em relação ao padrão é a PA – 40°/225min (11,49) e a maior é a V – 40°/100min (21,94). Estes valores são elevados pois neste cálculo leva-se em consideração todos os parâmetros  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$  e os valores de  $L^*$  apresentam-se bastante elevados.

Em relação a diferença de croma ( $\Delta C^*$  - intensidade da diferença da parte cromática da cor entre dois objetos, onde não há participação da luminosidade –  $L^*$ ) observa-se que apresentam-se significativamente diferentes, variando de 2,51

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in the context of public administration and government operations. The text notes that such records serve as a critical tool for monitoring performance, identifying inefficiencies, and ensuring that resources are used effectively and ethically.

2. Furthermore, the document highlights the role of these records in facilitating communication and collaboration between different departments and stakeholders. By providing a clear and accessible history of decisions and actions, records help to build trust and ensure that all parties involved have a shared understanding of the organization's goals and progress. This is particularly important in complex, multi-departmental environments where coordination is key to success.

3. In addition, the text addresses the legal and regulatory requirements that govern record-keeping. It notes that various laws and regulations mandate the retention of certain types of records for specific periods of time, and that failure to comply with these requirements can result in significant penalties and legal consequences. Therefore, it is crucial for organizations to establish robust record-keeping policies and procedures that not only meet these legal obligations but also go beyond them to ensure the highest standards of data management and security.

4. Finally, the document discusses the challenges associated with maintaining large volumes of records over long periods of time. It notes that as the amount of data generated by an organization grows, it becomes increasingly difficult to store, manage, and retrieve this information efficiently. To address these challenges, the text suggests the use of modern technologies such as cloud storage, data archiving, and automated record management systems. These tools can help to streamline the record-keeping process, reduce the risk of data loss, and ensure that records are easily accessible when needed.

a 9,65. Esta diferença é notada pois embora os valores de  $a^*$  para as amostras não sejam diferentes ao nível de 5% de probabilidade a diferença de croma sofre influência dos valores de  $b^*$ .

Considerando-se somente a parte cromática da cor ( $a^*$  e  $b^*$ ) a amostra que mais se assemelhou a amostra *in natura* foi a V – 35°/180min, com  $\Delta C^*$  de 2,51 e a que mais se distanciou foi a PA – 40°/225min com  $\Delta C^*$  de 9,65; mas considerando-se a diferença total de cor, a amostra que mais se assemelhou a *in natura* foi a PA – 40°/225min com  $\Delta E^*$  de 11,49 e a que mais se distanciou foi a V – 40°/100min com  $\Delta E^*$  de 21,94.

Admitindo-se a amostra *in natura* como padrão foi possível gerar a figura 28 onde estão localizadas as demais amostras de acordo com suas diferenças de  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$  em relação ao padrão. Nesta figura fica fácil de observar o significado dos valores numéricos para  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$ .

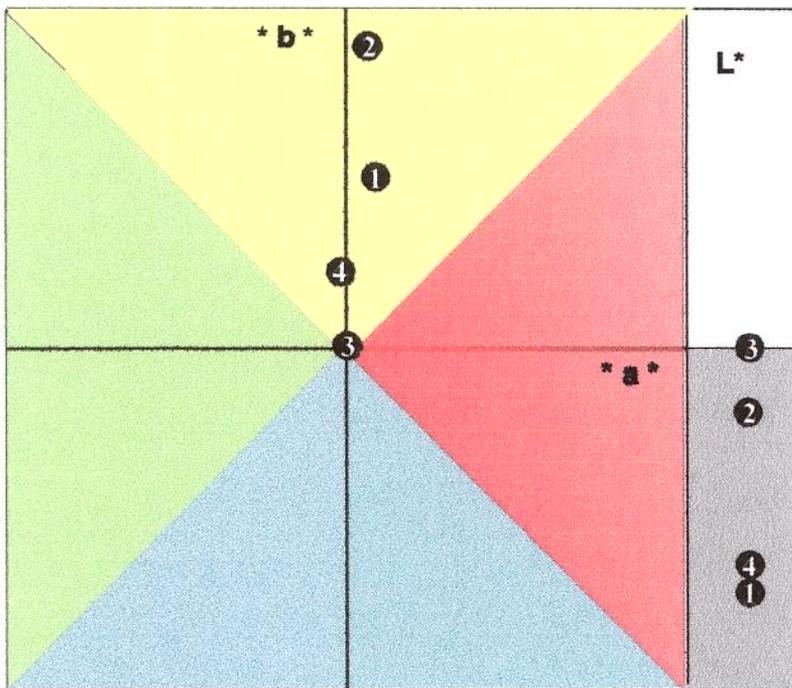
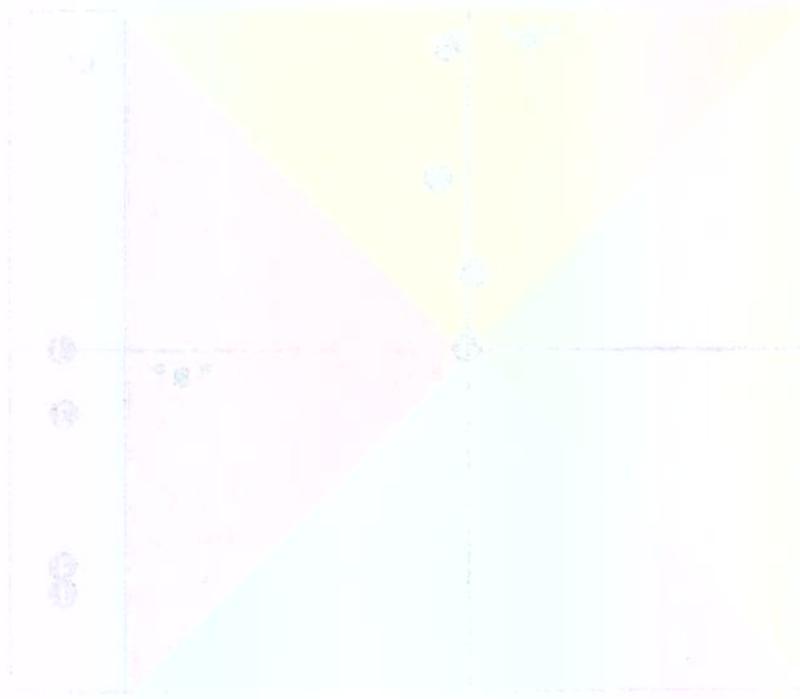


Figura 28: Digrama de cores ( $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$ ).

