



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



## *AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO OSMÓTICA PARA OBTENÇÃO DE BANANA PASSA*

---

**Alessandra Mara Locatelli de Aguiar**

Orientador: **Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Campinas

2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Ag93a	<p>Aguiar, Alessandra Mara Locatelli de Avaliação do processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa / Alessandra Mara Locatelli de Aguiar. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.</p> <p>Orientador: Roberto Hermínio Moretti Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos</p> <p>1. Banana. 2. Osmose. 3. Secagem. I. Moretti, Roberto Hermínio. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.</p>
-------	---

Titulo em inglês: Evaluation of the osmotic concentration process to obtain dried banana sticks.

Palavras-chave em inglês (Keywords: Banana, Osmosis, Drying

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Roberto Hermínio Moretti

Flávio Luís Schmidt

Silvana Mariana Srebernich

Nelson Horacio Pessoa García

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti  
(FEA – UNICAMP / Orientador)

---

Prof. Dr. Flávio Luís Schmidt  
(FEA – UNICAMP / Membro)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana Mariana Srebernich  
(PUCCAMP / Membro)

---

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García  
(FEA – UNICAMP / Membro)

*“...vão aonde seu corpo e a sua alma desejam ir. Quando sentir que é por aí, mantenha-se firme no caminho, e não deixe ninguém desviá-lo dele.”*

(Joseph Campbell, em “O poder do Mito”)

*“Não vos inquieteis com nada! Em todas as circunstâncias apresentai a Deus as vossas preocupações, mediante a oração, as súplicas e ação de graças. E a paz de Deus que excede toda a inteligência, haverá de guardar vossos corações e vossos pensamentos em Cristo Jesus.”*

(Filipenses 4,47)

*Dedico este trabalho aos meus pais Antônio e Marlene que  
são exemplos de amor, união, perseverança e muita luta;  
Ao meu esposo Alexandre pela paciência e incentivo;  
Ao meu irmão André Augusto;  
Aos meus avós, em especial ao Roque que não se encontra  
em nosso meio.*

*Professor Moretti,*

*Minha eterna gratidão!*

*Você mostrou de um jeito simples que a aprendizagem precisa ser significativa. Com objetivos definidos, sempre formula questões que confrontam a teoria com a prática permitindo ampliar meus horizontes reflexivos. É um gestor do conhecimento, possui a vocação de educador... e educadores são como velhas árvores, possuem uma face, um nome e uma "estória" a ser contada.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus;

À minha família pelo apoio incondicional;

Ao Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti, pela orientação, apoio, amizade e confiança;

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões e correções que muito contribuíram para o enriquecimento deste trabalho;

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

À DULCINE S/A, por intermédio de Filomena e Giuliana, que forneceram o açúcar invertido para realização dos experimentos;

À tia Fafá que nunca mede esforços;

Às minhas estagiárias Ângela Meireles e Katrim Deiser (alemã) que deram uma importante contribuição durante a etapa do trabalho experimental;

À Juliana A. Teles, em especial, por tudo que passamos juntas durante o mestrado;

Às técnicas Ana Koon e Priscila Albertini do laboratório de frutas, hortaliças e produtos açucarados e também a Dona Denir;

Às amigas e companheiras de laboratório Sílvia Clareto e Priscila Efraim pelas conversas e pela companhia durante as longas horas de trabalho;

Ao Daniel Atala pelo apoio na elaboração e interpretação do planejamento experimental;

E por fim a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMO .....	XVII
ABSTRACT .....	XVIII
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 BANANA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1 Classificação botânica.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 Variedades.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3 Transformações na banana durante o amadurecimento .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.4 Composição e classificação.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.5 Importância econômica da banana.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 CONCENTRAÇÃO OSMÓTICA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1 Variáveis do processo.....</b>	<b>24</b>
2.2.1.1 Agente osmótico .....	24
2.2.1.2 Concentração da solução osmótica .....	26
2.2.1.3 Temperatura .....	26
2.2.1.4 Tempo de processo .....	27
2.2.1.5 Agitação.....	28
2.2.1.6 Tamanho do material.....	29
<b>2.3 SECAGEM .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4 BANANA PASSA CONVENCIONAL .....</b>	<b>32</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 MATERIAL.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1 Matéria-prima.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.2 Solução osmótica.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.3 Equipamentos.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>



3.2.1	<i>Preparo da amostra</i> .....	37
3.2.2	<i>Preparo das soluções</i> .....	38
3.2.3	<i>Concentração osmótica</i> .....	38
3.2.4	<i>Planejamento experimental</i> .....	42
3.2.5	<i>Caracterização da matéria-prima</i> .....	44
3.2.5.1	Acidez total titulável.....	44
3.2.5.2	Brix.....	44
3.2.5.3	pH.....	44
3.2.5.4	Sólidos Totais.....	44
3.2.5.5	Fibra insolúvel.....	45
3.2.5.6	Ratio.....	45
3.2.5.7	Densidade.....	45
3.2.5.8	Peso.....	45
3.2.5.9	Comprimento e diâmetro do fruto.....	46
3.2.6	<i>Caracterização da solução osmótica</i> .....	47
3.2.6.1	Acidez total titulável.....	47
3.2.6.2	Brix.....	47
3.2.6.3	pH.....	47
3.2.6.4	Viscosidade.....	47
3.2.6.5	Vitamina C.....	48
3.2.6.6	Açúcares totais e redutores.....	48
3.2.6.7	Sacarose.....	48
3.2.6.8	Ratio.....	48
3.2.7	<i>Transferência de massa no processo</i> .....	49
3.2.8	<i>Secagem</i> .....	50
3.2.9	<i>Análise sensorial</i> .....	50
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
4.1	<b>PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS</b> .....	<b>53</b>
4.1.1	<i>Matéria-prima e solução osmótica</i> .....	53
4.2	<b>CONCENTRAÇÃO OSMÓTICA</b> .....	<b>56</b>
4.2.1	<i>Planejamento experimental</i> .....	56
4.2.1.1	Perda de Peso.....	59
4.2.1.2	Perda de umidade.....	63
4.2.1.3	Incorporação de sólidos.....	68
4.2.1.4	Variação de sólidos totais.....	73
4.2.1.5	Variação de sólidos solúveis.....	77
4.2.1.6	Ratio.....	81
4.3	<b>SECAGEM</b> .....	<b>86</b>
4.4	<b>ANÁLISE SENSORIAL</b> .....	<b>88</b>

4.5	CORRELAÇÃO ENTRE SÓLIDOS TOTAIS/ACIDEZ E BRUX/ACIDEZ .....	88
5	CONCLUSÕES .....	91
6	REFERÊNCIAS.....	92
7	ANEXOS .....	104

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Classificação de banana por grupo cromossômico segundo SIMMONDS e as respectivas variedades.	<b>7</b>
<b>Tabela 2</b>	Área colhida (ha) com as principais cultivares de banana no Brasil e porcentagem estimada da área por grupo genômico em 2001.	<b>8</b>
<b>Tabela 3</b>	Dados promológicos médios de bananas maduras – Nanicão, padrão 34 mm de diâmetro.	<b>11</b>
<b>Tabela 4</b>	Composição da banana madura sem casca.	<b>12</b>
<b>Tabela 5</b>	Classificação por categoria em função do percentual de defeitos.	<b>17</b>
<b>Tabela 6</b>	Área destinada à colheita, produção e produtividade nos principais estados - 2004/2005.	<b>19</b>
<b>Tabela 7</b>	Exportações brasileira de banana, por unidade da federação e destinos em 2004.	<b>20</b>
<b>Tabela 8</b>	Variáveis independentes codificadas.	<b>42</b>
<b>Tabela 9</b>	Planejamento experimental da concentração osmótica.	<b>43</b>
<b>Tabela 10</b>	Teste de ordenação (Tabela de NEWELL & MAC FARLANE).	<b>52</b>

<b>Tabela 11</b>	Características físicas e químicas da banana inicial.	<b>53</b>
<b>Tabela 12</b>	Características físicas e químicas das soluções osmóticas iniciais.	<b>55</b>
<b>Tabela 13</b>	Valores de perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS), ratio (Ra), variação sólidos totais (VST) e variação sólidos solúveis (VSS).	<b>57</b>
<b>Tabela 14</b>	Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para perda de peso, calculados pelo Erro Puro.	<b>59</b>
<b>Tabela 15</b>	Análise de Variância – ANOVA para perda de peso.	<b>60</b>
<b>Tabela 16</b>	Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para perda de umidade, calculados pelo Erro Puro.	<b>63</b>
<b>Tabela 17</b>	Análise de Variância – ANOVA para perda de umidade.	<b>64</b>
<b>Tabela 18</b>	Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para a incorporação sólidos, calculados pelo Erro Puro.	<b>69</b>
<b>Tabela 19</b>	Análise de Variância – ANOVA para incorporação de sólidos.	<b>70</b>
<b>Tabela 20</b>	Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para a variação dos sólidos totais, calculados pelo Erro Puro.	<b>74</b>
<b>Tabela 21</b>	Análise de Variância – ANOVA, para variação de sólidos totais.	<b>75</b>

<b>Tabela 22</b>	Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t, significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para variação de sólidos solúveis, calculados pelo Erro Puro.	<b>77</b>
<b>Tabela 23</b>	Análise de Variância – ANOVA, para variação de sólidos solúveis.	<b>78</b>
<b>Tabela 24</b>	Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t, significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para ratio, calculados pelo Erro Puro.	<b>82</b>
<b>Tabela 25</b>	Análise de Variância – ANOVA para ratio.	<b>82</b>
<b>Tabela 26</b>	Resultado final da análise sensorial.	<b>88</b>
<b>Tabela 27</b>	Resultados experimentais para avaliação de correlação entre sólidos totais/acidez e brix/acidez.	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 (a)</b>	Desenho esquemático de uma bananeira adulta.	<b>5</b>
<b>Figura 1 (b)</b>	Cacho com bananas no estágio verde.	<b>5</b>
<b>Figura 2</b>	Coloração da casca da banana.	<b>14</b>
<b>Figura 3</b>	Classificação da banana em classe.	<b>15</b>
<b>Figura 4</b>	Classificação da banana em sub-classe.	<b>15</b>
<b>Figura 5</b>	Classificação de defeitos graves e leves na casca da banana.	<b>16</b>
<b>Figura 6</b>	Limites de lesões e manchas na casca da banana.	<b>17</b>
<b>Figura 7</b>	Distribuição mundial da produção bananeira - média do período 2000/2004.	<b>18</b>
<b>Figura 8</b>	Principais mercados importadores de banana brasileira em 2004.	<b>20</b>
<b>Figura 9</b>	Fluxo do mecanismo de concentração osmótica.	<b>22</b>
<b>Figura 10</b>	Curvas típicas de secagem de um produto úmido.	<b>30</b>
<b>Figura 11</b>	Coloração da casca das bananas utilizadas nos experimentos.	<b>35</b>
<b>Figura 12</b>	Cilindros de banana utilizados nos experimentos – visão superior.	<b>37</b>
<b>Figura 13</b>	Cilindros de banana utilizados nos experimentos – visão lateral.	<b>37</b>
<b>Figura 14</b>	Bananas imersas na solução osmótica.	<b>38</b>
<b>Figura 15</b>	Equipamento utilizado para os experimentos.	<b>39</b>
<b>Figura 16</b>	Bananas imersas na solução osmótica com o sistema de agitação.	<b>40</b>
<b>Figura 17</b>	Fluxograma do processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa.	<b>41</b>
<b>Figura 18</b>	Parâmetros para determinação do diâmetro e comprimento da banana.	<b>46</b>
<b>Figura 19</b>	Valores previstos x valores experimentais obtidos para perda de peso.	<b>60</b>
<b>Figura 20</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de peso (PP), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico na solução osmótica.	<b>61</b>
<b>Figura 21</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de peso(PP), relacionando tempo de imersão e espessura do cilindro de banana.	<b>61</b>
<b>Figura 22</b>	Valores previstos x valores experimentais obtidos para perda de umidade.	<b>65</b>

<b>Figura 23</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de umidade (PU), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico na solução osmótica.	<b>66</b>
<b>Figura 24</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de umidade (PU), relacionando tempo de imersão e espessura do cilindro de banana.	<b>66</b>
<b>Figura 25</b>	Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para incorporação de sólidos.	<b>70</b>
<b>Figura 26</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para incorporação de sólidos (IS), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.	<b>71</b>
<b>Figura 27</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para incorporação de sólidos (IS), relacionando tempo de imersão e espessura dos cilindros de banana.	<b>71</b>
<b>Figura 28</b>	Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para a variação dos sólidos totais.	<b>75</b>
<b>Figura 29</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para variação de sólidos totais (VST), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.	<b>76</b>
<b>Figura 30</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para variação de sólidos totais (VST), relacionando tempo de imersão e espessura dos cilindros de banana.	<b>76</b>
<b>Figura 31</b>	Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para a variação dos sólidos solúveis.	<b>79</b>
<b>Figura 32</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para variação de sólidos solúveis (VSS), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.	<b>80</b>
<b>Figura 33</b>	Superfície de resposta (a) e curva de nível (b) para variação de sólidos solúveis (VSS), relacionando tempo de imersão e espessura dos cilindros de banana.	<b>80</b>
<b>Figura 34</b>	Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para o ratio.	<b>83</b>
<b>Figura 35</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para ratio, relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.	<b>84</b>

<b>Figura 36</b>	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para ratio, relacionando tempo de imersão e espessura.	<b>84</b>
<b>Figura 37</b>	Superfície de resposta para ratio, relacionando espessura e concentração de ácido cítrico.	<b>85</b>
<b>Figura 38</b>	Cilindros de banana em diferentes tempos de tratamento – visão superior.	<b>86</b>
<b>Figura 39</b>	Cilindros de banana em diferentes tempos de tratamento – visão lateral.	<b>86</b>
<b>Figura 40</b>	Cilindros de banana após secagem – visão superior.	<b>87</b>
<b>Figura 41</b>	Correlação entre: sólidos totais/acidez e brix/acidez.	<b>90</b>



## RESUMO

O Brasil é um país com característica agrícola e o desenvolvimento dos setores agroindustriais é de grande importância sócio-econômica e que devem ser explorados a fim de evitar o desperdício de alimentos, agregar valor aos produtos agrícolas e aumentar a renda dos produtores. A transformação industrial, à experiência de regiões e países bem sucedidos, mostra que pelo menos a transformação primária das frutas deve ser pensada pelos produtores. Isto porque é um prolongamento das atividades agrícolas, que objetiva transformar produtos perecíveis em produtos estáveis. A bananicultura é uma atividade de importância econômica e social, sendo cultivada na maioria dos países tropicais. O Brasil é o terceiro maior produtor e representa cerca de 9,0% da produção mundial, com uma área de 495 mil ha, superado apenas pela Índia e pelo Equador. O presente trabalho estudou o processo de concentração osmótica em banana nanica (*Musa cavendish*) através de planejamento experimental completo com 3 variáveis independentes (tempo, espessura e concentração de ácido cítrico), utilizando soluções de açúcar invertido, à pressão atmosférica e temperatura constante de 45°C. As variáveis dependentes para os 17 experimentos realizados foram: perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos, variação de sólidos totais, variação de sólidos solúveis e a relação brix / acidez (ratio) que indica o equilíbrio das características sensoriais do produto. Para identificar a melhor relação foram selecionados 4 experimentos com diferentes ratio. Estas amostras de banana pré-concentradas osmoticamente foram secas em estufa com circulação forçada de ar quente a 60°C até atingirem um teor de 65% de sólidos totais. Foi realizada uma análise sensorial (teste de preferência) com as 4 amostras selecionadas. Os resultados obtidos com os experimentos mostram uma perda de umidade entre 25,13 a 38,16% no processo de concentração osmótica e um produto com boas características organolépticas.

## ABSTRACT

Brazil is a country with agricultural characteristics and thus the development of the agro-industrial sector is of great socio-economic importance and should be explored so as to avoid food wastage and increase the value of agricultural products and producer profit. Based on the experience of highly successful regions and countries, in industrial transformation, the primary transformation of fruits should be thought of by the producers, since this is really a prolongation of the agricultural activity, with the aim of transforming perishable products into stable ones. The culture of bananas is an economically and socially important activity, bananas being cultivated in the majority of tropical countries. Brazil is the third biggest producer, behind India and Ecuador, representing 9% of world production and occupying an area of 495 thousand hectares. This work studied the osmotic concentration of banana nanica (*Musa cavendishi*) using a complete experimental design with 3 independent variables (time, thickness and citric acid concentration), using invert sugar solutions, atmospheric pressure and a constant temperature of 45°C. The variable dependents for the 17 experiments carried out were: weight loss, moisture loss, solids incorporation, variation in total solids, variation in soluble solids and the brix:acidity ratio, which indicates the equilibrium of the product sensory characteristics. Four experiments with different ratios were selected in order to identify the best ratio. These osmotically pre-concentrated banana samples were dried in a forced air incubator at 60°C to a total solids content of 65%. A sensory preference analysis was carried out with the 4 samples selected. The results obtained showed moisture losses from 25.13 to 38.16% in the osmotic concentration process and a product with good organoleptic characteristics.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil por sua vocação agrícola necessita do desenvolvimento dos setores agroindustriais, pois estes representam significativa importância sócio-econômica e devem ser explorados a fim de evitar o desperdício de alimentos, agregar valor aos produtos agrícolas e aumentar a renda dos produtores. A transformação primária das frutas deve ser pensada, pois esta é um prolongamento das atividades agrícolas, transformando produtos perecíveis em estáveis.

A banana é cultivada na maioria dos países tropicais. No Brasil, dos 39 milhões de toneladas de frutas produzidas em 1999, a banana encontra-se em segundo lugar com 6,8 milhões de toneladas destinadas ao consumo *in natura*, perdendo apenas para a produção de laranjas que se encontra por volta de 18 milhões de toneladas destinadas principalmente para as indústrias de suco concentrado (AGRIANUAL, 2002).

No contexto mundial, a cultura da banana ocupa uma área de quatro milhões de hectares e produção superior a 60 milhões de toneladas, oriundas, principalmente, de pequenas propriedades. O Brasil é o terceiro maior produtor de banana, e representa cerca de 9,0% da produção mundial, com uma área de 495 mil ha, superado apenas pela Índia e pelo Equador (FAO, 2004).

As regiões de destaque no Brasil para a produção de bananas são: o Estado de São Paulo que possui uma área de aproximadamente 52 mil ha plantados e uma produção de 1.087 mil toneladas, concentrada no vale do Ribeira e litoral Sul, destacando-se as cidades de Registro, Itariri, Eldorado, Miracatú, Sete Barras, Cajati, Pedro de Toledo e Jacupiranga; Norte de Minas Gerais, onde se destacam as cidades de Janaúba, Jaíba, Pirapora, Montes Claros e Itacarambi; Norte de Santa Catarina – Corupá, Massaranduba, Jaraguá do Sul, Guaramirim, Praia Grande, Luis Alves e Schroeder e Nordeste com as cidades de Petrolina e Juazeiro (MATTHIESEN, 2005).