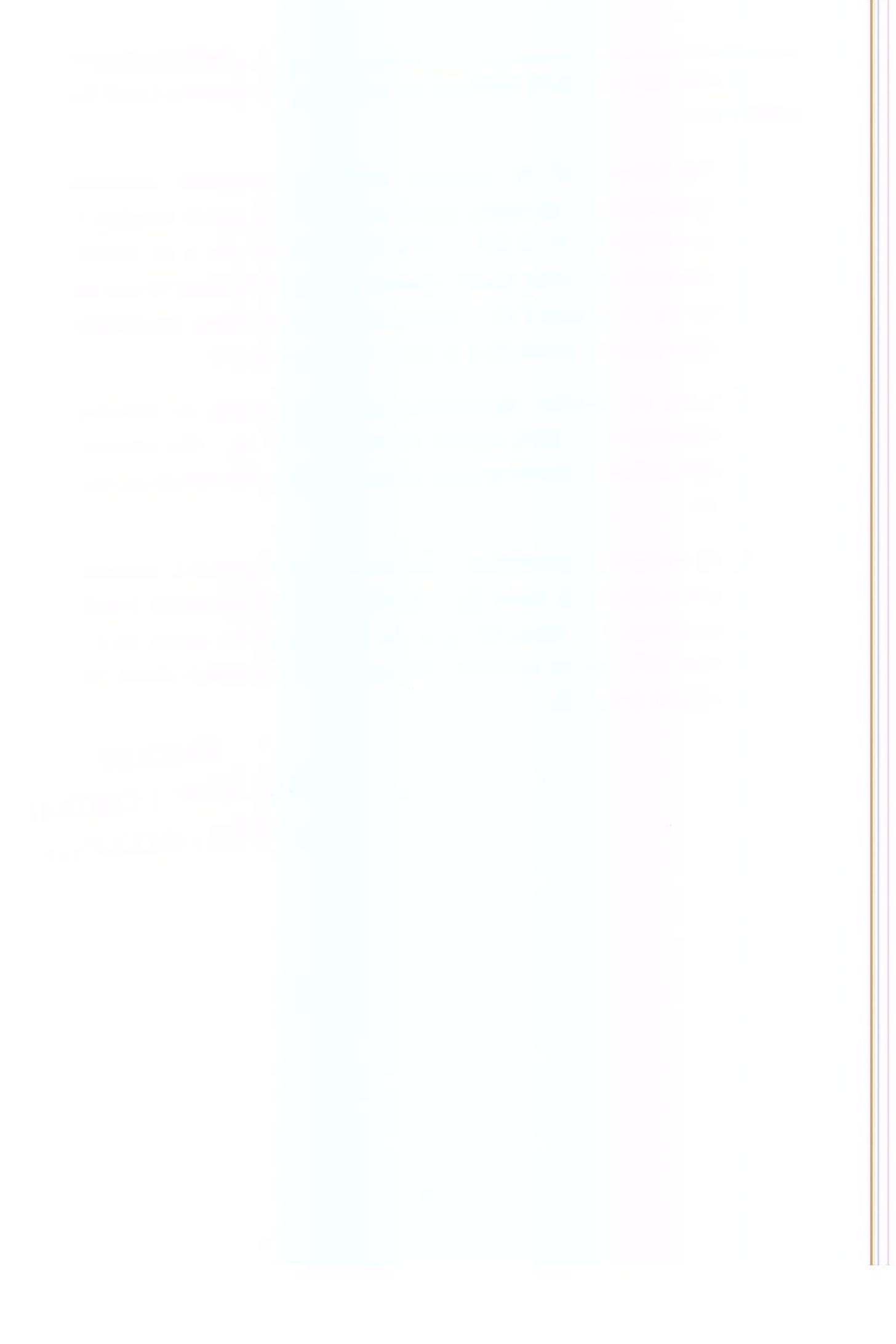
Obs: Números 1, 2, 3 e 4 na figura representam respectivamente as amostras V – 40°/100min, PA – 40°/225min, V – 35°/180min e *in natura*.



Observando a figura 28, visualizam-se as conclusões discutidas a partir da tabela acima:

1. Concluiu-se que as amostras eram predominantemente amarelas (posicionamento na região positiva de  $b^*$ ,  $b^* > 0$ ) e que as amostras 1 (V-40°/100min) e 2 (PA - 40°/225min) diferiram da 4 (*in natura*) (distanciamento maior destas amostras da amostra *in natura* no eixo de cor  $b^*$ ). A amostra 3 (V - 35°/180min) não diferiu (maior proximidade desta amostra em relação a *in natura* no eixo de cor  $b^*$ );
2. Todas as amostras apresentaram pouca intensidade de vermelho (situando-se na parte positiva no eixo  $a^*$ ,  $a^* > 0$ ), não diferindo significativamente entre si (muito próximas entre si em relação ao eixo  $a^*$ );
3. As amostras processadas (1,2 e 3) apresentaram valores de  $L^*$  menores que a amostra *in natura* (4), indicando que estas possuíam menor luminosidade (à direita da figura 28 é apresentada a escala de  $L^*$ , mostrando que as amostras processadas se posicionam abaixo da amostra *in natura*).