A participação do Brasil no mercado externo é muito pequena, apenas 188 mil toneladas são exportadas, isso ocorre em razão de sua precária estrutura comercial, da

baixa qualidade da produção, além da dimensão do mercado interno que absorve a maior parte da produção (IBRAF, 2005).

Apesar da pequena participação no mercado externo, o Brasil tem apresentado crescente aumento nas exportações nos últimos anos. Esse incremento foi possível porque a banana brasileira é mais barata que a equatoriana e tornou-se atrativa para países como a Argentina e Uruguai que são os principais compradores da banana produzida no Brasil. O principal estado exportador é o de Santa Catarina, mas isso se deve, principalmente, a proximidade da região produtora com os países vizinhos (MATTHIESEN, 2005).

O consumo interno de banana está por volta de quatro milhões de toneladas, estima-se que o consumo médio anual é de 34 kg “per capita”, consumido principalmente na forma *in natura* em razão do preço geralmente acessível (SOTO, 1992; IBRAF, 2005).

As perdas pós-colheita chegam até 40% da produção e as principais causas das perdas são atribuídas à falta de mão de obra qualificada, à técnicas inadequadas de manuseio, à falha ou ausência de tratamento contra pragas e moléstias durante as fases pré e pós-colheita, ao desconhecimento do ponto ideal de colheita para alguns frutos e ao uso inadequado de tecnologia de colheita, armazenamento, embalagem e transporte. Além desses fatores, tem ocorrido superprodução que nem sempre é absorvida pelo mercado de produtos *in natura* (STRINGHETA, 2003).

A maioria dos bananicultores são pequenos produtores, que usam a banana como fonte de recurso adicional. A importância estende-se à fixação do homem no campo, sendo inclusive uma fonte contínua de alimento e de renda, pois é produzida durante todo o ano (SILVA *et al.*, 2003).

Considerando que o Brasil é um grande produtor de banana, a possibilidade de exploração dessa fruta com fins comerciais é sempre uma grande perspectiva para o produtor. Entretanto, como toda fruta tem um prazo definido para aproveitamento *in natura*, é crescente o interesse dos produtores por tecnologias que permitam a

obtenção da banana com maior prazo de validade. A secagem apresenta-se como uma solução para este problema.

Banana desidratada em forma de passa é um produto para o qual se tem tentado a exportação. É relativamente bem aceito no mercado interno, mas encontra resistência no mercado externo, devido à falta de uniformidade dos lotes.

Como método alternativo para a padronização do produto, estudou-se a viabilidade da utilização de concentração osmótica, a qual consiste na retirada parcial da água de alimentos através de imersão em uma solução hipertônica, com pressão osmótica maior que a do interior das células. Esse processo vem sendo estudado por vários autores como etapa preliminar aos processos convencionais como secagem, liofilização, congelamento, etc., mostrando-se eficiente na manutenção da textura, estabilidade de pigmentos e retenção de aroma dos alimentos, devido às baixas temperaturas utilizadas no processo, baixas perdas de voláteis e do efeito favorável da introdução de certos solutos melhorando as características nutricionais e sensoriais do produto final, além de economizar energia e tempo de processo.

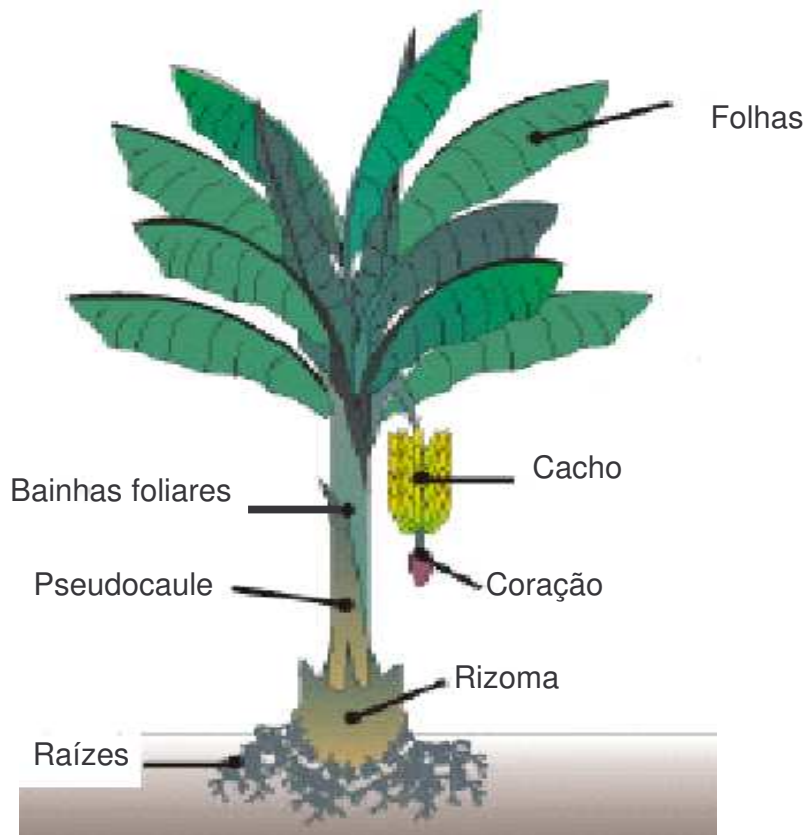
O objetivo geral deste trabalho consistiu em avaliar o efeito da concentração osmótica em banana nanica (*Musa cavendishi*) fatiada, utilizando soluções de açúcar invertido adicionadas de 0,38% de ácido ascórbico, variando tempo de imersão, concentração de ácido cítrico e espessura das fatias através da metodologia de superfície de resposta, buscando um produto padronizado e com qualidade superior aos encontrados atualmente no mercado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Banana

A bananeira desenvolve-se e produz fartamente em regiões que possuem o clima quente e úmido. Essas condições favoráveis são registradas na faixa compreendida entre os paralelos 30° de Latitude Norte e Sul, nas regiões onde as temperaturas se situam entre os limites de 10 e 40 °C. Existe a possibilidade de seu cultivo em latitudes acima de 30° (até 45°), desde que a temperatura seja adequada. Devido a sua ampla adaptação, é cultivada em quase todos os países tropicais (GUERRA, 2004).

A bananeira é uma planta herbácea (Figura 1a). Possui tronco curto e subterrâneo, denominado de rizoma, que constitui um órgão de reserva, onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O pseudocaule, resultante da união das bainhas foliares, termina com uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida. Do centro da copa emerge a inflorescência com brácteas ovaladas de coloração normalmente roxo-avermelhada, em cujas axilas nascem as flores. Cada grupo de flores reunida forma uma penca (mão) com um número variável de frutos (dedos), originados por partenocarpia. O cacho (Figura 1b) é constituído por engajo, pencas, ráquis e coração, sendo este último um conjunto de pencas de flores masculinas ainda em desenvolvimento. Os frutos inicialmente são verdes, tornando-se amarelos com a maturação. Durante o desenvolvimento, há formação de rebentos (filhos), que surgem na base da planta, possibilitando a constante renovação e a vida permanente dos bananais (MEDINA *et al.*, 1995; ALVES, 1999).



**Figura 1 (a)** - Desenho esquemático de uma bananeira adulta.

Fonte: [www.inventabrasilnet.t5.com.br/pseudoba.htm](http://www.inventabrasilnet.t5.com.br/pseudoba.htm)



**Figura 1 (b)** - Cacho com bananas no estágio verde.

Fonte: SILVA *et al.*, 2003.

### 2.1.1 Classificação botânica

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis segundo a sistemática de classificação hierárquica são da classe das Monocotiledôneas pertencentes a ordem *Scitaminales*, família *Musaceae* onde se incluem as três subfamílias *Heliconioidea*, *Strelitzioideae* e *Musoideae*. Nesta última além do gênero *Ensete* (frutos ornamentais) inclui-se o gênero *Musa* (frutos comestíveis, polpa abundante sem sementes) o qual contém os subgêneros *Rhodochlamys*, *Calimusa*, *Australimusa*, *Physocaulis* e *Eumusa*. Constituem o subgênero *Eumusa* as quatro espécies seguintes: *Cavendishi*, *Sapientum*, *Paradisíaca* e *Corriculata* (MOREIRA, 1987; SIMMONDS, 1973).

### 2.1.2 Variedades

Apesar do grande número de variedades de banana, quando se consideram aspectos como preferência dos consumidores, produtividade, tolerância a pragas e doenças, resistência à seca, porte e resistência ao frio, restam poucos cultivares com potencial agrônômico para serem utilizados comercialmente.

Os cultivares comerciais apresentam três níveis cromossômicos distintos: diplóide, triplóide e tetraplóide, respectivamente com dois, três, e quatro múltiplos do número básico de cromossomos. Por meio de cruzamentos experimentais pode-se constatar que as bananeiras triplóides originaram-se a partir de hibridações entre diplóides, bem como os tetraplóides foram originados a partir de cruzamentos entre triplóides e diplóides.

Na evolução das bananeiras comestíveis participaram, principalmente, as espécies diplóides selvagens *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*).



A classificação das variedades se dá segundo seus grupos cromossômicos, seguindo a classificação de SIMMONDS como mostra a Tabela 1 (MEDINA *et al.*, 1995).

**Tabela 1** – Classificação de banana por grupo cromossômico segundo SIMMONDS e as respectivas variedades.

Ploidia	Genômio	Variedades
Grupo diplóide	AA	Banana ouro
Grupo triplóide	AAA	Nanica, Nanicão, Gros-michel, Caru-roxa, Caru-verde, Grande Naine, Caipira.
	AAB	Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Thap Maeo, Branca, Terra D'Angola, Terrinha, Pacovaçu.
	ABB	Marmelo, Figo Vermelho, Figo Cinza.
Grupo tetraplóide	AAAB	Pioneira, Fhia-01, Fhia-18, SH-3640, Pacovan Ken.

Fonte: MEDINA *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 2003 - Tabela adaptada.

As cultivares mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo AAB, utilizadas unicamente para o mercado interno, Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente para o mercado de exportação. Em menor escala são plantadas 'Ouro' (AA), a 'Figo Cinza' e 'Figo Vermelho' (ABB), 'Caru Verde' e 'Caru Roxa' (AAA) (SILVA *et al.*, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 1999).

A Tabela 2 mostra a área colhida com as principais cultivares de banana do Brasil.

**Tabela 2** - Área colhida (ha) com as principais cultivares de banana no Brasil e porcentagem estimada da área por grupo genômico em 2001 <sup>1</sup>.

Cultivares	Região. Área e Porcentagem da área por variedade <sup>3</sup>										
	Norte (ha)	%	Nordeste (ha)	%	Centro-oeste (ha)	%	Sul (ha)	%	Sudeste (ha)	%	Total (%)
AAB (Prata, Prata Anã, Maçã, Mysore, Thap Maeo, Branca, Terra, D'Angola, Terrinha, Pacovan, Pacovaçu) <sup>2</sup>	108.995	96,00	160.473	95,00	27.698	70,00	8.340	18,00	99.469	70,00	69,80
AAAB (Pioneira, Fhia-01, Fhia-18, SH-3640 e Pacovan Ken) <sup>4</sup>	1.134	1,10	----	----	----	----	----	----	----	----	0,22
AAA (Nanica, Nanicão, Grande Nain e Caipira)	2.134	1,81	6.757	4,00	11.079	28,00	37.528	81,00	41.919	29,50	28,86
ABB (Figo Vermelho, Figo Cinza) <sup>5</sup>	1.134	1,10	1.689	1,00	791	2,00	463	1,00	710	0,50	1,12
<b>TOTAL</b>	<b>113.397</b>	<b>100</b>	<b>168.919</b>	<b>100</b>	<b>39.568</b>	<b>100</b>	<b>46.331</b>	<b>100</b>	<b>142.098</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Tabela elaborada com base em dados do IBGE – Produção Agrícola Municipal, consultado em 21/02/2003

<sup>2</sup> As cultivares Pacovan (Farta Velhaco) e Pacovaçu são cultivadas principalmente na Região Amazônica.

<sup>3</sup> As porcentagens de área colhida por grupo genômico foram estimadas, devido à falta de informações oficiais.

<sup>4</sup> As cultivares do grupo genômico AAAB são híbridos artificiais recém-obtidos nos programas de melhoramento genético da bananeira em execução pela Embrapa Mandioca e Fruticultura e Fundación Hondureña de Investigación Agrícola-FHIA. São resistentes à Sigatoka negra, daí a sua mais rápida utilização na Região Norte, onde o problema existe.

<sup>5</sup> As cultivares Figo Vermelho e Figo Cinza são conhecidos também pelas denominações de Pão, Sapo, Coruda, Murici, Três Quinas e Bluggoe.

Fonte: SILVA *et al.*, 2003.

A cultivar prata, triplóide do grupo AAB, é a mais produzida em Minas Gerais (CANÇADO JUNIOR *et al.*, 1999). Segundo Ortiz (1995), as bananas Nanica e Nanicão, cultivares triplóides do grupo AAA, são as mais cultivadas no Brasil e constituem a base da exportação. As variedades Nanicão e Grand-naine estão substituindo gradativamente a variedade Nanica por apresentarem maior resistência a doenças, maior produtividade agrícola e características organolépticas superiores.

### 2.1.3 Transformações na banana durante o amadurecimento

Durante o amadurecimento da banana ocorrem transformações na aparência, textura e composição química devido direta ou indiretamente a ação de enzimas.

A alteração mais perceptível em relação a maturação da banana, que ocorre na polpa, é a transformação do amido em açúcares. A banana verde possui alto teor de amido, em torno de 20%, que durante a maturação, pela ação enzimática da amilase, se converte em açúcares redutores como glicose e frutose na proporção de 8 a 10% da polpa, e sacarose de 10 a 12 %. A porcentagem de amido na banana madura é muito baixa, encontra-se em torno de 0,5 a 2% (MOTA *et al.*, 1997; MEDINA *et al.*, 1995).

A casca da banana possui pigmentos de clorofila, xantofila e caroteno. Na fruta verde a quantidade de clorofila é de 52 a 103 mg/kg, e esta vai sendo degradada por ação enzimática tornando o caroteno e a xantofila mais evidentes quando madura, resultando numa coloração amarela (MEDINA *et al.*, 1995).

A banana verde apresenta uma textura dura, pois cada uma das células apresenta uma rígida membrana composta basicamente de protopectina com numerosos grãos de amido no interior. Com a maturação a protopectina é transformada em pectina pela ação enzimática amolecendo as células da membrana, e ao mesmo tempo o amido é transformado em açúcares solúveis que se dispersam na matéria sólida do interior das células promovendo uma textura macia e saborosa na banana madura (MOTA *et al.*, 1995).

A umidade na polpa da banana verde é de 70%, que se eleva para 75% quando completamente madura, isso porque com a hidrólise do amido ocorre um aumento da pressão osmótica na polpa o que favorece a migração de água da casca para a polpa. A relação polpa/casca é conhecida como coeficiente de maturação e pode ser considerado para avaliar o índice de maturação da banana, pois o peso da polpa aumenta uma vez que ocorre absorção de água proveniente da casca. Na banana verde os valores variam de 1,3 a 1,4 e atinge valores acima de 2,0 nas bananas maduras (MEDINA *et al.*, 1995).

Os sólidos totais da banana apresentam uma pequena redução à medida que a fruta amadurece, o que atribui a uma absorção de água pela polpa. No entanto os sólidos solúveis aumentam com a maturação pela degradação do amido em açúcares solúveis atingindo um máximo de 27% ocorrendo uma pequena redução quando a fruta está muito madura com pintas pretas (MEDINA *et al.*, 1995).

A acidez orgânica é baixa quando a banana é verde, e esta vai aumentando no decorrer do processo de maturação até atingir o máximo, quando a casca está totalmente amarela, para depois decrescer. A acidez pode estar relacionada com o mecanismo de respiração da fruta. O pH da fruta verde varia de 5,0 a 5,6 e da banana madura de 4,2 a 4,7, mas dentro dessas faixas podem ocorrer variações nas diferentes cultivares de banana (MEDINA *et al.*, 1995).

Com relação ao rendimento em polpa, estudos feitos com banana madura – Nanicão, mostram variações dos percentuais em relação ao comprimento (Tabela 3). Observa-se que a porcentagem de polpa é maior em bananas mais compridas.

**Tabela 3** - Dados promológicos médios de bananas maduras – Nanicão, padrão 34 mm de diâmetro.

Partes da fruta	Comprimento (cm)						
	12	14	16	18	20	22	24
Casca (g)	20,80	27,10	34,10	36,00	37,90	48,07	53,00
Polpa (g)	43,90	55,20	83,90	95,50	104,10	145,73	164,00
Peso total (g)	64,70	93,30	118,00	131,50	142,00	193,80	217,00
Polpa (%)	67,85	70,95	71,14	72,62	73,30	75,20	75,60

Fonte: MOREIRA, 1987.

#### 2.1.4 Composição e classificação

A banana é descrita por alguns autores como uma fruta de alto valor nutricional (ROBERT, 1942; ALI *et al.*, 1984). Segundo estes, é um alimento altamente energético, possui cerca de 100 calorias por 100 g de polpa. Os hidratos de carbono, cerca de 24%, são facilmente assimiláveis. É parte integrante da alimentação da população brasileira e de atletas, tanto pelo alto valor nutritivo como pelo seu preço relativamente baixo. A Tabela 4 mostra a composição da banana madura sem casca, compilados por Medina *et al.* (1995).