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE



## **5. Conclusões**

1. O processo de desidratação osmótica a vácuo mostrou-se mais eficiente que o processo de desidratação osmótica a pressão ambiente, possibilitando o uso de menores temperaturas em tempos inferiores para a obtenção da mesma taxa de perda de umidade, perda de peso e incorporação de sólidos;
2. Para o processo a vácuo foi efetivo uma redução de 50% do volume do equipamento e 30% da massa de agente osmótico utilizado no processo a pressão ambiente;
3. Todos os modelos experimentais ajustados desenvolvidos (perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais, perda de umidade e ° Brix) através da metodologia de superfície de resposta foram considerados preditivos por apresentarem regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa neste mesmo nível de confiança e  $R^2$  superior a 0,85;
4. Os processos de desidratação osmótica a vácuo nas condições de 40°C por 100 minutos e 35°C por 180 minutos obtiveram menores perdas de ácido ascórbico que o processo a pressão ambiente na condição de 40°C por 225 minutos. Estas perdas foram da ordem de 25,22%, 16,97% e 36,05% respectivamente;
5. Sensorialmente, os produtos advindos das condições acima descritas apresentaram médias de aceitação para os atributos aroma, textura, sabor e aparência situados na escala hedônica nas categorias gostei ligeiramente e gostei moderadamente, com diferença estatística significativa apenas para o atributo sabor, indicando que as características dos produtos vindos dos processos conduzidos sob vácuo ou a pressão ambiente são bastante similares;

6. Apesar dos processos serem condizidos em temperaturas de crescimento microbiano, observou-se redução da carga microbiológica inicial.

## 5. Referências Bibliográficas

ABUGOCH, L; GUARDA, A. Estudio de la perdida de ácido ascórbico total en rodajas de kiwi, durante la deshidratación osmótica. **Alimentos**, v.16, n.5, p.15-19, 1991.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis. 16.ed. Washington, 1995.

ASKAR, A. Minimally processed tropical fruits. **Fruit Processing**, v. 8, p.339-343, 1998.

ASKAR, A.; ABD EL-FADEEL, M.G.; GHONAIM, S.M.; ABDEL-GAID, I.O.; ALI, A. M. Osmotic and solar dehydration of peach fruits. **Fruit Processing**, v.9, p. 258-262, 1996.

BARONI, A.F. **Semi-desidratação congelamento e semi-desidratação secagem de cebola**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos). Campinas, 1997. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BESSANI, M.T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Campinas, 1990. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BOLIN, R.H.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Scienc**, v.48, n.1, p.220-225, 1983.

- BONGIRWIR, D.; SREENIVASAN, A. Studies on osmotic dehydration of bananas. **Journal of Food Scienc Technology**, v.14, p.104-112, 1977. Apud **Food Research International**, v.26, p.59-68, 1993.
- BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER J.S. Statistics for experiments- An introduction to desing, data analysis and model building. New York: Wiley Series in Probability and Mathematica Statistics, 1978.
- CASTRO, D.; TRETO,O.; FITO,P.; PANADES,G.; NÚÑEZ,M.; FERNÁNDEZ, C.; BARAT, J.M. Deshidratación osmótica de piña a vacío pulsante. Estudio de las variables del proceso. **Alimentária**, mayo,p.27-32,1997.
- CHANDRASEKARAN, S.K. & KING, J.C. Multicomponent diffusion and vapor-liquid equilibria of dilute organic components in aqueous sugar solutions. **Alche J.** v.18, n.3, p.517, 1972. **Apud:** BOLIN, R.H.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, v.48, n.1, p.220-225, 1983.
- CHAVES, J.B.P. Controle de qualidade para alimentos (princípios gerais). Viçosa: **Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa**, 1980. p.18-20.
- CHIRIFE, J. & BUERA, M.P. A critical review of some non-equilibrium situations and glass transitions on water activity values of foods in the microbiological growth range. **Journal of Food Engineering**, v.25, p.531-552, 1995.
- CÓDIGO SANITÁRIO. Decreto nº 12342, de 27 de setembro de 1978. Regulamento da promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde. 5ª ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1992.

- COMPÊNDIO DA LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS - Consolidação das normas e padrões de alimentos. Atos do Ministério da Saúde, vol.1 e 1/a, 1988.
- CONWAY, J., CASTAIGNE, F., PICARD, G. & VOXAN, X. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. **Journal Food Science Technology**, v.16, p.25-9, 1983.
- DIXON, G.M.; JEN, J.J. A research note: Changes of sugar and acids of osmotic-dried apple slices. **Journal of Food Science**, v.42, n.4, p.1126-1127, 1977.
- ERBA, M.L.; FORNI, E.; COLONELLO, A.; GIANGIACOMO, R. Influence of sugar composition and air dehydration levels on the chemical-physical characteristics of osmodehydrofrozen Fruit. **Food Chemistry**, v.50, n.1, p.69-73, 1994.
- ERTEKIN, F.K.; ÇAKALOZ, F. Osmotic dehydration of pears: influence of process variables on mass transfer. **Journal of food Processing and Preservation**, v.20, p. 87-104, 1996.
- FALCONE, M. A.; SUAZO, C. A. T. Desidratação osmótica do abacaxi (*Ananas comosus*, (L) Merrill). Parte I: Influência da temperatura e concentração do xarope sobre a velocidade de secagem. **Boletim SBCTA**, v.22, n.1/2, p.17-35, 1988.
- FARKAS, D.F.; LAZAR, M.E. Osmotic dehydration of apple pieces: effect of temperature and syrup concentration on rates. **Food Technology**, v.23, p.688-690, 1969. *Apud*: **Food Research International**, v.26, p.59-68, 1993.
- FERREIRA, V.L.P. Colorimetria em alimentos. Campinas: **ITAL**, 1991. 43p.
- FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, v.22, p.313-328, 1994.