**Tabela 4** - Composição da banana madura sem casca.

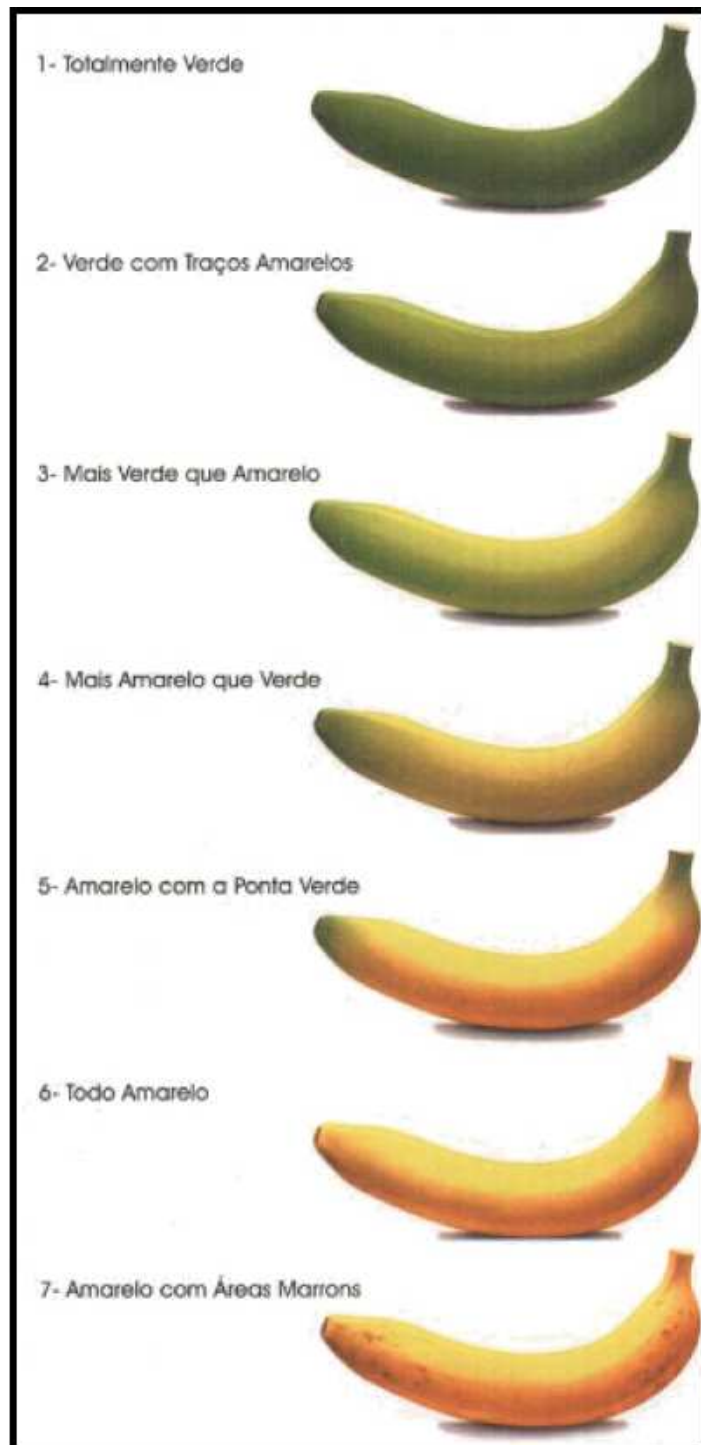
Nutriente	Teor em 100g	
Peso médio (g)	119	
Umidade	75,6	
Calorias	95 – 100 cal	
Proteínas	1,2	
Gordura	0,2	
Carboidratos	22	
Açúcares Totais	20,4	
	Glicose	4,6
	Frutose	3,6
	Sacarose	12,2
Amido	1,2	
Fibra	0,6	
Cinzas	0,8	
Cálcio	8 mg	
Magnésio	31 mg	
Fósforo	28 mg	
Ferro	0,6 mg	
Potássio	373 mg	
Sódio	42 mg	
Vitamina A	250 – 335 U.I.	
Tiamina (Vitamina B <sub>1</sub> )	42 – 54 µg	
Riboflavina (Vitamina B <sub>2</sub> )	88 µg	
Niacina (Vitamina PP)	0,6 mg	
Ac. Ascórbico (Vit. C)	10 – 11 mg	

Fonte: MEDINA *et al.*, 1995.

A classificação é utilizada para uniformizar a linguagem do mercado. Para bananas, a classificação é feita separando o produto por tamanho (comprimento e calibre), forma de apresentação e categoria.

O “Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros” (PBMPCEH) estabelece normas de qualidade, padronização e classificação dos produtos hortifrutícolas e entre eles se encontra a banana.

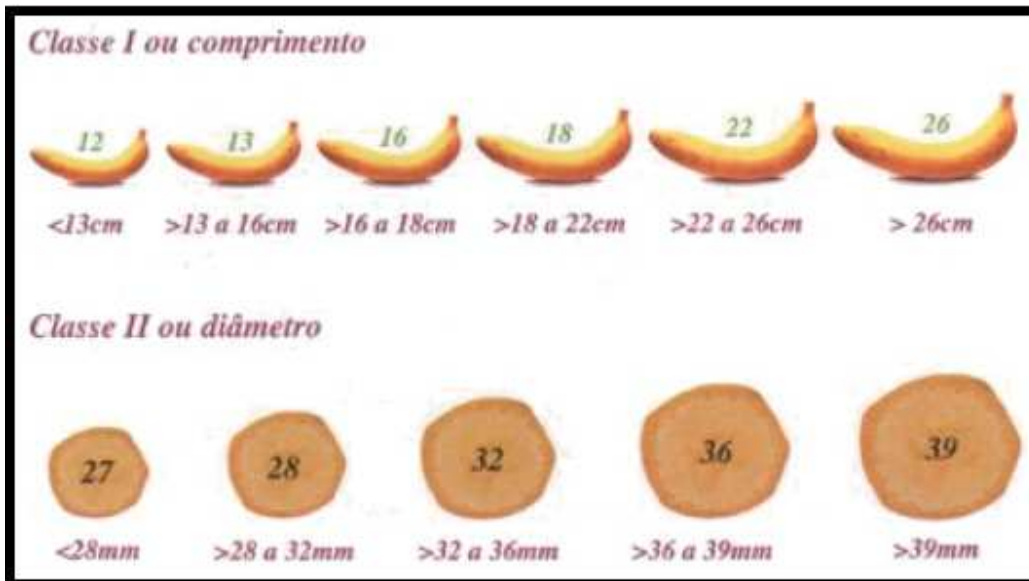
O PBMPCEH propõe a classificação da banana em grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria. O grupo compreende todas as variedades da espécie *Cavendish* (Nanica, Nanicão, Grande Nain e Caipira). O sub-grupo está relacionado com a coloração da casca como mostra a Figura 2. A classe subdivide o fruto em função do comprimento e do diâmetro (Figura 3). A sub-classe trata da forma de apresentação do fruto (Figura 4).



**Figura 2** - Coloração da casca da banana.

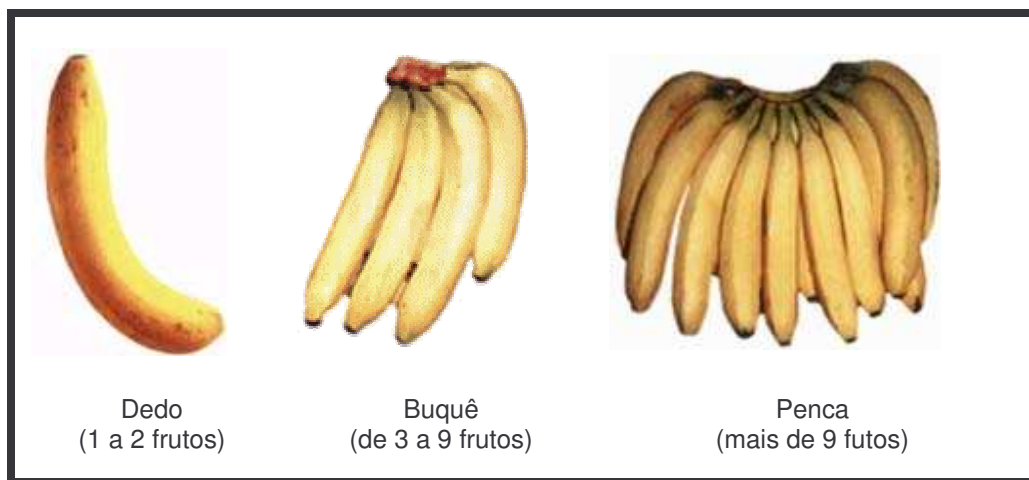
Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).





**Figura 3** - Classificação da banana em classe.

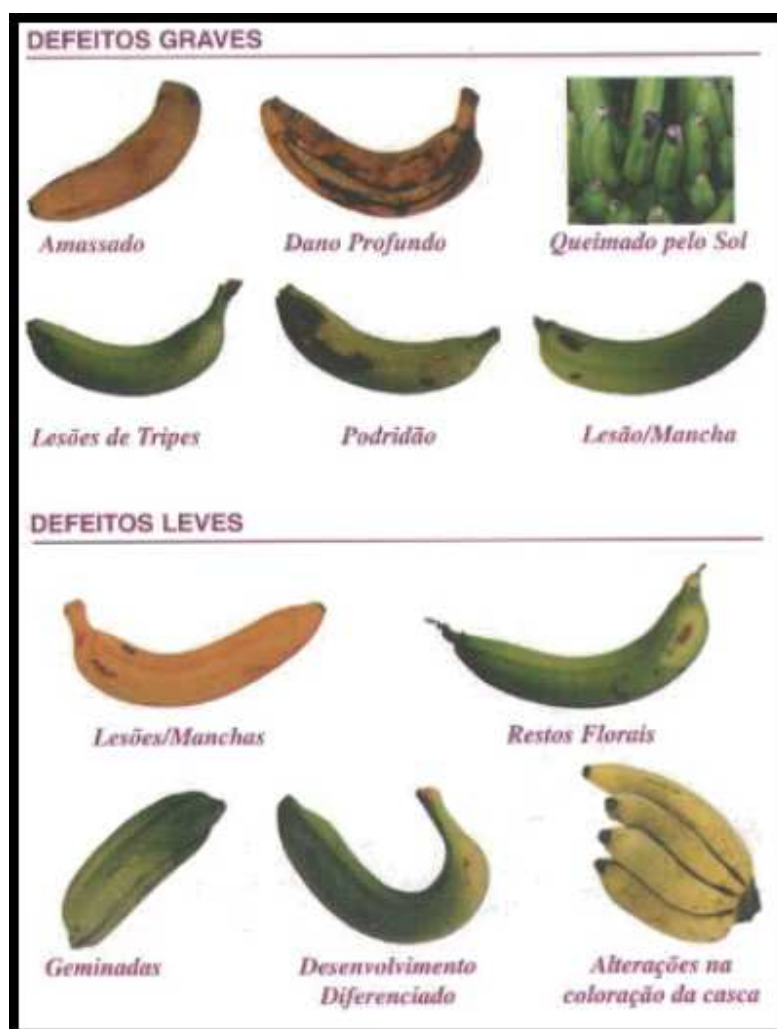
Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).



**Figura 4** - Classificação da banana em sub-classe.

Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).

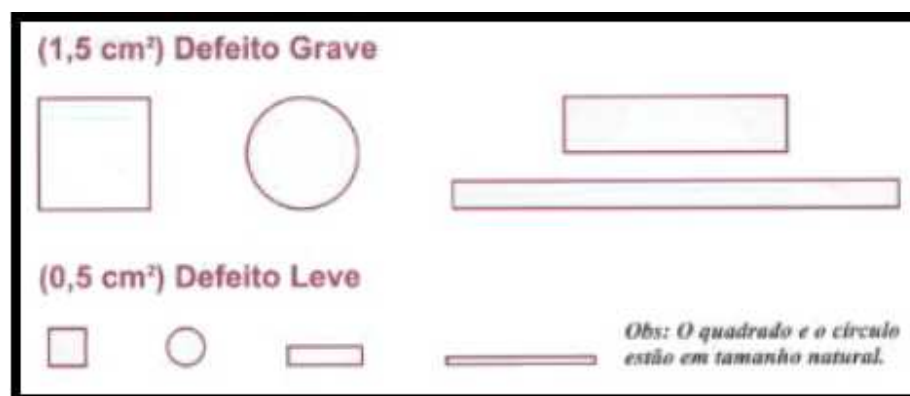
A classificação em categoria está relacionada com a qualidade. É medida pela quantidade de defeitos presentes no lote. Estes defeitos podem ser leves, graves e variáveis. Defeito leve deprecia o produto, mas não impede seu consumo, como as manchas e deformidades. Defeito grave impede o consumo, são as podridões e aquilo que pode levar rapidamente a elas, como os danos profundos. Defeitos variáveis são aqueles que, dependendo da extensão, podem ser grave ou leve. A Figura 5 estabelece a classificação dos defeitos graves e leves da banana.



**Figura 5** - Classificação de defeitos graves e leves na casca da banana.

Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).

O critério estabelecido pelo PBMPCEH para a identificação do defeito (lesões e manchas) em graves ou leves é de acordo com o tamanho (em cm<sup>2</sup>), como mostra a Figura 6.



**Figura 6** – Limites de lesões e manchas na casca da banana.

Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).

A Tabela 5 estabelece limites de tolerância de defeitos graves e leves para cada categoria de qualidade e permite a classificação em Extra, Categoria I, Categoria II e Categoria III.

**Tabela 5** – Classificação por categoria em função do percentual de defeitos.

Defeitos graves	Extra	Categoria I	Categoria II	Categoria III
Amassados	0%	1%	5%	20%
Dano profundo	0%	1%	5%	20%
Queimado de sol	0%	2%	5%	20%
Podridão **	0%	1%	2%	10%
Lesões severas de tripes	0%	5%	10%	20%
Lesão / mancha *	0%	5%	10%	20%
Imaturo	0%	1%	5%	10%
Total graves	0%	5%	10%	20%
Total leves	5%	10%	20%	100%
<b>Total geral</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>100%</b>

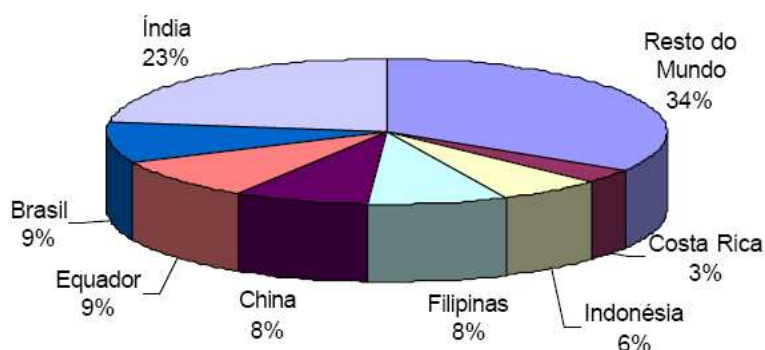
\* Conforme limites de lesões e manchas – Figura 6 \*\* Acima de 10% não poderá ser reclassificado.

Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).

### 2.1.5 Importância econômica da banana

Segundo as estatísticas da FAO, a produção mundial de banana em 2004 atingiu a cifra de 71.343.413 toneladas.

Nesse mesmo ano, um total de 130 países produziram banana, todavia, a produção, da mesma forma que as exportações e importações são muito concentradas. Como mostra a Figura 7 a Índia, o Brasil, a China e o Equador constituem os quatro maiores produtores e representam 49% da produção mundial (IBRAF, 2005).



**Figura 7** – Distribuição mundial da produção bananeira - média do período 2000/2004.

Fonte: IBRAF, 2005.

Dentro do Brasil, a banana é a segunda fruta mais cultivada. A maior produção continua sendo do estado de São Paulo, com participação de 16,4%, seguida pela Bahia com 13,0%, Santa Catarina 10,0%, Minas Gerais 8,4% e o estado do Pará com 8,1%. A maior área plantada está no estado da Bahia, seguida por São Paulo, Pará, Ceará e Minas Gerais. No aspecto produtividade média o destaque nacional é o estado do Rio Grande do Norte com a expressiva marca de 31,4 toneladas/ha, sendo 135% maior que a média do país. Na seqüência aparecem Santa Catarina com produtividade superior à média brasileira em 64% e São Paulo em 54,7% (IBRAF, 2005).

A Tabela 6 mostra a área destinada à colheita, produção e o rendimento médio nos dez estados com maior participação do país e o comparativo entre a safra 2004 e a estimativa para 2005 (IBRAF, 2005).

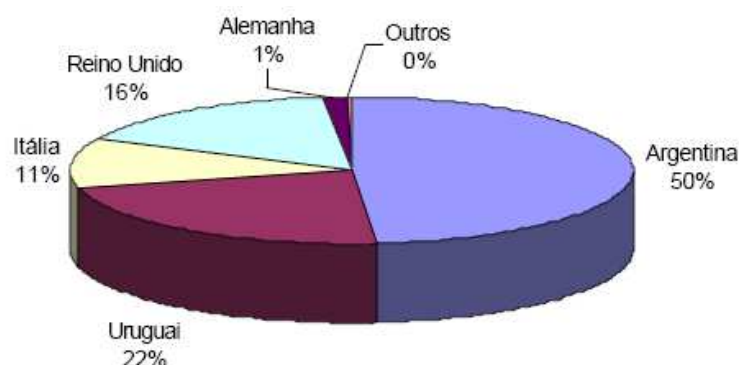
**Tabela 6** - Área destinada à colheita, produção e produtividade nos principais estados - 2004/2005.

Estado	Área Destinada a Colheita (ha)		Produção (t)		Produtividade (kg/ha)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
SP	48.820	52.700	1.060.520	1.090.500	21.723	20.693
BA	60.100	61.956	860.739	860.317	14.056	13.886
SC	30.069	30.375	655.680	667.352	21.806	21.070
MG	38.482	37.995	561.721	557.912	14.597	14.684
PA	42.234	42.234	540.312	540.312	12.793	12.793
CE	42.261	42.233	367.667	365.248	8.700	8.648
AM	32.268	32.268	354.433	354.433	10.984	10.984
PE	35.212	35.730	350.716	352.290	9.960	9.860
PB	16.542	16.542	284.896	284.896	17.233	17.233
RN	6.332	6.381	199.033	200.614	31.433	31.439
BR	490.229	495.573	6.606.834	6.627.496	13.477	13.373

Fonte: IBRAF, 2005.

O setor bananeiro ocupa lugar de destaque no cenário sócio-econômico brasileiro e contribui com uma grande porcentagem do valor da produção dos principais produtos agrícolas. É a fruta mais consumida no mundo, tanto pelas classes privilegiadas como pelas menos favorecidas, e o Brasil é o maior consumidor mundial de bananas.

Na atualidade as exportações brasileiras de banana se dirigem para o Mercosul, principalmente Argentina e Uruguai, que absorvem 71% das exportações. Recentemente com a interveniência de empresas multinacionais que atuam no setor, iniciaram-se as exportações para a União Européia principalmente para os mercados inglês, italiano e alemão como mostra a Figura 8 (IBRAF, 2005).



**Figura 8** - Principais mercados importadores de banana brasileira em 2004.  
Fonte: IBRAF, 2005.

Na Tabela 7, verifica-se que Santa Catarina é atualmente o maior exportador com 62,76% dos embarques destinados quase que exclusivamente à Argentina e Uruguai. Por sua vez, o Rio Grande do Norte com 29,16% das exportações destina suas exportações para o Reino Unido, Itália e Alemanha (IBRAF, 2005).

**Tabela 7** - Exportações brasileira de banana, por unidade da federação e destinos em 2004.

País/UF	Quantidades em toneladas							BR
	RN	SC	SP	PR	RS	MG	Outros	
Alemanha	2.542,48	0	0	0	0	0	0	2.542,48
Argentina	401,97	86.667,71	23,1	22	518,05	3.677,94	61,32	91.372,09
Itália	20.760,35	2,1	0	0	0	0	0	20.762,45
Reino Unido	30.580,58	17,5	0	0	0	0	33,41	30.631,49
Uruguai	154,87	31.326,48	8.939,74	0	0	0	1.871,45	42.292,54
Outros	396,91	36,84	2,12	30,00	0	0	19,74	485,62
Total	54.837,17	118.050,63	8.964,96	52	518,05	3.677,94	1.985,92	188.086,66
% do Brasil	29,16	62,76	4,77	0,03	0,28	1,96	1,06	100

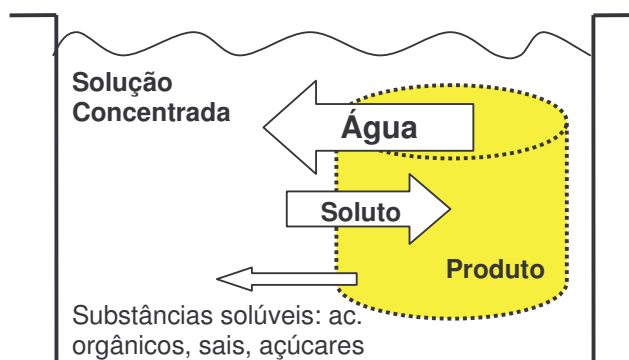
Fonte: IBRAF, 2005.

Um exame da Figura 8 e da Tabela 7 permite concluir que em 2004 a Argentina na América do Sul (91.372 t) e o Reino Unido (30.631 t) na União Européia, foram os maiores mercados importadores de banana do Brasil. Observa-se também que basicamente as exportações para a América do Sul são feitas pelos estados do Sul e Sudeste e as exportações para a Europa pelo Rio Grande do Norte.

## 2.2 Concentração osmótica

O processo de concentração osmótica consiste basicamente na remoção parcial de água dos alimentos por efeito da pressão osmótica. O processo se baseia na imersão do produto em uma solução hipertônica constituída de um ou mais solutos, durante um período de tempo e a uma determinada temperatura. (RAOULT-WACK *et al.*, 1989; LENART, 1996).

Na Figura 9, observa-se que o mecanismo da concentração osmótica apresenta dois fluxos simultâneos e opostos: saída de água do produto para a solução e uma migração de solutos da solução para o produto. Há ainda um terceiro fluxo envolvido o qual consiste na perda de alguns sólidos naturais do alimento como açúcares, minerais, entre outros nutrientes que, embora seja insignificante proporcionalmente aos dois fluxos principais, pode ser importante para a qualidade sensorial e nutricional do produto (RAOULT-WACK *et al.*, 1994, TORREGIANI, 1993).



**Figura 9** - Fluxo do mecanismo de concentração osmótica.

A força motriz para a saída de água consiste na diferença de pressão osmótica entre o produto e a solução osmótica, e no caso da entrada de solutos, a força motriz é a diferença de concentração entre eles (RASTOGI e RAGHAVARAO, 2004).

As características iniciais do tecido vegetal como o grau de maturação, o conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis, os espaços intercelulares, a presença de gás, a proporção de substâncias pécnicas e a atividade enzimática estão diretamente relacionadas com as taxas de perda de água e ganho de sólidos, ou seja, com a cinética do processo de concentração osmótica (TORREGIANI, 1993).

As membranas celulares de frutas e hortaliças são unidades biológicas vivas que sofrem alterações na sua conformação dependendo da pressão gerada no seu interior. São classificadas como diferencialmente permeáveis, uma vez que permitem uma passagem mais livre de moléculas do solvente para fora da célula, e a uma menor taxa a passagem de moléculas do soluto para o seu interior. Em uma situação ideal de semi-permeabilidade das membranas ocorreria apenas a saída de água das células, e a não incorporação de solutos da solução osmótica (TORREGIANI, 1993; BOLIN *et al.*, 1983; RAOULT *et al.*, 1989).



A taxa de osmose diminui com o transcorrer do processo. A transferência de massa é sempre mais acentuada nas primeiras duas horas onde ocorre alta taxa de remoção de água e a partir daí a taxa diminui consideravelmente, até o momento da remoção de água cessar totalmente. O ganho de sólidos encontra-se por volta dos primeiros 30 minutos (GIANGIACOMO *et al.*, 1987; RAOULT *et al.*, 1989; TORREGIANI, 1993).

O processo geralmente é levado até se obter uma redução de 30-50% no peso do produto, não sendo geralmente conveniente prolongar-se a concentração osmótica além dessa faixa (PONTING *et al.*, 1966; PONTING, 1973).

Segundo Lenart (1996), o processo de concentração osmótica deve ser realizado no menor tempo possível a fim de otimizar a perda de água com menor ganho de sólidos. A tendência da utilização da concentração osmótica como tratamento preliminar está mais voltada à melhoria da qualidade do produto final.

A eficiência do processo pode ser quantificada através dos valores obtidos da perda de água e ganho de sólidos (PANAGIOTOU, 1998).

Durante a transferência de massa ocorrem mudanças nas propriedades macroscópicas dos produtos em níveis determinados pelas condições do processo e características do produto. Estas mudanças estão diretamente relacionadas à cor, aparência e textura (TALENS *et al.*, 2001).

A concentração osmótica caracteriza-se por permitir, através da seletiva incorporação de solutos, mudar a composição físico-química do alimento. Isto é possível porque através do tratamento pode-se incorporar ingredientes ou aditivos com propriedades antioxidantes ou com outras propriedades de preservação, adicionar solutos com interesse nutricional ou sensorial, prover a consistência adequada ao produto e com a redução do conteúdo de água ajustar a composição do alimento. Pode ser utilizada como uma importante ferramenta no desenvolvimento de novos produtos, preparar frutas com propriedades funcionais e agregar valor as frutas através de um pré-processamento (TORREGIANI e BERTOLO, 2001).

Além do incremento positivo sobre qualidade do produto final, como por exemplo, o efeito de formulação direta ajustando a relação açúcar/ácido, preservação da textura, vários autores também mencionam outra vantagem de grande importância no processo industrial: a possível economia de energia que está relacionada com a remoção de água sem mudança de estado físico. Por serem processados em meio líquido os coeficientes de transferência de calor e de massa são mais altos, além disso, após o tratamento, com a redução de água no produto, há uma redução no consumo de energia para secagem final (TORREGGIANI, 1993; RAOULT-WACK *et al.*, 1994; LENART, 1996; PONTING *et al.*, 1966, LERICI *et al.*, 1985; GIANGIACOMO *et al.*, 1987; BOLIN & HUXSOLL, 1993).

O processo de concentração osmótica é aplicado como um pré-tratamento e não resulta em produto estável, sendo necessário tratamento complementar como secagem, liofilização, pasteurização, congelamento e adição de conservadores (RAOULT-WACK *et al.*, 1994).

Baseado no que se pretende obter nas características do produto final é que se define os parâmetros do processo como por exemplo a escolha da solução osmótica (LAZARIDES, 2001, RASTOGI *et al.*, 2002).

No processo de concentração osmótica diversos parâmetros influenciam na transferência de massa, entre eles pode-se citar: o tipo de agente desidratante, a concentração da solução osmótica, a temperatura do processo, o tempo de contato do alimento com a solução, agitação, tamanho e geometria da amostra e a proporção amostra:solução osmótica (RASTOGI *et al.*, 2002).

## **2.2.1 Variáveis do processo**

### **2.2.1.1 Agente osmótico**

A escolha do agente osmótico é uma questão complexa. Segundo Lenart (1996), as mudanças proporcionadas nas características sensoriais do produto final e o custo são os indicadores básicos para avaliar a possível utilização de uma determinada substância osmótica. A solução osmótica deve apresentar baixa atividade de água, conferir sabor agradável e os solutos não devem alterar a qualidade do produto.

Os principais agentes osmóticos utilizados para frutas são: sacarose, frutose, glicose, xarope de milho e para legumes normalmente utiliza-se o cloreto de sódio (LENART, 1996).

No Brasil, a ampla disponibilidade de açúcar-de-cana, apresenta-se como uma alternativa promissora a concentração osmótica (FALCONE & SUAZO, 1988). A viabilidade do processo depende primordialmente da disponibilidade de açúcar a preço acessível e da possibilidade de reutilizar as soluções residuais. Normalmente as soluções de sacarose são filtradas, reconcentradas e reutilizadas por até cinco vezes (BOLIN et al., 1983).

O tipo de soluto influencia a cinética do processo de concentração osmótica. Tratamentos em que o objetivo principal consiste em concentrar o produto, ou seja, mais voltado para remoção de água é recomendado o uso de solutos com alto peso molecular como a sacarose. Quando se deseja grande incorporação de solutos no produto é recomendado o uso de solutos com baixo peso molecular como a frutose e a glicose e por fim quando o objetivo é o balanço entre a saída de água e incorporação de sólidos deve-se estudar a viabilidade do uso de um soluto que resulte neste equilíbrio (ISLAM & FLINK, 1982; LERICI et al., 1985; HENG et al., 1990; TORREGGIANI, 1993).

A sacarose tem sido a mais utilizada por apresentar baixa taxa de incorporação, ter sabor compatível com as frutas, disponibilidade no mercado (FALCONE & SUAZO, 1988), ser eficiente e possuir aroma desejável (PONTING et al., 1966; LENART, 1996), inibir a ação da polifenoloxidase inibindo o escurecimento enzimático (VIDEV et al., 1990). Além da sacarose são comumente utilizadas misturas com a glicose e/ou frutose, onde estes últimos participam geralmente com menor proporção (LERICI et al., 1985).

Para concentração osmótica de vegetais o cloreto de sódio é considerado muito bom, mas seu uso é limitado uma vez que pode conferir um gosto muito salgado ao alimento. Por esse motivo não é utilizado para frutas (LENART, 1996).

### **2.2.1.2 Concentração da solução osmótica**

A concentração da solução osmótica influencia diretamente a transferência de massa. Quanto maior a concentração da solução, maior é o gradiente de pressão osmótica entre a solução e o produto e conseqüentemente maior será a perda de peso da fruta pela saída de água (PONTING *et al.*, 1966; HAWKES & FLINK, 1978; RAHMAN & LAMB, 1990; CONTRERAS & SMYRL, 1991; RAOULT-WACK *et al.*, 1992).

Raoult-Wack *et al.* (1994) e Lenart (1996), descrevem o efeito dos diferentes gradientes de concentração entre a solução osmótica e o produto, constatando que em soluções com concentração inicial inferior a 40% predomina a incorporação de solutos nos produtos, e que uma concentração superior a 40%, há uma maior taxa de saída de água, ou seja, ocorre a concentração propriamente dita. Moy *et al.* (1978) descreve efeito semelhante, porém com uma diferença no gradiente de concentração de 20%.

### **2.2.1.3 Temperatura**

A temperatura afeta diretamente a cinética da concentração osmótica. O efeito é direto sobre a cinética do processo, uma vez que temperaturas mais altas contribuem para a redução da viscosidade da solução aumentando o coeficiente de difusão de água (LENART & LEWICKI, 1990).

Segundo Torreggiani (1993) a perda de compostos voláteis e outras reações são reduzidas de forma acentuada quando o processo é realizado em temperaturas inferiores a 45°C. Segundo Lenart (1996), a elevação na temperatura contribui para a redução da viscosidade da solução osmótica o que conduz a uma maior taxa de

osmose pelo aumento no coeficiente de difusão da água. Temperatura alta entre 49 – 50° C pode dar início a ocorrência de escurecimento enzimático e, em alguns produtos, a alteração do sabor (PONTING *et al.*, 1966; VIDEV *et al.*, 1990).

Em um estudo feito com tratamento osmótico a temperatura ambiente os autores observaram que esta apresenta algumas vantagens em relação ao tratamento a quente pois reduz danos à estrutura da fruta resultando em uma qualidade organoléptica superior e também reduz a impregnação de açúcar polimerizado na estrutura da fruta. Como desvantagens apontam a necessidade de maior quantidade de açúcar e aumento no risco de contaminação microbiana (LEVI *et al.*, 1983).

Em um estudo realizado com concentração osmótica de kiwi, foi observado que a uma temperatura de 40°C e alta concentração da solução osmótica a taxa de transferência de água foi alta. Modificações indesejáveis na cor e no conteúdo de ácido ascórbico foram observadas em tratamentos com temperaturas superiores a 50°C (VIAL *et al.*, 1991).

O aumento na temperatura e concentração da solução contribuem para um incremento na perda de água, no entanto estas variáveis não interferem significativamente no ganho de sólidos. (VIAL *et al.*, 1991; PANAGIOTOU *et al.*, 1998).

#### **2.2.1.4 Tempo de processo**

O tempo do processo osmótico está diretamente relacionado com a redução em peso do produto (GARROTE & BERTONE, 1992; CONTRERAS & SMYRL, 1991). A perda de água é sempre mais acentuada nas primeiras duas horas. Decorrido esse período a transferência de massa torna-se progressivamente menor chegando a cessar a perda de água, enquanto que o ganho de solutos cresce regularmente e dessa forma o produto tende a aumentar de peso com elevado conteúdo de solutos provenientes da solução (RAOULT-WACK *et al.*, 1994).

O tempo de processo está relacionado com a temperatura da solução osmótica, ou seja, temperatura mais elevada reduz o tempo necessário no processo e por

conseqüência diminui a difusão do soluto e o teor de doçura do produto (RAOULT-WACK *et al.*, 1994).

Em estudo realizado com maçã, foi observado alta taxa de perda de água até a primeira hora do processo e uma diminuição drástica em tempos superiores. Isso foi explicado pelos autores como conseqüência da formação de uma barreira de açúcar na superfície do produto dificultando a transferência de massa (LAZARIDES *et al.*, 1995). Alterações mais significativas na perda de água e ganho de sólidos aconteceram nos primeiros 30 minutos de processo de concentração osmótica em um estudo realizado com maçã, abóbora e cenoura utilizando solução de sacarose a 61,5° Brix a uma temperatura de 30° C. O ganho de sólidos foi mais elevado nos primeiros 15 minutos de processo para abóbora e cenoura e 30 minutos para maçã (KOWALSKA & LENART, 2001).

Conforme Uddin *et al.* (2004), ocorre rápida perda de água do produto para a solução osmótica no estágio inicial do processo e essa taxa reduz gradativamente até um valor de equilíbrio. Os autores concluíram que o tempo constitui-se em uma das variáveis mais influentes no processo.

#### **2.2.1.5 Agitação**

A taxa de concentração osmótica aumenta proporcionalmente ao aumento da agitação, e esta contribui para a redução dos efeitos de resistência externa a transferência de massa (RASTOGI *et al.*, 2002). A eficiência do processo de concentração osmótica é influenciada pela circulação do agente osmótico, pois o que favorece a remoção de água é a diferença de concentração. Com a agitação evita-se a formação de uma área diluída de solução osmótica na superfície externa da fruta. Esta diluição é devida à saída de água do interior do produto para a solução o que torna mais lenta a taxa de transferência (RAOULT-WACK *et al.*, 1992; LAZARIDES & MAVROUDIS, 1995).

Ao implementar um sistema de agitação deve-se levar em conta dois fatores importantes: evitar danos físicos causados ao produto e os custos relacionados com equipamento e energia (PONTING *et al.*, 1966; RASTOGI *et al.*, 2002).

Na medida em que aumenta a concentração da solução osmótica também é maior o efeito da agitação sobre a difusividade visto que estas possuem uma maior viscosidade (HAWKES & FLINK, 1978).

#### **2.2.1.6 Tamanho do material**

Giangiacomo *et al.* (1987), mencionam que a influência do tamanho do material sobre o rendimento do processo se deve a relação entre área de contato e volume. A taxa de saída de água será maior, quanto maior a área de superfície, sem aumentar significativamente o ganho de sólidos. É possível perfurar o material com agulhas de aço inoxidável para aumentar a superfície de contato.

O aumento do rendimento do processo de concentração osmótica baseado na redução do tamanho do material é limitado até certo ponto uma vez que, se reduzir muito o tamanho dos pedaços aumenta a intensidade de incorporação de sólidos (ISLAM & FLINK, 1982).

### **2.3 Secagem**

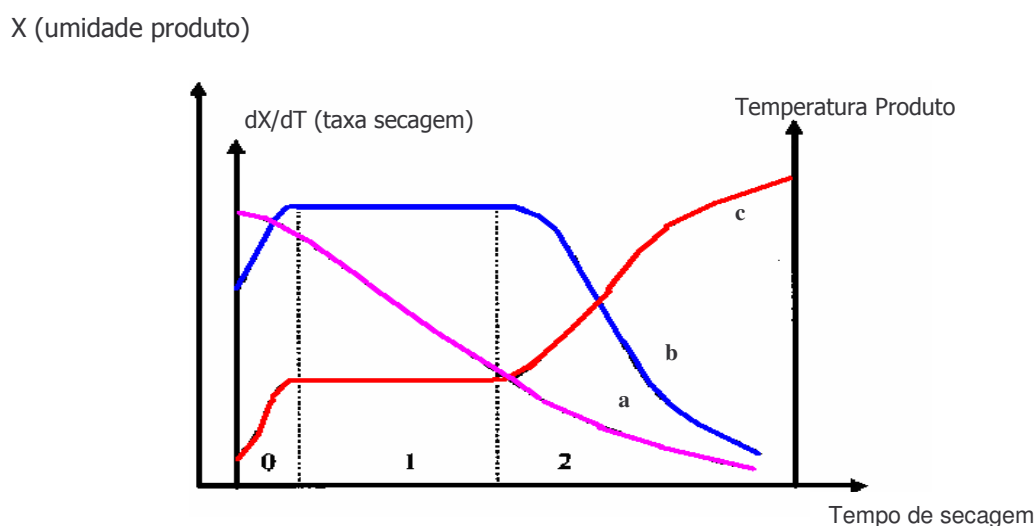
A secagem de alimentos é uma das operações que o homem conhece desde antiguidade. Provavelmente este método passou a ser usado a partir do momento que observou-se feijões, cereais, quando secos naturalmente poderiam ser armazenados por mais tempo. Ao imitar essa forma natural o homem desenvolveu a secagem como um modo prático de conservar outros produtos como frutas, carnes e condimentos (GIOIELLI, 1998).

A secagem convencional consiste na aplicação artificial de calor em materiais para remoção de água por meio de evaporação. A circulação de ar aquecido é a mais utilizada e a convecção é o principal mecanismo envolvido (TRAVAGLINI et al., 1993).

A secagem é um processo de remoção de água de um produto por meio de evaporação da água presente no mesmo pelo fornecimento de calor. Existem várias possibilidades de secagem, dependendo do meio utilizado: secagem a ar quente, a ar desumidificado, secagem por liofilização, por microondas e por contato direto.

Segundo Okada *et al.*, (1987) existem quatro variáveis na operação de secagem: fluxo de ar, temperatura, umidade do ar e umidade do material a ser seco.

Na secagem a ar quente, ocorre uma transferência de calor do ar para o produto sob efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar em forma de vapor de água. Assim a umidade do produto (X), sua temperatura, e a taxa de secagem ( $dX/dt$ ) podem ser representados em função do tempo de secagem e geralmente caracterizam três períodos de secagem, como mostra a Figura 10 (PARK *et al.*, 1999).



**Figura 10** - Curvas típicas de secagem de um produto úmido

Fonte: PARK *et al.*, 1999.



A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem. A curva (b) representa a taxa de secagem do produto e a curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem.

Período 0 - Indução ou entrada no regime operacional. Geralmente no início, o produto é mais frio que o ar, e a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é baixa por isso ocorre uma baixa transferência de massa e velocidade de secagem. Esse período não é muito representativo no tempo total de secagem.

Período 1 - Velocidade constante de secagem. Neste período o produto apresenta uma grande quantidade de água disponível e esta se evapora facilmente como água livre. Esse período continua, enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto seja suficiente para acompanhar a perda por evaporação de água na superfície.