- FRANCO, G. Tabela de composição química dos alimentos. 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 1996. p. 65-106.
- GARRUTI, D.S.; ABREU, F.A.P.; BASTOS, M.S.R. Obtenção de caju com Aw intermediária. I - Parâmetros físicos da secagem osmótica. **EMBRAPA/CNPAT**, Fortaleza, CE. 1996. [In press]
- GARRUTI, D.S.; ROSSETTI, A.G. & LIMA, R.C. Análise descritiva quantitativa de suco de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale*, L.). **EMBRAPA/CNPAT**, Fortaleza, CE. 1996. [In press]
- GIANGIACOMO, R; TORREGGIANI, D. & ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit: Part I. Sugars exchange between fruit and extrating syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.11, p. 183-195, 1987.
- HAWKES J.; FLINK J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.2, p.265-284, 1978.
- HARVEY, H.G. The syruring if citurs peels II: Technical aspects of manufacture. **B.F.M.I.R.A.** Res. Rep. n.93, 24p., 1959. *Apud*: BILHALVA, A. B. Contribuição ao estudo da saturação de frutas com açúcares. Campinas, 1976. 70 p. Dissertação (Mestre em Ciência em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- HENG, W.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of papaia: influence of process variables on the quality. **Sciences des Aliments**, v.10, p.831-48, 1990.
- ISLAM, M. N. & FLINK, J. N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and it effect on air drying behavior. **Journal of Food Technology**, v. 17, n.3, p.387-403, 1982.

KAREL, M. Water activity and food preservation. In: Principles of food science.

Part II – Physical principles of food preservation. FENNEMA, O.R. Editora  
Marcel Dekker, Inc: New York, p.237-363, 1975.

LABUZA, T. P. The effect of water activity on reaction kinetics of food  
deterioration. **Food Technology**, v.34, n.4, p.36-41 e 59, 1980.

LARANJEIRA, H.C.A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de  
abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merril) para aplicação à tecnologia de  
métodos combinados**. Campinas, 1997. 100 p. Dissertação (Mestre em  
Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Estadual de Campinas.

LENART, A.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of potato II, spatial distribution of  
the osmotic effect. **Journal Food Technology**, v.19, p.65, 1984.

LENART, A.; LEWICKI, P.P. Osmotic dehydration of apples at high  
temperature, 1990a. In: **Drying '89**, Ed. A.S. Mujumdar. Hemisphere Publishing  
Corporation, Bristol, PA, USA, p.7-14, 1990.

LENART, A.; LEWICKI, P.P. Osmotic dehydration of carrot at high temperature,  
1990b. In: **Engineering and Food Preservation Processes and related  
techniques**, v.2, Ed. W.E.L. Spiess & H. Schubert. Elsevier Science  
Publishers, London, p.7-14. *Apud*: **Food Research International**, v.26, p.59-  
68, 1993.

LEITE, L.A.S. A agroindústria do caju no Brasil: políticas públicas e  
transformações econômicas. Fortaleza: **EMBRAPA - CNPAT**, Fortaleza, Ceará,  
1994.

- LERICI, C.R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M. & BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. **Journal Food Science**, v.50, p.1217-26, 1985a.
- LIMA, C.R. Desidratação osmótica de abacaxi e kiwi. In: **XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - SBCTA**, Poços de Caldas, 1997.
- LIMA, V.P.M.S. (cap. 2: Botânica) A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil. Fortaleza, **Banco do Nordeste do Brasil**, 1988.486p.
- MACHADO, O.X. de B. Estudos novos sobre uma planta velha: o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, 8(17): 19-48, 1944. *Apud*: A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil. Fortaleza, **Banco do Nordeste do Brasil**, 1988. 486p.
- MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F.; ORIÁ, H.F.; OLIVIRA, G.S.F.; FIGUEIREDO, R.W. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de caju (*Anacardium occidentale*, L.). **Ciên. Agron.**, 1987.
- MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F. & MARTINS, C.B. Características físicas e químicas do caju. **Ciên. Agron.**, Fortaleza, Ceará, v.1, n.2, p. 115-120, 1971.
- MAIA, G.A. & SOARES, J.B. Gradientes de acidez, açúcares e ácido ascórbico no caju. **Bol. Cear. Agron.**, Fortaleza, Ceará, v.11, p.25-29, 1970.
- MAURO, M.A. **Cinética da desidratação osmótica de banana nanica**. Campinas, 1992. 184 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- MAZZA, G. & M. LEMARGUER. Dehydration of carrots: effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. **Journal Food Technology**, v.18, p.113-123, 1980.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria n. 451, 19, set. 1997. **Diário Oficial**, Brasília, 22, set.1997. Seção I.
- MINOLTA CAMERA Co, LTD. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Osaka, 1993. 49p. Catálogo.
- MOURA FÉ, J.A.; HOLANDA, L.F.F.; MARTINS, C.B. & MAIA, G.A. Características químicas do hipocarpo do caju (*Anacardium occidentale*, L.). **Ciên. Agron.**, Fortaleza, v.2, n.2, p.109-112, 1972.
- MOY, J.K.; LAU, B.H.; DOLLAR, A.M. Effects of sucrose and acids on osmotic dehydration of tropical fruits<sup>1</sup>. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.2, p.131-135, 1978.
- NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. Planejamento e otimização de experimentos. 2ª ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 299p.
- PONTING, J.D. Osmotic dehydration of fruits: recente modifications and applications. **Process Biochemistry**, Califórnia, n.8, p.18-20, 1973.
- PONTING, J.D.; WALTERS, G.G.; FORREY, R.R.; JACKSON, R.; STANLEY, W.L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, n.20, p. 125-128, 1966.
- PRICE, R.L., *et al.* Constituents of Brazilian cashew apple juice. **Ciên. Agron.**, Fortaleza, v.5, p.61-65, 1975. *Apud*: O caju: aspectos tecnológicos. **Banco do Nordeste do Brasil**, Fortaleza, 1986. 256p.