Período 2 - Velocidade decrescente de secagem. A partir do momento que a água na superfície do produto começa a ficar escassa, a velocidade de secagem diminui. Durante esse período, a troca de calor não é mais compensada, a temperatura do produto aumenta e tende a atingir a temperatura do ar, nesse período o fator limitante é a migração interna de água. No final desse período, o produto estará em equilíbrio com o ar e a velocidade de secagem é praticamente nula (PARK *et al.*, 1999).

Alimentos secos de forma convencional podem ser armazenados e transportados a um custo relativamente baixo. Entretanto os métodos de secagem utilizados podem afetar desfavoravelmente as propriedades sensoriais e o valor nutritivo. Dessa forma, os tratamentos prévios aplicados à matéria-prima são extremamente importantes para a manutenção das características originais (TORREGGIANI, 1993; RAOULT-WACK *et al.*, 1994).

A utilização da concentração osmótica como tratamento preliminar está voltada à melhoria da qualidade geral da fruta seca e a uma técnica para a remoção da água. A textura é um dos parâmetros mais favorecidos, uma vez que o tratamento confere efeito protetor à estrutura do produto (LENART, 1996).

Em trabalho realizado com maçãs foi relatado uma textura macia, sabor característico e coloração normal quando comparado com a fruta seca sem o pré-tratamento (QUINTERO-RAMOS *et al.*, 1993).

Torreggiani *et al.* (2001) mencionam que, comparativamente a secagem por convecção, a combinação do tratamento prévio com a secagem pode resultar em produtos com maior maciez a baixos valores de atividade de água.

Fatias de banana com 10mm foram submetidas a tratamento osmótico durante 6 horas em soluções de sacarose nas concentrações de 35, 50 e 65°Brix e secas com circulação forçada de ar aquecido a 60°C. Avaliaram-se os produtos finais quanto à textura e cor em comparação com a secagem de fatias *in natura*. O pré-tratamento proporcionou agradável maciez e coloração amarelo-laranja, enquanto que as amostras *in natura* apresentaram excessiva dureza e acentuado escurecimento (SANKAT *et al.*, 1996).

## **2.4 Banana passa convencional**

No que se refere a banana passa, existem poucos dados disponíveis sobre o mercado. Apesar das grandes vantagens que o processo de desidratação oferece, esta atividade ainda permanece pouco explorada pela agroindústria. No caso de banana desidratada ou passa, embora haja potencial para sua expansão gradual, o mercado interno tem se mantido quase inalterado nos últimos anos (em torno de 500 t/ano), enquanto o mercado de exportação permanece praticamente inexplorado pelo Brasil (IBRAF, 2005).

Dentre os principais fatores que têm dificultado a expansão do mercado interno pode-se citar a falta de hábito de consumo, mercado indefinido quanto às exigências do consumidor, falta de uniformidade e padrão de qualidade para os produtos hoje comercializados e, finalmente, uma tímida diversificação do produto visando sua utilização industrial, como ingrediente, na fabricação de outros produtos alimentícios (IBRAF, 2005).

Existe demanda de banana desidratada por parte das indústrias de confeitos e chocolates. Estas, na fabricação de derivados de banana, são obrigadas pela legislação agroalimentar brasileira a colocar o equivalente a 5% em frutas frescas (IBRAF, 2005).

O tamanho do mercado de importação de frutas desidratadas na Europa é estimado em 11.500 toneladas/ano dos quais 4.700 toneladas seriam de banana. Já nos EUA a demanda para esses produtos está estimada em 5.000 toneladas/ano, das quais 3.500 toneladas correspondem a produtos de banana (IBRAF, 2005).

A banana passa é encontrada como frutas inteiras (dedos), pedaços e rodela. O maior supridor é o Equador, seguindo-se as Filipinas e Tailândia (IBRAF, 2005).

No Brasil a banana desidratada já é ofertada pelas redes de varejo e está sendo comercializada ao consumidor entre R\$ 10,00 a 15,00/kg. Normalmente os produtos são apresentados em pacotes de 200g.

Segundo Shigueta (2003), o custo de produção da banana passa convencional é de R\$ 3,19/Kg e o preço de venda está em torno de 6,00/kg para embalagens de 200g que corresponde a 30% das vendas e de R\$ 4,00/kg para embalagens com 10kg que corresponde a 70% das vendas.

Segundo o Agrianual (2006), nos últimos cinco anos, o preço médio para o produtor pela venda da banana *in natura* foi de R\$ 300,00 ton., ou seja, R\$ 0,30/kg e o custo de produção de R\$ 0,21/kg, o lucro está em torno de R\$ 0,087/kg.

Pode-se observar que o processamento agroindustrial agrega valor ao produto agrícola, no caso da banana é possível obter um lucro de R\$ 1,41/kg de banana passa, ou seja, cerca de 15 vezes mais por kg de banana vendida.

O processo tradicional para obtenção de banana passa consiste em: recepção da matéria-prima, maturação, lavagem, seleção e despencamento, sulfuração em câmaras, secagem até atingir o ponto de passa com 21 a 25 % de umidade, condicionamento, pesagem, aplicação de anti-fúngico, embalagem e estocagem. (CHAUCA, 2000; CAMARGO, 2003; STRINGHETA, 2003).

O produto final apresenta características organolépticas bem diferentes da banana *in natura*, como por exemplo, cor amarronzada, textura firme e sabor caramelizado.

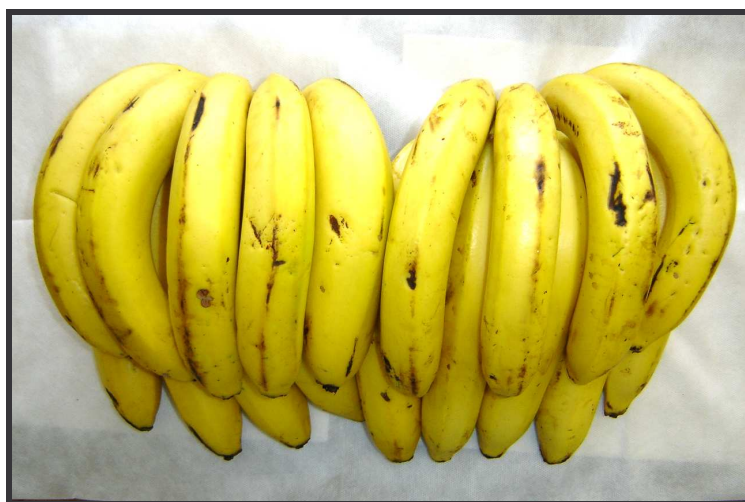
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Matéria-prima

Como matéria-prima, foram utilizadas bananas da variedade Nanica (*Musa cavendishi*), adquiridas no mercado local e selecionadas de acordo com a observação visual da cor da casca – totalmente amarela (grau 6) conforme Figura 2 de coloração da banana proposto pelo Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortifrutigranjeiros (PBMPCEH). A partir dessa coloração de casca o teor de sólidos solúveis (° Brix) variou entre 21,4 a 23,4°.

As amostras utilizadas nos experimentos apresentavam aparência conforme a Figura 11.



**Figura 11** - Coloração da casca das bananas utilizadas nos experimentos.

### **3.1.2 Solução osmótica**

Como agente de concentração, foram utilizadas soluções preparadas com açúcar invertido (Gludex 201 – Dulcini), ácido ascórbico (marca Nuclear, lote 030508863) na concentração de 0,38% e ácido cítrico (marca: Tate & Lyle, lote: WA4JA33B1) variando a concentração de 2 a 3% conforme planejamento experimental, numa concentração total de sólidos solúveis de 77% expressos em °Brix.

### **3.1.3 Equipamentos**

- pHmetro (Micronal, modelo B 374);
- Refratômetro (Leica, modelo: AR-200, faixa de leitura 0–90%);
- Reômetro digital ( Brookfield, modelo DV-III);
- Estufa a vácuo (Tecnal, modelo TE-395);
- Banho termostático (Büchi, modelo B-480 Waterbath);
- Balança analítica (Sartorius, modelo: BL-2105);
- Balança semi-analítica (Marte);
- Mini-multiprocessador (Mallory);
- Termômetro;
- Paquímetro (Mitutoyo).
- Estufa com circulação de ar (Tecnal, modelo TE-394/2).

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Preparo da amostra

As bananas foram sanitizadas com uma solução clorada de 100ppm de cloro livre por 15 minutos. Em seguida, enxaguadas em água corrente clorada, descascadas, cortadas em fatias com um cortador em aço inox de dupla lâmina desenvolvido para este fim, o qual possuía regulagem da distância entre as lâminas a fim de manter constante a espessura conforme o planejamento experimental e por fim cortadas em círculos de 25 mm de diâmetro com um molde vazado, como mostram as Figuras 12 e 13.



**Figura 12** - Cilindros de banana utilizados nos experimentos – visão superior.



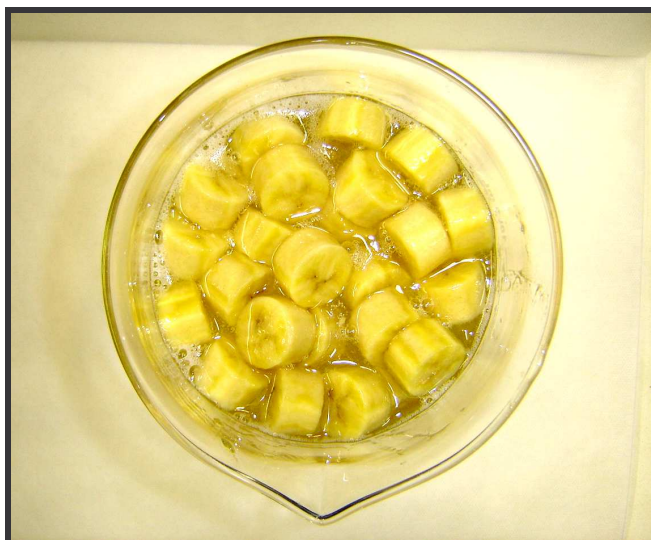
**Figura 13** - Cilindros de banana utilizados nos experimentos – visão lateral.

### 3.2.2 Preparo das soluções

As soluções osmóticas foram preparadas realizando um pré-aquecimento do açúcar invertido no microondas até a temperatura de 40°C. Depois acrescentaram-se os ácidos (cítrico e ascórbico) previamente pesados misturando-se até a completa homogeneização. O peso final foi acertado com açúcar invertido, e a temperatura da mistura ajustada para 47°C.

### 3.2.3 Concentração osmótica

O processo de concentração osmótica foi realizado em um béquer de vidro com capacidade para 2.000 mL, à pressão atmosférica. Colocaram-se as fatias de banana até atingir o peso de 200g e depois acrescentou-se a solução osmótica previamente aquecida até atingir o peso de 2000g. A temperatura inicial da solução osmótica de 47°C era suficiente para que quando entrasse em contato com as fatias de banana e béquer frios, esta caísse para 45°C que foi a temperatura estipulada para o processo (Figura 14).



**Figura 14** - Bananas imersas na solução osmótica.



O conjunto foi colocado dentro de um banho termostático a temperatura de 45°C (Figura 15). Para agitação foi utilizada uma escumadeira com tela de alumínio adaptada ao formato do béquer, de forma que todas as fatias de banana ficassem imersas na solução osmótica. O movimento de agitação era realizado quatro vezes a cada dois minutos no sentido vertical (Figura 16).

A relação banana:solução utilizada foi de 1:10 (p/p). A temperatura foi controlada utilizando termômetro de mercúrio mergulhado na região central da solução.



**Figura 15** - Equipamento utilizado para os experimentos.



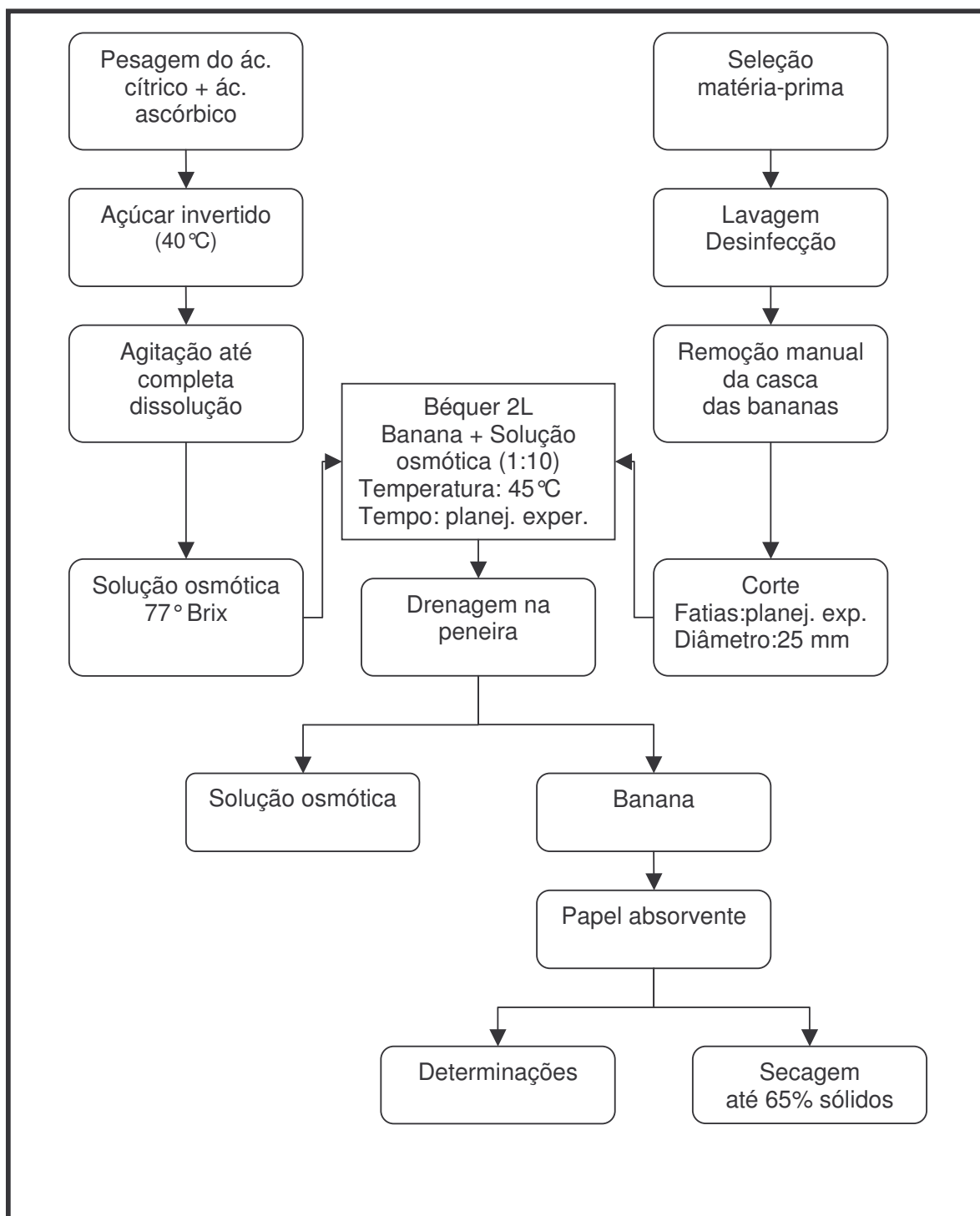
**Figura 16** - Bananas imersas na solução osmótica com o sistema de agitação.

Após de decorrido o tempo determinado no planejamento experimental as bananas foram vertidas sobre uma peneira de nylon e mantidas por uma hora para drenagem da solução osmótica. Depois foram colocadas sobre papel absorvente para retirar o excesso de solução.

As amostras foram pesadas, trituradas e utilizadas para as determinações físicas e químicas.

Após os tratamentos, foram escolhidos quatro experimentos (4, 9, 10 e 16 do planejamento experimental – Tabela 9). O critério de escolha foi baseado na resposta ratio (Tabela 13). Determinadas essas condições, as bananas foram submetidas a novos ensaios de concentração osmótica e secagem em estufa com circulação de ar quente (temperatura 60°C) até atingir 65% de sólidos, para a realização da análise sensorial com o objetivo de verificar o ratio do produto mais aceito pelo consumidor.

Conforme descrito, o fluxograma do processamento está demonstrado na Figura 17.



**Figura 17** - Fluxograma do processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa.

### 3.2.4 Planejamento experimental

Foram realizados 17 ensaios experimentais, de acordo com um planejamento fatorial  $2^3$  completo, com 8 pontos fatoriais ( $\pm 1$ ), 6 pontos axiais ( $\pm \alpha$ ) onde  $\alpha = 1,68$  e 3 pontos centrais (nível 0).

Este planejamento teve como objetivo avaliar o efeito das variáveis independentes (tempo, concentração de ácido cítrico e espessura das fatias), sobre as respostas (variáveis dependentes): perda de peso, perda de água, incorporação de sólidos, ratio, variação de sólidos solúveis e variação de sólidos totais.

A Tabela 8 apresenta os valores das variáveis independentes codificadas e a Tabela 9 mostra os ensaios realizados do planejamento experimental.

**Tabela 8** - Variáveis independentes codificadas.

<b>Variáveis</b>	<b>- <math>\alpha</math></b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+ <math>\alpha</math></b>
Tempo (minutos)	20	28	40	52	60
Ácido cítrico (%)	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0
Espessura ( mm)	8	11	15	19	22

**Tabela 9** - Planejamento experimental da concentração osmótica.

Ensaio	Nível codificado			Nível real		
	Tempo	Ácido	Espessura	Tempo	Ácido	Espessura
1	-1	-1	-1	28	2,2	11
2	+1	-1	-1	52	2,2	11
3	-1	+1	-1	28	2,8	11
4	+1	+1	-1	52	2,8	11
5	-1	-1	+1	28	2,2	19
6	+1	-1	+1	52	2,2	19
7	-1	+1	+1	28	2,8	19
8	+1	+1	+1	52	2,8	19
9	- $\alpha$	0	0	20	2,5	15
10	+ $\alpha$	0	0	60	2,5	15
11	0	- $\alpha$	0	40	2,0	15
12	0	+ $\alpha$	0	40	3,0	15
13	0	0	- $\alpha$	40	2,5	8
14	0	0	+ $\alpha$	40	2,5	22
15	0	0	0	40	2,5	15
16	0	0	0	40	2,5	15
17	0	0	0	40	2,5	15

### **3.2.5 Caracterização da matéria-prima**

As amostras de banana foram caracterizadas em relação a: acidez total titulável, brix, pH, sólidos totais, fibras, densidade, ratio, peso, comprimento e diâmetro. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

#### **3.2.5.1 Acidez total titulável**

O método utilizado para a determinação da acidez total titulável foi através do pHmetro digital. O procedimento utilizado foi o seguinte: pesou-se 10g da amostra em um béquer com capacidade para 250 mL e adicionou-se 90 mL de água destilada. Titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1N até o pH atingir 8,4 utilizando um agitador magnético. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

#### **3.2.5.2 Brix**

Foi determinado por leitura direta utilizando um refratômetro digital, com correção da temperatura. Na banana após o tratamento em decorrência da dificuldade de obter a amostra para leitura, foi realizado a diluição da banana com água destilada na proporção de 1:1 (p/p), e o resultado multiplicado por dois.

#### **3.2.5.3 pH**

Foi determinado utilizando um pHmetro digital. O método foi baseado na determinação hidrogeniônica e o resultado expresso em unidade de pH.

#### **3.2.5.4 Sólidos Totais**

Conforme recomendado pela A.O.A.C. (1995), método 9245, adaptado com secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido a 40°C por 12 horas e posterior transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas com pesagens

consecutivas a cada 1 hora até atingir peso constante. Foram adicionados 5g de areia tratada e seca em cada amostra para aumentar a superfície de exposição.

#### **3.2.5.5 Fibra insolúvel**

Método Acid Detergent Fibre (ADF) segundo Geering & Van Soest, (1970).

#### **3.2.5.6 Ratio**

Corresponde a relação entre o brix corrigido e a acidez total titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico, ou seja,  $\text{Ratio} = \text{Brix} / \text{Acidez}$ . É um parâmetro numérico que indica sabor e estado de maturação de um determinado produto.

#### **3.2.5.7 Densidade**

As bananas cortadas em fatias foram pesadas em balança semi-analítica. Utilizando um paquímetro foram determinados o diâmetro da fatia e a espessura de cada uma.

Calculou-se a área pela fórmula:  $\text{Área} = (\pi \times d^2) / 4$ ,

onde:  $\pi = 3,1416$  ;  $d = \text{diâmetro}$

Calculou-se o volume pela fórmula:  $\text{Volume} = \text{Área} \times \text{Espessura}$

Com esses dados calculou-se a densidade pela seguinte fórmula:

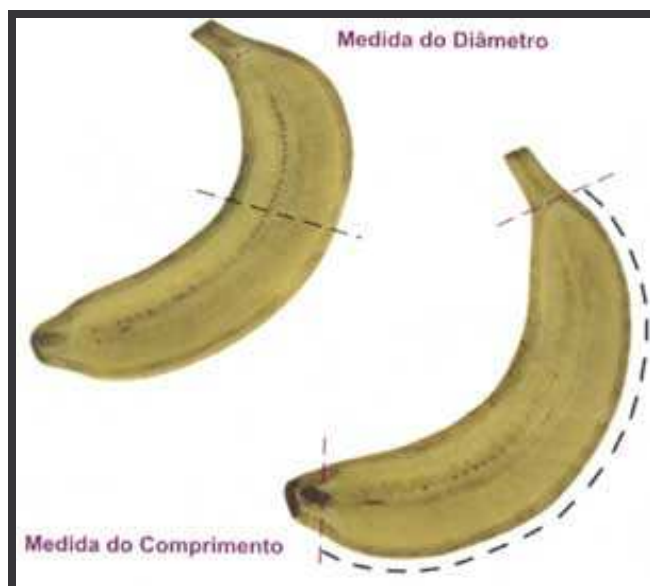
$\text{Densidade} = \text{massa} / \text{volume}$ .

#### **3.2.5.8 Peso**

Foi determinado na banana (dedo) com casca utilizando uma balança semi-analítica.

### 3.2.5.9 Comprimento e diâmetro do fruto

Conforme o Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH), foi determinado medindo a banana com casca utilizando uma fita flexível graduada conforme mostra a Figura 18.



**Figura 18** – Parâmetros para determinação do diâmetro e comprimento da banana.

Fonte: Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (PBMPCEH).



### **3.2.6 Caracterização da solução osmótica**

As amostras de solução osmótica inicial foram caracterizadas quanto a: acidez total titulável, brix, pH, viscosidade e açúcares redutores e totais. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

#### **3.2.6.1 Acidez total titulável**

O método utilizado para a determinação da acidez total titulável foi através do pHmetro digital. O procedimento utilizado foi o seguinte: pesou-se 5g da amostra em um béquer com capacidade para 250 ml e adicionou-se 90 mL de água destilada. Titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1N até o pH atingir 8,4 utilizando um agitador magnético. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

#### **3.2.6.2 Brix**

Foi determinado por leitura direta utilizando um refratômetro digital , com correção da temperatura.

#### **3.2.6.3 pH**

Foi determinado utilizando um pHmetro digital . O método foi baseado na determinação hidrogeniônica e o resultado expresso em unidade de pH.

#### **3.2.6.4 Viscosidade**

A viscosidade foi determinada em reômetro BROOKFIELD DV-III, utilizando spindle 15 a 250 rpm por 30 segundos a 45°C (temperatura do processo).

### **3.2.6.5 Vitamina C**

O teor de vitamina C foi determinado segundo o método da A.O.A.C., (1984) o qual se baseia na redução de 2,6-dicloroindofenol pelo ácido ascórbico, modificado por Benassi (1990), que substitui o ácido metafosfórico por ácido oxálico.

### **3.2.6.6 Açúcares totais e redutores**

Foram determinados segundo os métodos 4.13.2 e 4.13.3 do Instituto Adolfo Lutz (1976).

### **3.2.6.7 Sacarose**

Foi calculada pela diferença entre açúcar total e açúcar redutor multiplicado por 0,95 em decorrência da saída de uma molécula de água.

### **3.2.6.8 Ratio**

Corresponde a relação entre o brix corrigido e a acidez total titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico, ou seja,  $\text{Ratio} = \text{Brix} / \text{Acidez}$ .

### 3.2.7 Transferência de massa no processo

Para cada experimento do planejamento experimental foram determinados os parâmetros de perda de peso, perda de água, incorporação de sólidos. Utilizaram-se as seguintes equações conforme LARANJEIRA (1997):

$$PP (\%) = 100 \times (1 - m_f / m_i)$$

$$PU (\%) = 100 \times (U_i \times m_i - U_f \times m_f) / m_i$$

$$IS (\%) = 100 \times (ST_f \times m_f - ST_i \times m_i) / m_i$$

Onde:

PP (%) = perda porcentual de peso;

PU (%) = perda porcentual de umidade com base na massa inicial;

IS (%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial;

$m_i$  = massa inicial;

$m_f$  = massa final;

$ST_i$  = porcentual inicial de sólidos totais;

$ST_f$  = porcentual final de sólidos totais.

### **3.2.8 Secagem**

Para a secagem foram selecionados quatro experimentos: 4, 9, 10 e 16 da Tabela 13. O critério de escolha foi baseado na relação brix/acidez (ratio), com o objetivo de posteriormente a secagem aplicar um teste de análise sensorial e determinar qual a tendência de preferência do provador em relação a acidez do produto final.

Os experimentos foram preparados conforme as condições estabelecidas no planejamento experimental (Tabela 9) e o processamento de concentração osmótica de acordo com o fluxograma (Figura 17).

Os cilindros de banana devidamente preparados foram colocados em bandejas de aço inox perfuradas, revestidas com tela de nylon e colocados na estufa com circulação de ar quente a 60°C até atingirem 65% de sólidos totais.

### **3.2.9 Análise sensorial**

Foi realizado teste afetivo com o objetivo de avaliar a preferência do provador de uma amostra em relação à outra. O tipo de teste aplicado foi o de ordenção-preferência segundo a metodologia citada por Stone & Sidel, 1985 e Meilgaard *et al.* (1988).

Os testes afetivos buscam a opinião pessoal de um determinado grupo de consumidores, em relação a um ou mais produtos. Essa opinião pode ser dada com relação ao produto de forma global, ou com relação a características específicas. Tem sido muito utilizados por fabricantes de produtos por ser uma ferramenta valiosa no desenvolvimento, otimização e garantia de qualidade (STONE & SIDEL, 1985; MEILGAARD *et al.*, 1988).

Os testes afetivos são classificados em dois tipos: os testes de aceitação, que avaliam o quanto os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produtos e os testes de preferência que avaliam a preferência do consumidor de um produto em relação aos demais (MEILGAARD *et al.*, 1988).

Foram consultados 30 provadores (23 do sexo feminino e 7 do sexo masculino), sendo estes alunos, funcionários e professores da UNICAMP. O teste foi realizado na sala de análise sensorial do departamento de tecnologia de alimentos numa única sessão.

As amostras utilizadas na análise sensorial foram àquelas preparadas no item 3.2.8. Cada amostra foi colocada sobre um pratinho plástico branco e descartável o qual estava codificado com três algarismos.

Foram apresentadas ao provador de uma só vez acompanhadas de um copo de água e de um biscoito água e sal, para que entre uma amostra e outra o provador pudesse “lavar” a boca. A ordem de apresentação foi balanceada a fim de evitar o efeito “first order” o qual consiste na possibilidade da amostra avaliada em primeiro lugar exercer influência sobre a avaliação da(s) amostra(s) subseqüentes e as respostas anotadas na ficha (Anexo 1).

Os resultados foram avaliados pelo método de Friedman, onde cada amostra julgada recebe um valor correspondente à posição em que foi ordenada. Assim, se a amostra foi ordenada na primeira posição recebe nota 1, se foi ordenada na segunda posição recebe nota 2, na terceira posição recebe nota 3 e por fim na quarta posição recebe nota 4. Constrói-se uma tabela com todas as notas recebidas pelos provadores para cada amostra apresentada e no final soma-se as colunas das amostras. Diante dos resultados consulta-se a Tabela 10 de Newell e Mac Farlane com o número de amostras apresentadas e o número de julgamentos obtidos. Se duas amostras diferirem por um número maior ou igual ao número tabelado pode-se dizer que há diferença significativa entre elas ao nível de significância testado.

**Tabela 10** – Teste de ordenação \*\* (Tabela de NEWELL & MAC FARLANE).

Número de Respostas	Número de amostras									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
<b>30</b>	19	<b>26 *</b>	34	42	50	58	66	75	83	92
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
100	34	<b>47</b>	61	76	91	105	121	136	151	167

(\*\*) Nível de significância 5%; (\*) número tabelado que será a referência para a comparação entre as amostras.

Fonte: NEWELL & MAC FARLANE, 1987.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros físicos e químicos

#### 4.1.1 Matéria-prima e solução osmótica

Os resultados das determinações realizadas na banana *in natura* utilizada nos ensaios de concentração osmótica encontram-se na Tabela 11. Os dados correspondem a uma média, de no mínimo, três determinações, com seu desvio padrão.

**Tabela 11** - Características físicas e químicas da banana inicial.

Características físicas e químicas	Valor médio
Umidade (%)	74,58 ± 0,25
Sólidos Totais (%)	25,42 ± 0,25
pH	4,92 ± 0,08
Brix	22,18 ± 0,81
Acidez total (%) <sup>1</sup>	0,46 ± 0,05
Ratio <sup>2</sup>	48,62 ± 6,05
Fibras (%)	0,69 ± 0,04
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,08 ± 0,01
Peso (g)	141,64 ± 12,15
Comprimento (cm)	20,17 ± 2,05
Diâmetro (mm)	33,27 ± 2,11

(<sup>1</sup>): Acidez total titulável expressa em % de ácido cítrico.

(<sup>2</sup>): Relação Brix/acidez.

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 11 mostram que a banana com a coloração da casca totalmente amarela no estágio 6 (Figura 2), a qual foi utilizada nos experimentos, corresponde a uma fruta madura, uma vez que o brix da polpa estava em torno de 22, a umidade de aproximadamente 75%, e o pH em torno de 5. Medina *et al.* (1995) apresenta resultados semelhantes para banana com casca totalmente amarela. O teor de fibras é semelhante ao mostrado por Medina *et al.* (1995) na Tabela 4. Em termos numéricos a relação brix/acidez na banana *in natura* madura percebida pelo consumidor está em torno de 48, a qual é mostrada pelo resultado do ratio.

As soluções osmóticas utilizadas nos ensaios de concentração foram caracterizadas e os resultados encontram-se na Tabela 12. Os dados correspondem a uma média de três determinações com o respectivo desvio padrão.



**Tabela 12 - Características físicas e químicas das soluções osmóticas iniciais.**

Características físicas e químicas	Solução osmótica inicial				
	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>	4 <sup>4</sup>	5 <sup>5</sup>
pH	3,07 ± 0,02	3,04 ± 0,01	3,00 ± 0,01	2,97 ± 0,02	2,95 ± 0,01
Brix	77,15 ± 0,10	77,00 ± 0,13	77,10 ± 0,09	77,20 ± 0,14	77,00 ± 0,12
Acidez total <sup>7</sup> (%)	2,33 ± 0,03	2,56 ± 0,01	2,88 ± 0,01	3,15 ± 0,02	3,40 ± 0,02
Ratio <sup>8</sup>	33,11 ± 0,38	30,07 ± 0,06	26,77 ± 0,06	24,50 ± 0,11	22,64 ± 0,10
Açúcares Totais (%)	76,96 ± 0,10	76,88 ± 0,13	77,04 ± 0,05	77,13 ± 0,09	76,84 ± 0,11
Açúcares Redutores (%)	44,57 ± 0,08	44,79 ± 0,12	44,72 ± 0,10	44,82 ± 0,07	44,81 ± 0,12
Sacarose (%)	30,77 ± 0,02	30,48 ± 0,01	30,70 ± 0,05	30,69 ± 0,03	30,42 ± 0,02
Vitamina C (%)	0,37 ± 0,006	0,37 ± 0,007	0,37 ± 0,005	0,37 ± 0,006	0,37 ± 0,008
Viscosidade (CP)	318 ± 2	320 ± 1	317 ± 2	319 ± 2	320 ± 1

(<sup>1</sup>): Solução osmótica com 2,0% de ácido cítrico e 0,38% de ácido ascórbico.

(<sup>2</sup>): Solução osmótica com 2,2% de ácido cítrico e 0,38% de ácido ascórbico.

(<sup>3</sup>): Solução osmótica com 2,5% de ácido cítrico e 0,38% de ácido ascórbico.

(<sup>4</sup>): Solução osmótica com 2,8% de ácido cítrico e 0,38% de ácido ascórbico.

(<sup>5</sup>): Solução osmótica com 3,0% de ácido cítrico e 0,38% de ácido ascórbico.

(<sup>6</sup>): Desvio padrão.

(<sup>7</sup>): Acidez total titulável expressa em % de ácido cítrico.

(<sup>8</sup>): Relação Brix / acidez.

Em decorrência da variação na concentração de ácido cítrico estabelecido pelo planejamento experimental observa-se que as principais diferenças entre as soluções osmóticas estão relacionadas com o pH, acidez total e ratio.

## **4.2 Concentração osmótica**

### **4.2.1 Planejamento experimental**

As respostas obtidas para o planejamento experimental de concentração osmótica foram: perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos, ratio, variação sólidos totais e variação sólidos solúveis. Os resultados apresentam-se na Tabela 13.

**Tabela 13** - Valores de perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS), ratio (Ra), variação sólidos totais (VST) e variação sólidos solúveis (VSS).

Ensaio	Variáveis independentes			Variáveis dependentes (Respostas)					
	T <sup>1</sup> (min)	Ac. <sup>2</sup> (%)	E <sup>3</sup> (mm)	PP (%)	PU (%)	IS (%)	Ra	VST (%)	VSS (%)
1	28	2,2	11	28,00	30,50	2,50	36,47	16,44	13,68
2	52	2,2	11	30,93	33,77	2,84	38,50	17,05	16,00
3	28	2,8	11	26,20	28,50	2,30	39,19	15,40	13,60
4	52	2,8	11	29,83	32,53	2,70	36,31	15,50	15,20
5	28	2,2	19	24,81	26,50	1,69	47,59	10,10	8,90
6	52	2,2	19	26,57	30,20	3,63	43,01	14,48	13,28
7	28	2,8	19	24,43	25,13	0,70	34,36	9,97	8,43
8	52	2,8	19	27,96	31,16	3,20	31,19	14,02	12,43
9	20	2,5	15	25,43	26,52	1,09	37,19	10,59	9,70
10	60	2,5	15	31,04	34,29	3,25	33,58	15,33	14,87
11	40	2,0	15	26,82	29,66	2,84	43,50	13,40	12,30
12	40	3,0	15	25,26	28,56	3,30	35,97	12,59	11,87
13	40	2,5	8	35,56	38,16	2,60	35,28	19,01	16,70
14	40	2,5	22	27,45	29,35	1,90	38,06	11,67	10,15
15	40	2,5	15	29,42	31,72	2,30	38,57	13,51	13,00
16	40	2,5	15	29,25	31,84	2,59	39,30	14,09	13,07
17	40	2,5	15	29,59	31,93	2,34	37,47	14,03	13,10

(<sup>1</sup>): Tempo (minutos).

(<sup>2</sup>): Concentração de ácido cítrico (%).

(<sup>3</sup>): Espessura das fatias de banana (milímetros).

De modo geral observa-se na Tabela 13 um aumento na perda de peso, perda de umidade e incorporação de sólidos ao aumentar o tempo de processo e manter as outras variáveis como espessura e concentração de ácido cítrico. Os resultados são aceitáveis segundo Garrote & Bertone (1992) e Contreras & Smyrl (1991) os quais relatam que o tempo do processo osmótico está diretamente relacionado com a redução de peso do produto e aumento na incorporação de sólidos. Quanto a espessura das fatias é possível observar uma menor perda de peso e perda de umidade quando aumenta-se a espessura das mesmas mantendo-se as outras variáveis como tempo e concentração de ácido cítrico, segundo Islam & Flink (1982) a redução do tamanho leva a um maior rendimento no processo de concentração osmótica, ou seja, a uma maior perda de água.

Para a análise estatística foram calculados os efeitos lineares (  $L$  ), quadráticos (  $Q$  ) e das interações sobre as respostas estudadas, assim como o erro, o coeficiente (  $t$  ) e a significância estatística (  $p$  ). Estes fatores foram calculados pelo Erro Puro.

Os valores do coeficiente de regressão indicam quanto cada fator influencia na resposta estudada. Quanto maior o valor, maior é a influência, e um efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo a um valor máximo da variável a resposta aumenta. Um efeito negativo indica o inverso, ou seja, ao passar de um valor mínimo para o valor máximo a resposta diminui.

O valor de (  $t$  ) indica o quão grande é a variável em relação ao seu desvio. Quanto maior o valor, maior a probabilidade da variável ser estatisticamente significativa.

O valor do coeficiente (  $p$  ) está relacionado com o nível de significância da variável independente sobre a resposta em estudo. O intervalo de confiança escolhido foi de 95%. Assim, os valores de  $p < 0,05$  são considerados estatisticamente significativos.

#### 4.2.1.1 Perda de Peso

O resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais de perda de peso (PP) na concentração osmótica de cilindros de bananas é apresentado na Tabela 14. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo foi de 0,9338, indicando que o modelo explicou 93,38% da variação dos dados observados.