- RAOULT-WACK, A.L. Recent advances in de osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.5, n.8, p.255-260, 1994.
- RAOULT-WACK, A.L. & GUILBERT, S. La déshydratation osmotique ou procédé de déshydratation-imprégnation par immersion dans des solutions concentrées. **Les Cahiers de L'Ensba** 'L'eau dans les procédés de transformation et de conservation des aliments', v.7, p.171,1990.
- RASTOGI, N.K. & RAGHAVARAO, K.S.M.S. Kinetics os osmotic dehydration of coconut. **Journal of Food Process Engineering**, v.18, p.187-197, 1995.
- SAMPAIO, T. O tupi na geografia nacional. 2<sup>a</sup> ed. Editora: O Pensamento, 1914. 285p. *Apud*: A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil. Fortaleza, **Banco do Nordeste do Brasil**, 1988.486p.
- SHI, X. Q., FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, v.11, n.6, p.1429-1442, 1993.
- SILVA, N. & JUNQUEIRA, V.C.A. Métodos de análise microbiológica de alimentos. Campinas: **ITAL**,1995.
- SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; MORI, E. E. M.; FIGUEIREDO, I. B. Secagem de ameixa cultivar carmesim: II efeito da pré-secagem osmótica nas características organolépticas do produto final. **Boletim ITAL**, Campinas, v.21, n.2, p.239-256, 1984.
- SOARES, J.B. O caju; aspectos tecnológicos. **Banco do Nordeste do Brasil**, Fortaleza, 1986. 256p.

- TELLES, P.R.S. (Cap. 13:Industrialização do pseudofruto e da castanha) A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil. Fortaleza, **Banco do Nordeste do Brasil**, Fortaleza, 1988. 486p.
- TOMASULA, P. & KOZEMPEL, F.M. Diffusion coefficients of glucose, potassium and magnesium in maine russet burbank and maine katahdin potatoes from 45 to 90°C. **Journal Food Science**, v.54, n.4, p. 985-989, 1989.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v.26, p.59-68, 1993.
- UBOLDI EIROA, M.N. Atividade de água: influência sobre desenvolvimento de microorganismos e métodos de determinação em alimentos. **Bol. ITAL**, Campinas, v.3, n.18, p.353-383, 1981.
- VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. Osmotic dehydration of kiwifruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, v.11, p.63-84, 1991.
- VIJAYANAND, P.; CHAND, N.; EIPESON, W.E. Optimization of osmotic dehydration of cauliflower. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.19, n.4, p. 229-242, 1995.
- VIDEV, K.; TANCHEV, S.; SHARMA, R.C.; JOSHI, V.K. Effect of sugar concentration and temperature on the rate of osmotic dehydration of apples. **Journal Food Science Technology**, v.27, n.5, p. 307-308, 1990.
- WELTI, J.; PALOU, E.; LÓPES-MALO, A.; BALSEIRA, A. Osmotic concentration - drying of mango slices. **Drying Technology**, v.13, n.1&2, p.405-416, 1995.

**Anexo I: Modelo da ficha para análise sensorial**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1 - Por favor, avalie a APARÊNCIA das amostras de pseudo-fruto de caju osmoticamente desidratado, da esquerda para a direita e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras:

- 9 - Gostei extremamente
- 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 extremamente

Amostra \_\_\_\_\_ ( )

Amostra \_\_\_\_\_ ( )

Descreva o que você mais gostou e menos gostou na APARÊNCIA de cada amostra:

Amostra Mais gostei

Menos gostei

\_\_\_\_\_

2 - Por favor, avalie o AROMA das amostras da esquerda para a direita e, utilizando a escala acima, indique o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras:

Amostra \_\_\_\_\_ ( )

Amostra \_\_\_\_\_ ( )

Descreva o que você mais gostou e menos gostou no AROMA de cada amostra:

Amostra Mais gostei

Menos gostei

\_\_\_\_\_

3 – Agora, PROVE por favor cada amostra e indique, utilizando a escala da página anterior, o quanto você gostou ou desgostou do SABOR e da TEXTURA de cada uma das amostras:

Amostra \_\_\_\_\_

SABOR ( )

TEXTURA ( )

Amostra \_\_\_\_\_

SABOR ( )

TEXTURA ( )

Descreva o que você mais gostou e menos gostou no SABOR de cada amostra:

Amostra \_\_\_\_\_

Mais gostei

Menos gostei

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Descreva o que você mais gostou e menos gostou na TEXTURA de cada amostra:

Amostra \_\_\_\_\_

Mais gostei

Menos gostei

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4- Assinale para cada amostra qual seria sua atitude quanto a compra das mesmas. Se eu encontrasse este produto a venda, eu:

Amostra \_\_\_\_\_

Certamente compraria

Provavelmente compraria

Tenho dúvidas se compraria ou não

Provavelmente não compraria

Certamente não compraria

Amostra \_\_\_\_\_

Certamente compraria

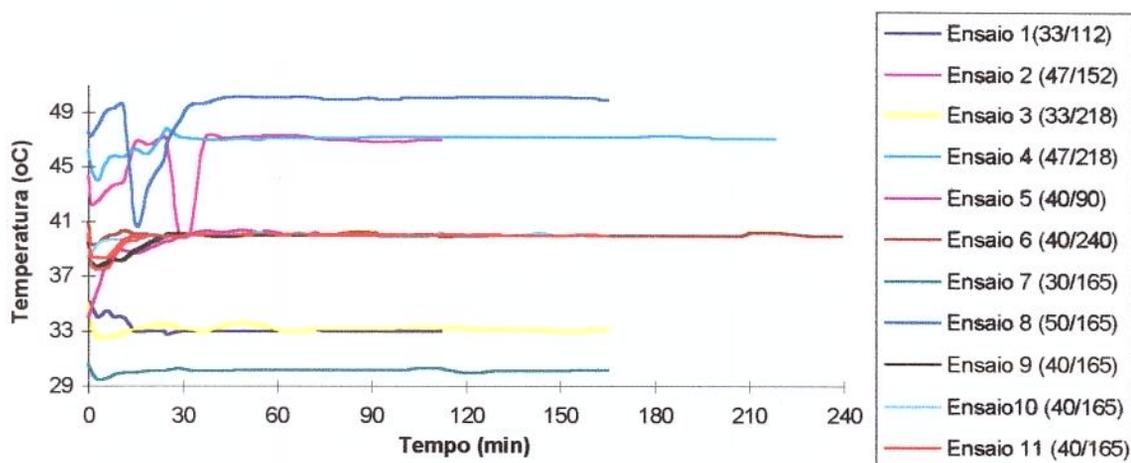
Provavelmente compraria

Tenho dúvidas se compraria ou não

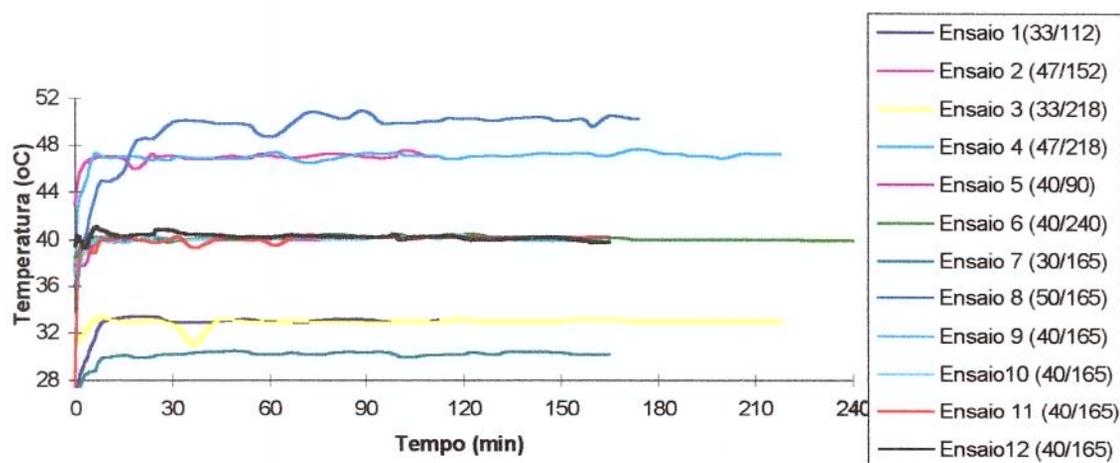
Provavelmente não compraria

Certamente não compraria

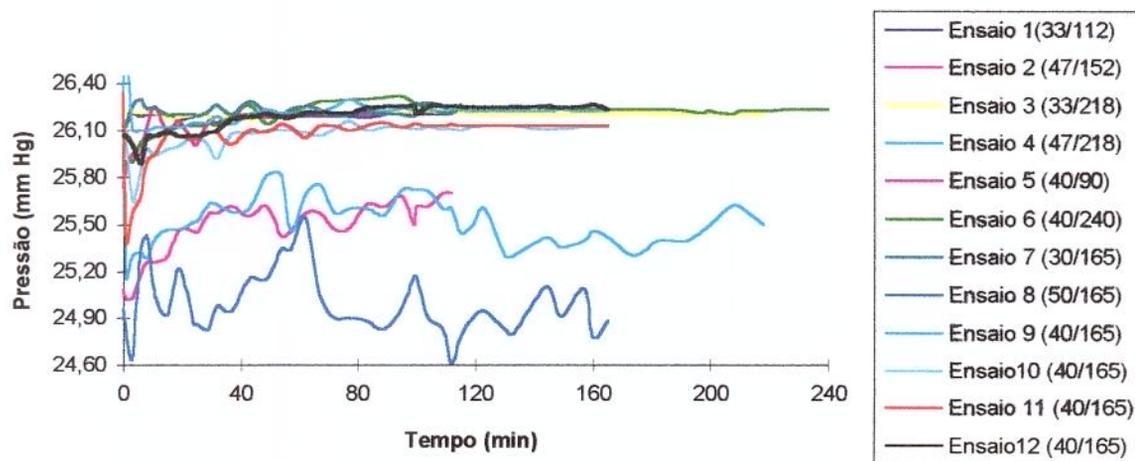
## Anexo II : Perfis de Temperatura e Pressão nos Ensaios



(a): Perfil de temperatura nos ensaios a pressão ambiente.



(b): Perfil de temperatura nos ensaios a vácuo.



(c): Perfil de pressão nos ensaios a vácuo.

### Anexo III : Efeito Estimado, Erro Puro, Grau de Significancia Estatística (p) e Coeficientes de Regressão Codificados.

#### Processo de Desidratação Osmótica a Vácuo

(a): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para sólidos totais.

Fatores	Efeito	Erro Puro	p	Coef.
tempo (L)	<b>5,6201</b>	<b>1,3273</b>	<b>0,0241</b>	<b>2,8101</b>
tempo (Q)	0,9244	1,4840	0,5775	0,4622
Temperatura (L)	<b>7,9610</b>	<b>1,3273</b>	<b>0,0093</b>	<b>3,9805</b>
Temperatura (Q)	-0,3170	1,4839	0,8445	-0,1585
tempo * Temp.(L)	3,3354	1,8771	0,1737	1,6677

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(b): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para perda de umidade.

Fatores	Efeito	Erro Puro	p	Coef.
tempo (L)	<b>13,5240</b>	<b>1,6829</b>	<b>0,004</b>	<b>6,7619</b>
tempo (Q)	-1,5244	1,8816	0,4771	-0,7622
Temperatura (L)	<b>25,3000</b>	<b>1,6829</b>	<b>0,0006</b>	<b>12,6500</b>
Temperatura (Q)	-4,8690	1,8816	0,0812	-2,4345
tempo * Temp.(L)	4,1670	2,3800	0,1783	2,0835

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(c): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para °Brix.

Fatores	Efeito	Erro Puro	p	Coef.
tempo (L)	<b>6,3650</b>	<b>0,3920</b>	<b>0,0005</b>	<b>3,1825</b>
tempo (Q)	1,3125	0,4382	0,0579	0,6563
Temperatura (L)	<b>5,8954</b>	<b>0,3920</b>	<b>0,0006</b>	<b>2,9477</b>
Temperatura (Q)	0,3125	0,4382	0,5273	0,1563
tempo * Temp. (L)	<b>5,2500</b>	<b>0,5543</b>	<b>0,0025</b>	<b>2,6250</b>

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

### Processo de Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente

(d): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para sólidos totais.