**Tabela 14** - Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para perda de peso, calculados pelo Erro Puro.

Fatores	Coeficientes Regressão	Erro Puro	t(2)	p-valor
Média	<b>29,42</b>	0,0979	301,1925	<b>0,0000</b>
(1)TEMPO (L)	<b>1,5592</b>	0,0460	33,8792	<b>0,0009</b>
TEMPO (Q)	<b>-0,6876</b>	0,0507	-13,5621	<b>0,0054</b>
(2)ÁCIDO (L)	<b>-0,3306</b>	0,0460	-7,1833	<b>0,0188</b>
ÁCIDO (Q)	<b>-1,4653</b>	0,0507	-28,9010	<b>0,0012</b>
(3)ESPESSURA(L)	<b>-1,8186</b>	0,0460	-39,5165	<b>0,0006</b>
ESPESSURA(Q)	<b>0,4710</b>	0,0507	9,2891	<b>0,0114</b>
1L x 2L	<b>0,3088</b>	0,0601	5,1369	<b>0,0359</b>
1L x 3L	-0,1588	0,0601	-2,6413	0,1184
2L x 3L	<b>0,4888</b>	0,0601	8,1317	<b>0,0148</b>

Observa-se na Tabela 14 que o fator mais importante na perda de peso foi a espessura (L) e o seu resultado negativo indica que quanto mais se aumenta a espessura menor será a perda de peso. O tempo (L) apresentou um efeito positivo em relação a perda de peso, indicando que o aumento no tempo de processo resulta em maior perda de peso do material. O tempo (Q) indica tendência a um ponto máximo para perda de peso e o ácido (Q), apresentou-se estatisticamente significativo e o seu valor negativo indica uma parábola voltada para baixo com um ponto máximo como mostra a Figura 20 (a). O ácido (L) exerceu uma menor influência na resposta, mas indica que o aumento na quantidade de ácido resulta em efeito negativo para perda de

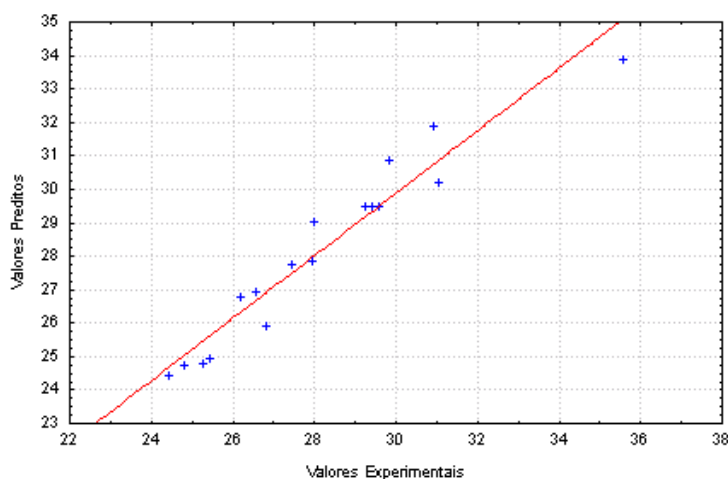
peso. Observa-se que a interação entre tempo (L) e espessura (L) foi o único fator não significativo estatisticamente apresentando  $p = 0,1184$ .

A tabela 15 mostra a análise de variância, para perda de peso onde o  $F_{\text{calc.}}$  é maior que o  $F_{\text{tabel.}}$ , indicando a validade do modelo.

**Tabela 15** - Análise de Variância – ANOVA para perda de peso.

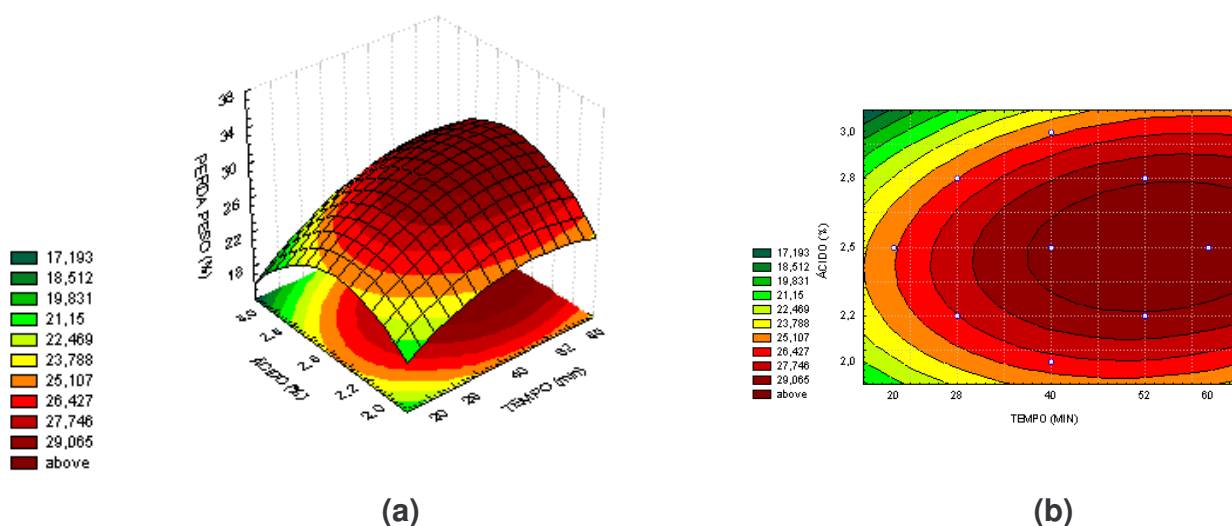
Fonte de Variação	S.Q	G.L.	M.Q	$F_{\text{calc.}}$	$F_{\text{tabel.}}$
Regressão	119,59	9,00	13,29	10,97	3,68
Resíduo	8,48	7,00	1,21		
Falta de Ajuste	8,42	5,00	1,68		
Erro Puro	0,06	2,00	0,03		
Total	128,07	16,00	8,00		

A Figura 19 representa o gráfico de Valores previsíveis x Valores experimentais obtidos para perda de peso, dentro do limite de confiança de 95%.

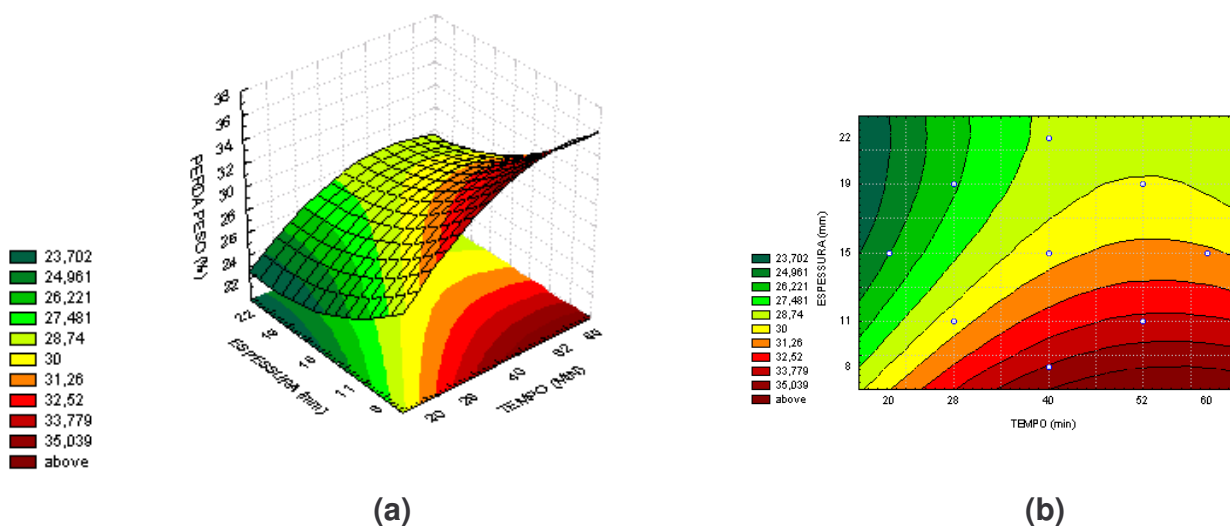


**Figura 19** - Valores previstos x valores experimentais obtidos para perda de peso.

As Figuras 20 e 21 mostram as superfícies de resposta e as curvas de contorno geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo, concentração de ácido cítrico e espessura.



**Figura 20** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de peso (PP), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico na solução osmótica.



**Figura 21** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de peso (PP), relacionando tempo de imersão e espessura do cilindro de banana.

Através das Figuras 20 e 21, observa-se claramente que a espessura e o tempo foram os fatores que exerceram maior influência sobre a resposta estudada. A perda de peso é diretamente proporcional ao tempo e inversamente proporcional a espessura do cilindro de banana.

Sobrepondo as Figuras 20(b) e 21(b) é possível definir as faixas de operação. Observa-se que para uma perda de peso aceitável a espessura encontra-se entre 11 a 15 mm, o tempo entre 52 a 60 minutos e por fim o ácido na faixa de 2,2 a 2,5%, uma vez que o processo geralmente é levado até se obter uma redução de 30 - 50% no peso do produto, não sendo conveniente prolongar-se a concentração osmótica além dessa faixa segundo Ponting *et al.* (1966) e Ponting (1973).

A variação da resposta foi entre 24,43 a 35,56%, onde o limite inferior foi para o experimento 7 (tempo de 28 min.; espessura de 19mm) e o limite superior foi para o experimento 13 (tempo 40 min.; espessura de 8 mm) como mostra a Tabela 13.

Segundo Lazarides *et al.* (1995), ao realizar um estudo com maçã, observou alta taxa de perda de umidade até a primeira hora do processo e uma diminuição drástica em tempos superiores, esse fato foi explicado como uma conseqüência da formação de uma barreira de açúcar na superfície do produto dificultando a transferência de massa.

De acordo com Torreggiani (1993), ao trabalhar com concentração osmótica em damascos observou uma perda de umidade entre 23 a 28% com um tempo de 240 min.

Alterações mais significativas na perda de água e ganho de sólidos aconteceram nos primeiros 30 minutos de processo de concentração osmótica em um estudo realizado com maçã, abóbora e cenoura utilizando solução de sacarose a 61,5° Brix a uma temperatura de 30° C (KOWALSKA & LENART, 2001).

Conforme Uddin *et al.*, (2004), ocorre rápida perda de água do produto para a solução osmótica no estágio inicial do processo e essa taxa reduz gradativamente até um valor de equilíbrio. Os autores concluíram que o tempo constitui-se em uma das variáveis mais influentes no processo.

Segundo Santos (2003), em um estudo realizado com manga observou que a 30°C e 165 minutos a perda de peso foi de 30,97% e a 40°C e 165 minutos a perda de



peso média foi de 31,49%. Observou perda de peso no decorrer do processo e uma tendência a estabilização ao longo do tempo, atribui esse fato ao provável equilíbrio atingido entre o sistema fruta/solução osmótica, o que também é relatado pelos pesquisadores Raoult-Wack *et al.* (1994).

#### 4.2.1.2 Perda de umidade

O resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais de perda de umidade (PU) na concentração osmótica de cilindros de banana é apresentado na Tabela 16. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo foi de 0,9426, indicando que o modelo explicou 94,26% da variação dos dados observados.

**Tabela 16** - Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para perda de umidade, calculados pelo Erro Puro.

Fatores	Coeficientes Regressão	Erro Puro	t(2)	p-valor
Média	<b>31,83</b>	0,0603	528,5964	<b>0,0000</b>
(1)TEMPO (L)	<b>2,2048</b>	0,0285	77,3009	<b>0,0002</b>
TEMPO (Q)	<b>-0,7854</b>	0,0314	-24,9951	<b>0,0016</b>
(2)ÁCIDO (L)	<b>-0,4029</b>	0,0285	-14,1273	<b>0,0050</b>
ÁCIDO (Q)	<b>-1,2442</b>	0,0314	-39,5974	<b>0,0006</b>
(3)ESPESSURA(L)	<b>-1,9869</b>	0,0285	-69,6622	<b>0,0002</b>
ESPESSURA(Q)	<b>0,4015</b>	0,0314	12,7789	<b>0,0061</b>
1L x 2L	<b>0,3863</b>	0,0372	10,3694	<b>0,0092</b>
1L x 3L	<b>0,3037</b>	0,0372	8,1545	<b>0,0147</b>
2L x 3L	<b>0,3538</b>	0,0372	9,4969	<b>0,0109</b>

Observa-se na Tabela 16 que todos os valores de p são menores que 0,05, indicando que todas as respostas foram estatisticamente significativas. Tempo (L) e espessura (L) foram os fatores que se destacaram para uma maior perda de umidade do produto. Com esses resultados é possível dizer que quanto maior o tempo e menor a espessura maior será a perda de umidade, da mesma forma como ocorre com a perda de peso no item 4.2.1.1. O aumento do ácido (L) exerce influência negativa, ou seja, uma menor perda de umidade. O ácido (Q) e o tempo (Q) indicam uma tendência a um ponto máximo para depois decrescerem, como mostra a Figura 23 (a). Observa-se que o ácido (Q) apresenta uma maior definição da curva indicando com mais clareza o ponto máximo quando comparado com o tempo (Q), que mostra apenas uma tendência da curvatura. A espessura (Q) indica que ao reduzir a espessura há uma tendência de aumento perda de água, como mostra a Figura 24 (a).

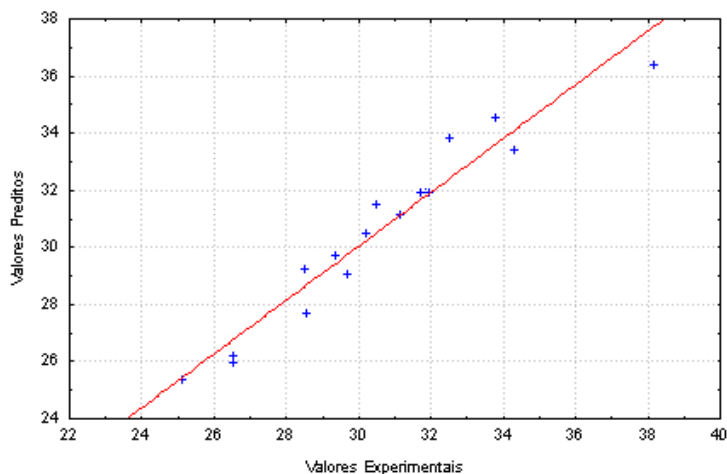
Todas as interações apresentam efeito significativo e positivo sobre a perda de umidade, ou seja, um aumento em qualquer destes fatores provoca um aumento na resposta estudada.

A tabela 17 mostra a análise de variância, para perda de umidade onde o  $F_{\text{calc.}}$  é maior que o  $F_{\text{tabel.}}$ , indicando a validade do modelo.

**Tabela 17** - Análise de Variância – ANOVA para perda de umidade.

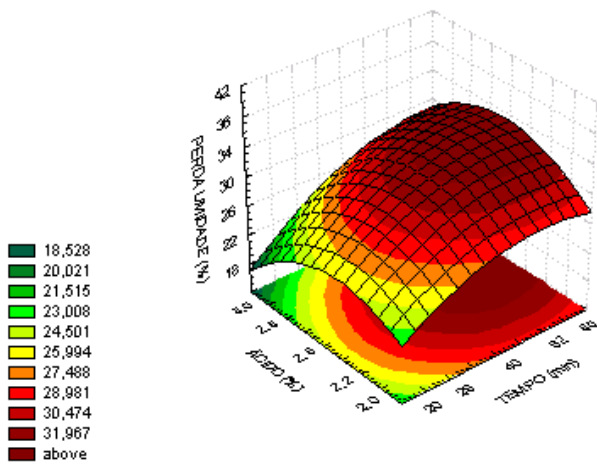
Fonte de Variação	S.Q	G.L.	M.Q	$F_{\text{cal.}}$	$F_{\text{tabel.}}$
Regressão	154,58	9,00	17,18	12,78	3,68
Resíduos	9,40	7,00	1,34		
Falta de Ajuste	9,38	5,00	1,88		
Erro Puro	0,02	2,00	0,01		
Total	150,15	16,00	9,38		

A Figura 22 representa o gráfico de Valores previstos x Valores experimentais obtidos para perda de umidade, dentro do limite de confiança de 95%.

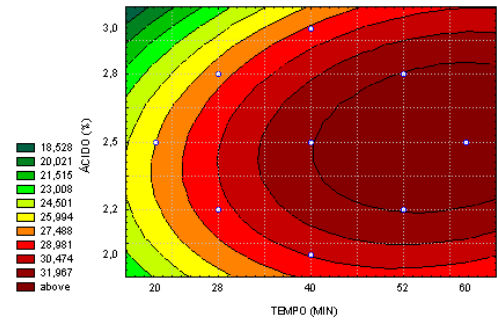


**Figura 22** - Valores previstos x valores experimentais obtidos para perda de umidade.

As Figuras 23 e 24 mostram as superfícies de resposta e as curvas de contorno geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo, concentração de ácido cítrico e espessura.

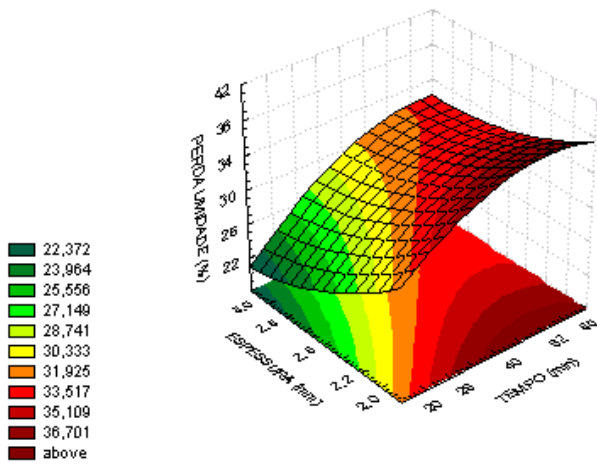


(a)

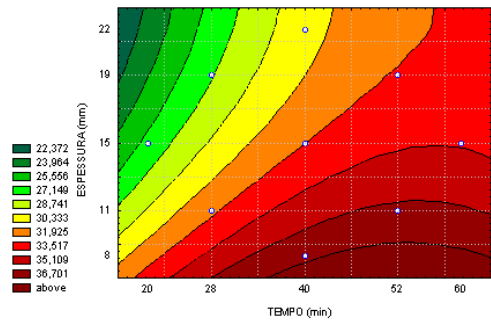


(b)

**Figura 23** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de umidade (PU), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico na solução osmótica.



(a)



(b)

**Figura 24** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para perda de umidade (PU), relacionando tempo de imersão e espessura do cilindro de banana.

Observa-se nas curvas de contorno das Figuras 23 (b) e 24 (b) que as faixas de operação para maior perda de umidade estão compreendidas entre 11 a 15 mm de espessura, tempo entre 52 a 60 minutos e o ácido na faixa de 2,2 a 2,5%, da mesma forma como ocorre no item 4.2.1.1.

A perda de umidade variou de 25,13 a 38,16%, sendo este último para o experimento 13 (Tabela 13), o qual apresentou a menor espessura do planejamento experimental. Nas faixas estabelecidas observa-se que a perda de umidade encontra-se por volta de 33,5%. Essa perda de umidade foi bastante aceitável quando comparada com Souza *et al.*, (2003); Araújo, (2000); Buchweitz, (2005); Santos (2003) e Ventura (2004).