Fatores	Efeito	Erro Puro	p	Coef.
tempo (L)	<b>3,9013</b>	<b>0,6885</b>	<b>0,0298</b>	<b>1,9507</b>
tempo (Q)	0,7239	0,8194	0,4702	0,3620
Temperatura (L)	<b>3,8349</b>	<b>0,6885</b>	<b>0,0308</b>	<b>1,9174</b>
Temperatura (Q)	0,8299	0,8194	0,4178	0,4150
tempo * Temp.(L)	1,5300	0,9736	0,2567	0,7650

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(e): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para perda de umidade.

Fatores	Efeito	Erro Puro	p	Coef.
tempo (L)	<b>9,7324</b>	<b>0,2354</b>	<b>0,0006</b>	<b>4,8662</b>
tempo (Q)	-1,0863	0,2801	0,0605	-0,5431
Temperatura (L)	<b>10,315</b>	<b>0,2354</b>	<b>0,0005</b>	<b>5,1575</b>
Temperatura (Q)	1,3863	0,2801	0,0385	0,6931
tempo * Temp.(L)	3,4515	0,3329	0,0092	1,7258

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

(f): Efeito estimado, erro puro, grau de significancia estatística e coeficiente de regressão codificado de cada fator no modelo para °Brix.

Fatores	Efeito	Erro Puro	p	Coef.
tempo (L)	<b>1,9205</b>	<b>0,2700</b>	<b>0,0192</b>	<b>0,9602</b>
tempo (Q)	-0,2604	0,3214	0,5029	-0,1302
Temperatura (L)	<b>2,4357</b>	<b>0,2700</b>	<b>0,0121</b>	<b>1,2178</b>
Temperatura (Q)	0,6146	0,3214	0,1960	0,3073
tempo * Temp. (L)	0,7500	0,3819	0,1885	0,3750

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

## Anexo IV: Análise de Variância dos Modelos Ajustados

### Processo de Desidratação Osmótica a Vácuo.

(a): Análise de variância do modelo para sólidos totais.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.</sub>
Regressão	<b>189,926</b>	<b>1</b>	<b>189,926</b>	<b>77,92</b>	<b>4,96</b>
Resíduo	<b>24,374</b>	<b>10</b>	<b>2,437</b>		
Falta de Ajuste	13,803	7	1,972	0,56	8,89
Erro Puro	10,571	3	3,524		
Total	214,300				

\* Tabelado em Neto *et al.* (1996), p. 298.

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança.

SQ ⇒ Soma quadrática; GI ⇒ Grau de liberdade; MQ ⇒ Média quadrática.

(b): Análise de variância do modelo ajustado para perda de umidade.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.</sub>
Regressão	<b>1645,971</b>	<b>1</b>	<b>1645,971</b>	<b>158,79</b>	<b>4,96</b>
Resíduo	<b>103,660</b>	<b>10</b>	<b>10,366</b>		
Falta de Ajuste	86,666	7	12,381	2,19	8,89
Erro Puro	16,994	3	5,665		
Total	1749,631				

\* Tabelado em Neto *et al.* (1996), p. 298.

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança.

SQ ⇒ Soma quadrática; GI ⇒ Grau de liberdade; MQ ⇒ Média quadrática.

(c): Análise de variância do modelo ajustado para °Brix.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.</sub>
Regressão	<b>178,101</b>	<b>2</b>	<b>89,050</b>	<b>87,05</b>	<b>4,26</b>
Resíduo	<b>9,207</b>	<b>9</b>	<b>1,023</b>		
Falta de Ajuste	8,285	6	1,381	4,49	8,94
Erro Puro	0,922	3	0,307		
Total	187,307				

\* Tabelado em Neto *et al.* (1996), p. 298.

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança.

SQ ⇒ Soma quadrática; GI ⇒ Grau de liberdade; MQ ⇒ Média quadrática.

**Processo de Desidratação Osmótica a Pressão Ambiente.**

(d): Análise de variância do modelo ajustado para sólidos totais.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>59,853</b>	<b>1</b>	<b>59,853</b>	<b>76,14</b>	<b>5,12</b>
Resíduo	<b>7,075</b>	<b>9</b>	<b>0,786</b>		
Falta de Ajuste	5,179	7	0,740	0,78	19,35
Erro Puro	1,896	2	0,948		
Total	66,928				

\* Tabelado em Neto *et al.* (1996), p. 298.

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança.

SQ ⇒ Soma quadrática; GL ⇒ Grau de liberdade; MQ ⇒ Média quadrática.

(e): Análise de variância do modelo ajustado para perda de umidade.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>652,597</b>	<b>1</b>	<b>652,597</b>	<b>91,88</b>	<b>5,12</b>
Resíduo	<b>63,921</b>	<b>9</b>	<b>7,102</b>		
Falta de Ajuste	52,200	7	7,457	1,27	19,35
Erro Puro	11,721	2	5,860		
Total	716,518				

\* Tabelado em Neto *et al.* (1996), p. 298.

Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança.

SQ ⇒ Soma quadrática; GL ⇒ Grau de liberdade; MQ ⇒ Média quadrática.

(f): Análise de variância do modelo ajustado para °Brix.

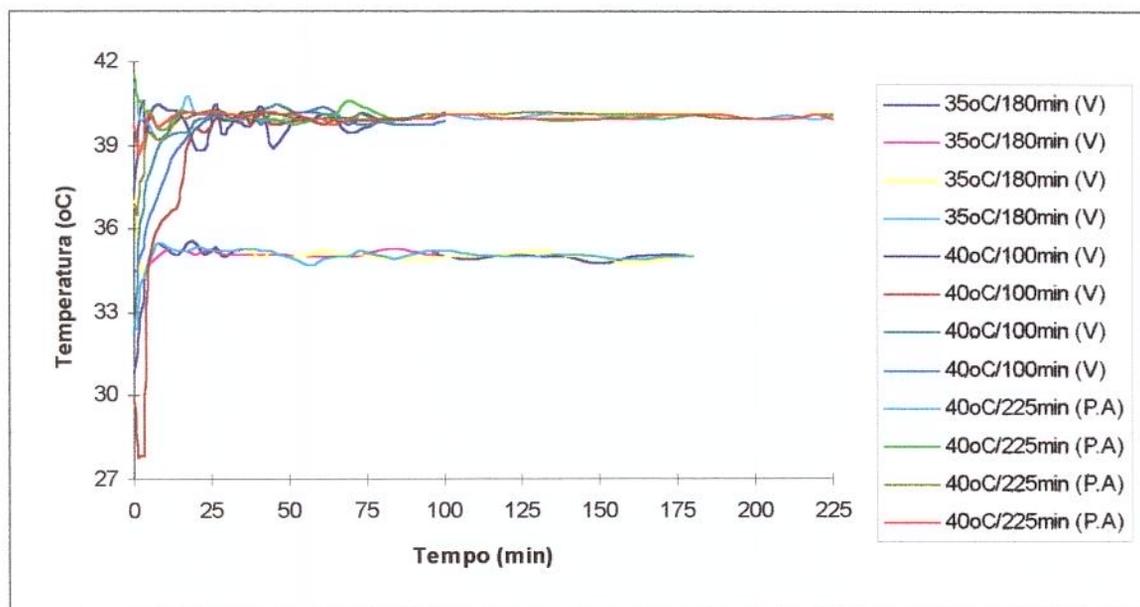
Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calc.</sub>	F <sub>tabel.*</sub>
Regressão	<b>19,241</b>	<b>1</b>	<b>19,241</b>	<b>82,04</b>	<b>5,12</b>
Resíduo	<b>2,111</b>	<b>9</b>	<b>0,235</b>		
Falta de Ajuste	1,819	7	0,260	1,78	19,35
Erro Puro	0,292	2	0,146		
Total	21,352				

\* Tabelado em Neto *et al.* (1996), p. 298.

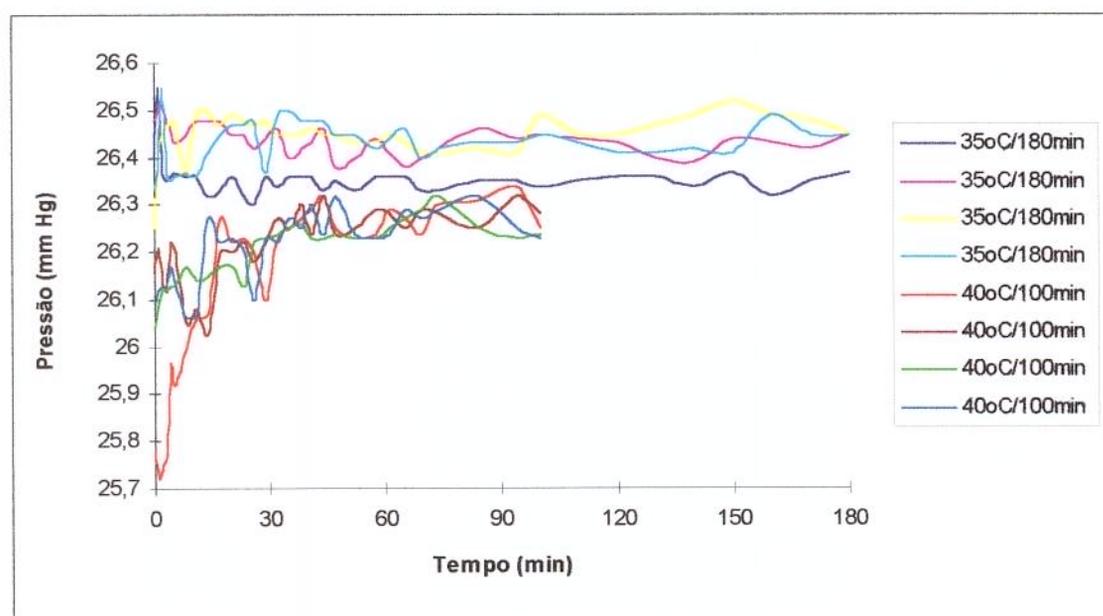
Obs: Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de confiança.

SQ ⇒ Soma quadrática; GL ⇒ Grau de liberdade; MQ ⇒ Média quadrática.

## Anexo V: Perfis de Temperatura e Pressão dos Ensaios nas Condições Otimizadas



(a): Perfil de Temperatura dos Ensaios a Vácuo (V) e a Pressão Ambiente (PA) nas Condições Otimizadas de Tempo e Temperatura.



(b): Perfil de Pressão dos Ensaios a Vácuo (V) nas Condições Otimizadas de Temperatura e Tempo

## Errata

Página 22 – Figura 2, não consta a Fonte: Agroindústria Tropical, Fortaleza, p.3, n.50 (Foto de autoria de Cláudio Norões).

Página 23 – Figura 3, não consta a Fonte: Agroindústria Tropical, Fortaleza, p.1, n.50 (Foto de autoria de Cláudio Norões).

Página 24 – Tabela 1: onde se lê composição físico-química, leia-se composição física e química.

Página 38 – Parágrafo 7: onde se lê 0,2% de metabissulfito, leia-se 0,02% de metabissulfito.

Página 39 – Figura 6: onde se lê metabissulfito 0,2%, leia-se metabissulfito de sódio 0,02%.

Página 74 – Parágrafo 2, linha 4: onde se lê figuras r e t, leia-se figuras 8 b e 10 b.

Página 75 – Parágrafo 2, linha 6: onde se lê figuras 7 b e 8 b, leia-se figuras 15 b e 17 b.

Página 93 – Figura 28: onde se vê número 3, leia-se número 4 e onde se vê número 4, leia-se número 3.