Souza *et al.*, (2003), observaram ao realizar um estudo com pré-tratamento osmótico em banana prata inteira que ao final do processo osmótico, completadas 5 horas de osmose, a perda de água variou entre 18,71 e 33,14% entre os experimentos realizados a pressão atmosférica e temperatura de 65°C. A melhor resposta foi para a solução osmótica contendo sacarose a 65° Brix e a menor perda de água foi para o experimento realizado com uma solução osmótica de sacarose a 45° Brix. Nesse estudo não houve diferença significativa na perda de água em relação à proporção fruta:solução de 1:2 e de 1:4.

Araújo (2000), observou em seus estudos de concentração osmótica com fatias de banana nanica que a perda de água estava relacionada com a concentração da solução osmótica, com o tempo de imersão e por fim com a temperatura do processo. Tomando como referência o tempo de 60 minutos e uma solução de sacarose de 60° Brix, observa-se que a perda de umidade foi de 17 e 28% para as temperaturas de imersão de 25 e 60°C respectivamente.

Em um estudo de concentração osmótica realizado com Kiwi, a temperatura de 40°C e concentração da solução de sacarose a 65°Brix, observou-se aos 15 e 60 minutos de tratamento uma perda de umidade de 9,11 e 18,89% respectivamente (BUCHWEITZ, 2005).

Santos (2003), em um estudo realizado com manga observou que a 30°C e 90 minutos a perda de umidade foi de 25% e a 50°C e 240 minutos a perda de umidade foi de 44,82 %.

Ventura (2004) observou que a perda de umidade de 34% pode ser obtida em goiabas utilizando para o processo um tempo de imersão maior ou igual a 180 min., temperatura de 42°C e solução osmótica com sacarose na concentração entre 57 a 67°Brix. Ao manter as mesmas condições apenas substituindo a sacarose da solução osmótica por xarope de sorbitol observou-se um aumento da perda de umidade para 43%.

#### **4.2.1.3 Incorporação de sólidos**

O resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais para incorporação de sólidos (IS) na concentração osmótica de cilindros de banana é apresentado na Tabela 18. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo foi de 0,9448, indicando que o modelo explicou 94,48% da variação dos dados observados.

**Tabela 18** - Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para a incorporação de sólidos, calculados pelo Erro Puro.

Fatores	Coeficientes Regressão	Erro Puro	t(2)	p-valor
MÉDIA	2,41	0,0905	26,6580	0,0014
(1)TEMPO (L)	<b>0,6456</b>	0,0425	15,1735	<b>0,0043</b>
TEMPO (Q)	-0,0978	0,0469	-2,0861	0,1723
(2)ÁCIDO (L)	-0,0723	0,0425	-1,7005	0,2311
ÁCIDO (Q)	<b>0,2211</b>	0,0469	4,7170	<b>0,0421</b>
(3)ESPESSURA(L)	<b>-0,1683</b>	0,0425	-3,9549	<b>0,0584</b>
ESPESSURA(Q)	-0,0694	0,0469	-1,4813	0,2767
1L x 2L	0,0775	0,0556	1,3948	0,2978
1L x 3L	<b>0,4625</b>	0,0556	8,3235	<b>0,0141</b>
2L x 3L	-0,1350	0,0556	-2,4296	0,1358

Observa-se na Tabela 18 que a espessura (L) apresenta um valor de p muito próximo de 0,05, portanto foi considerado como estatisticamente significativo. O tempo (L) foi o fator que mais influenciou positivamente na incorporação de sólidos. Ao aumentar a espessura (L) constata-se uma tendência na redução da incorporação de sólidos. O ácido (Q) mostra um ponto mínimo que tende a menor incorporação de sólidos, como mostra a Figura 26 (a).

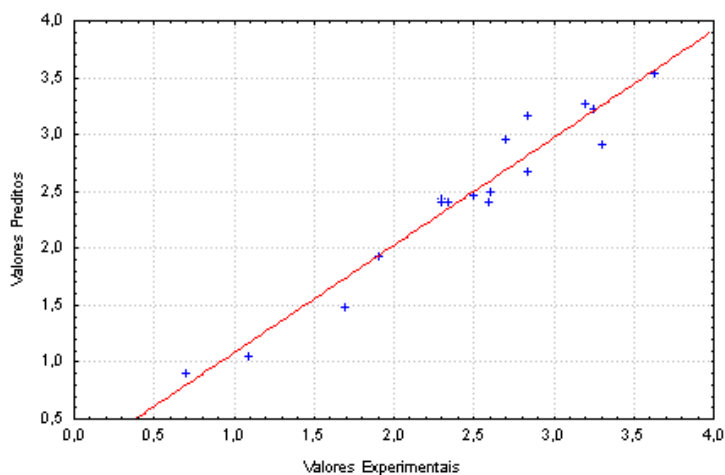
A interação entre tempo (L) e espessura (L) apresenta efeito significativo e positivo sobre a incorporação de sólidos, ou seja, um aumento em qualquer destes fatores provoca um aumento na resposta.

A Tabela 19 mostra a análise de variância, para incorporação de sólidos onde o  $F_{\text{calc.}}$  é maior que o  $F_{\text{tabel.}}$ , indicando a validade do modelo.

**Tabela 19** - Análise de Variância – ANOVA para incorporação de sólidos.

Fonte de Variação	S.Q	G.L.	M.Q	F <sub>cal.</sub>	F <sub>tabel.</sub>
Regressão	9,05	9,00	1,01	13,33	3,68
Resíduos	0,53	7,00	0,08		
Falta de Ajuste	0,48	5,00	0,10		
Erro Puro	0,05	2,00	0,02		
Total	9,58	16,00	0,60		

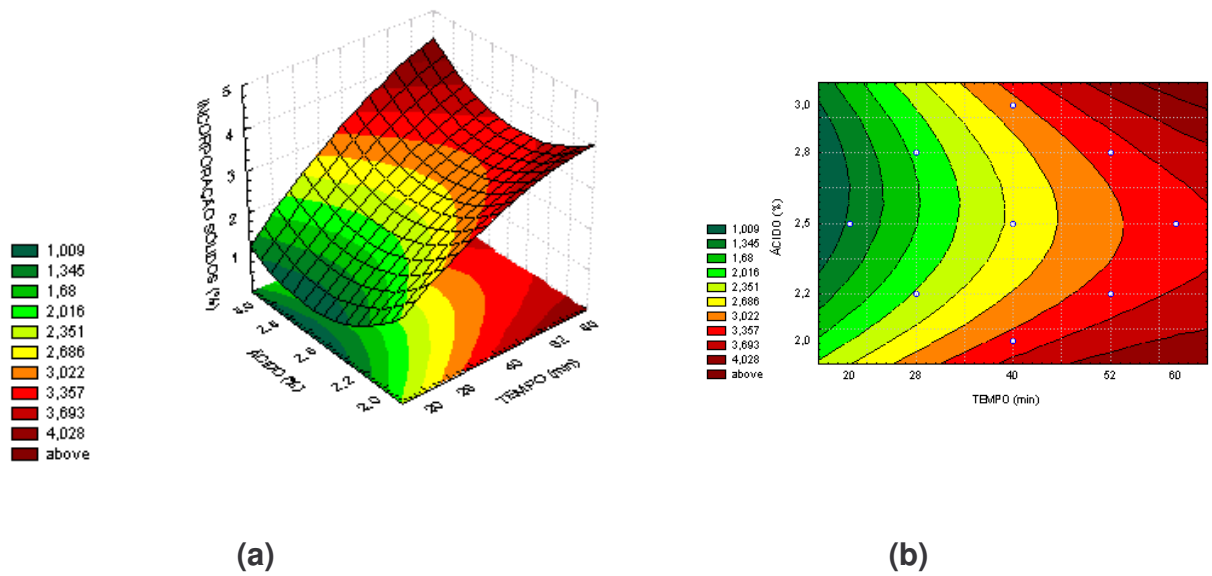
A Figura 25 representa o gráfico de Valores previsíveis x Valores experimentais obtidos para incorporação de sólidos, dentro do limite de confiança de 95%.



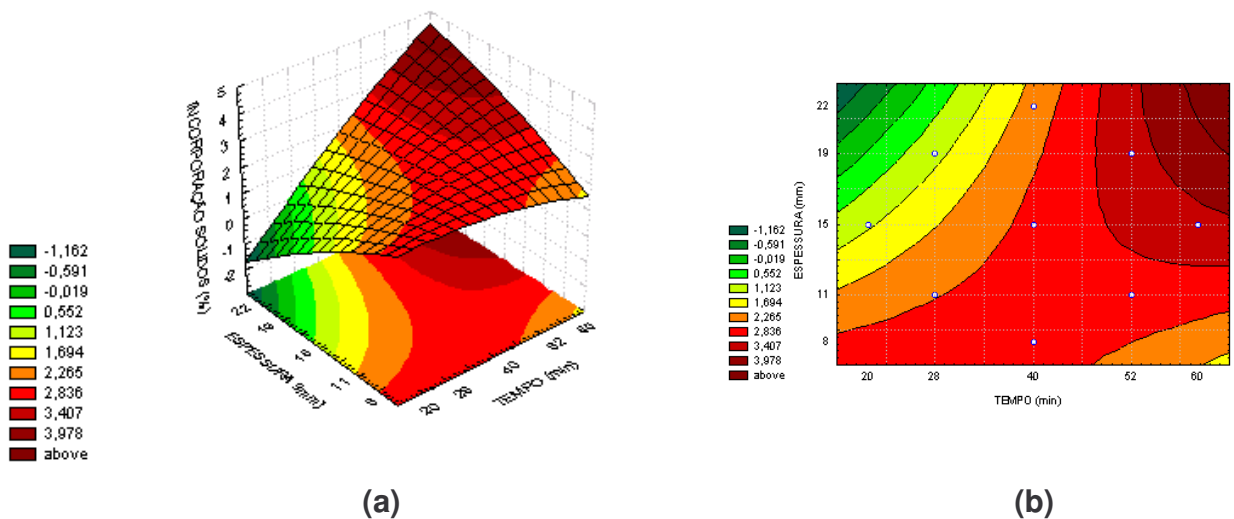
**Figura 25** – Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para incorporação de sólidos.

As Figuras 26 e 27 mostram as superfícies de resposta e as curvas de contorno geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo, concentração de ácido cítrico e espessura.





**Figura 26** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para incorporação de sólidos (IS), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.



**Figura 27** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para incorporação de sólidos (IS), relacionando tempo de imersão e espessura dos cilindros de banana.

Observa-se nas curvas de contorno das Figuras 26 (b) e 27 (b) que nas faixas selecionadas para os itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 a incorporação de sólidos encontra-se em torno de 2,83 a 3,40%.

A variação da incorporação de sólidos foi de 0,70 a 3,63% conforme mostra a Tabela 13.

De maneira geral, observou-se uma baixa incorporação de sólidos nos experimentos realizados. Este fato pode estar relacionado às condições relativamente brandas utilizadas no processo como temperatura de 45°C não causando uma desestruturação acentuada dos tecidos.

Torregiani *et al.* (1993), concentrou osmoticamente damascos e obteve uma incorporação de sólidos de 3 a 6% em um tempo de 240 minutos. Querido (2000), em sua pesquisa com caju a 40°C por 120 a 180 min. obteve incorporação de sólidos na ordem de 4,5 a 5,5%. Ventura (2004) constatou uma incorporação de sólidos da ordem de 6% no processo de concentração osmótica de goiaba utilizando solução de sacarose entre 53 a 67 °Brix, com temperatura entre 33 a 43°C e um tempo de imersão variando entre 60 a 160 min.

Raoult-Wack *et al.* (1994), relata que no processo de concentração osmótica a incorporação de sólidos pode variar de 5 a 25%.

A intensidade com que ocorre a incorporação de sólidos depende das características da microestrutura da matéria-prima, das modificações que esta sofre em pré-tratamentos e das próprias condições do processamento, que podem acarretar alterações na permeabilidade e seletividade da estrutura dos tecidos (ISLAM & FLINK, 1982; LENART & FLINK, 1984).

A incorporação de sólidos está relacionada com pelo menos três mecanismos: difusão para o interior das células, penetração da solução osmótica nos espaços intercelulares e retenção superficial da solução osmótica nos produtos (VALLE *et al.* 1998).

Segundo Antonio (2002) em seus ensaios experimentais com concentração osmótica em banana nanica, observou que mesmo em temperaturas amenas como 45 °C, ocorre o colapso de algumas células com exposição dos grânulos de amido. Nos cubos de banana com arestas de 1,5 cm houve uma menor incorporação de sólidos e isso foi explicado por ter ocorrido uma plasmólise apenas superficial mantendo a células da região central como as células da fruta *in natura*. O ganho de sólidos para cubos de banana a 45 °C, solução de sacarose a 55°Brix por 50 minutos foi de aproximadamente 5%.

#### **4.2.1.4 Variação de sólidos totais**

O resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais para variação de sólidos totais (VST) na concentração osmótica de cilindros de banana é apresentado na Tabela 20. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo foi de 0,9888, indicando que o modelo explicou 98,88% da variação dos dados observados.

**Tabela 20** - Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para a variação dos sólidos totais, calculados pelo Erro Puro.

Fatores	Coeficientes Regressão	Erro Puro	t(2)	p-valor
MÉDIA	13,85	0,1837	75,3826	0,0001
(1)TEMPO (L)	<b>1,2535</b>	0,0863	14,5165	<b>0,0047</b>
TEMPO (Q)	-0,2440	0,0951	-2,5651	0,1243
(2)ÁCIDO (L)	<b>-0,3328</b>	0,0863	-3,8540	<b>0,0612</b>
ÁCIDO (Q)	-0,2316	0,0951	-2,4347	0,1353
(3)ESPESSURA (L)	<b>-2,0631</b>	0,0863	-23,8936	<b>0,0017</b>
ESPESSURA (Q)	<b>0,5992</b>	0,0951	6,2995	<b>0,0243</b>
1L x 2L	-0,1050	0,1128	-0,9311	0,4501
1L x 3L	<b>0,9650</b>	0,1128	8,5574	<b>0,0134</b>
2L x 3L	0,2500	0,1128	2,2169	0,1569

Observa-se na Tabela 20 que o fator mais significativo para a variação de sólidos totais foi a espessura (L), influenciando de forma negativa, ou seja, ao aumentar a espessura menor será o aumento na variação dos sólidos totais. Este fato pode estar associado a maior dificuldade para saída de água do produto.

O tempo (L) exerceu influência positiva, indicando que quanto maior o tempo maior será a variação de sólidos totais. O ácido (L), apesar de não ser significativo apresenta um valor de p muito próximo a 0,05, portanto foi considerado como significativo. Sua influência negativa em relação a variação de sólidos totais indica que um aumento na sua concentração reduz a saída de água do produto fato este já constatado no item 4.2.1.2. A espessura (Q) indica que há um ponto mínimo onde a resposta é menor, e como observa-se na Figura 29 este se encontra no valor referente a maior espessura estudada.

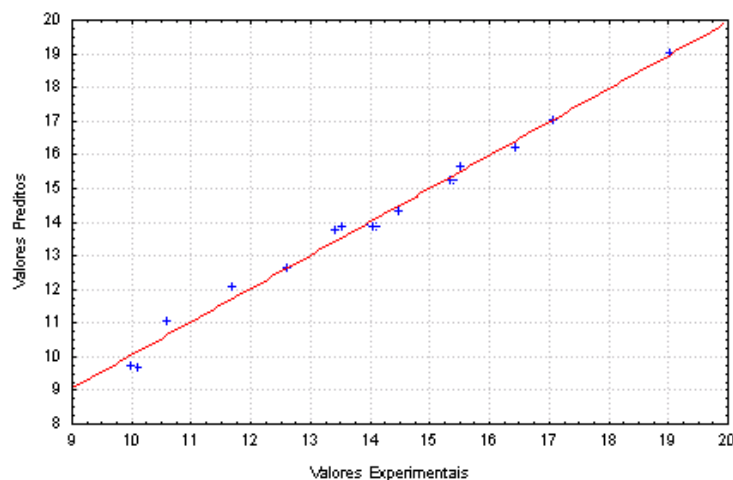
A interação entre tempo (L) e espessura (L) apresenta efeito significativo e positivo sobre a variação de sólidos totais, onde um aumento em qualquer destes fatores provoca um aumento na resposta.

A Tabela 21 mostra a análise de variância, para variação de sólidos totais onde o  $F_{\text{calc.}}$  é maior que o  $F_{\text{tabel.}}$ , indicando a validade do modelo.

**Tabela 21** - Análise de Variância – ANOVA, para variação de sólidos totais.

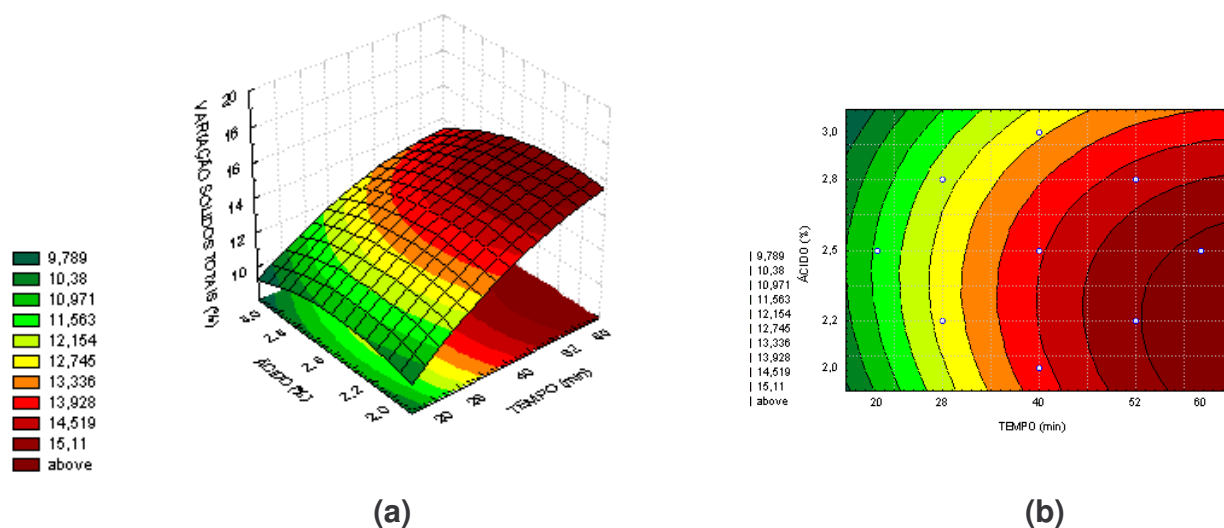
Fonte de Variação	S.Q	G.L.	M.Q	$F_{\text{cal.}}$	$F_{\text{tabel.}}$
Regressão	96,55	9,00	10,73	69,21	3,68
Resíduo	1,09	7,00	0,16		
Falta de Ajuste	0,88	5,00	0,18		
Erro Puro	0,20	2,00	0,10		
Total	97,63	16,00	6,10		

A Figura 28 representa o gráfico de Valores previsíveis x Valores experimentais obtidos para variação de sólidos totais, dentro do limite de confiança de 95%.

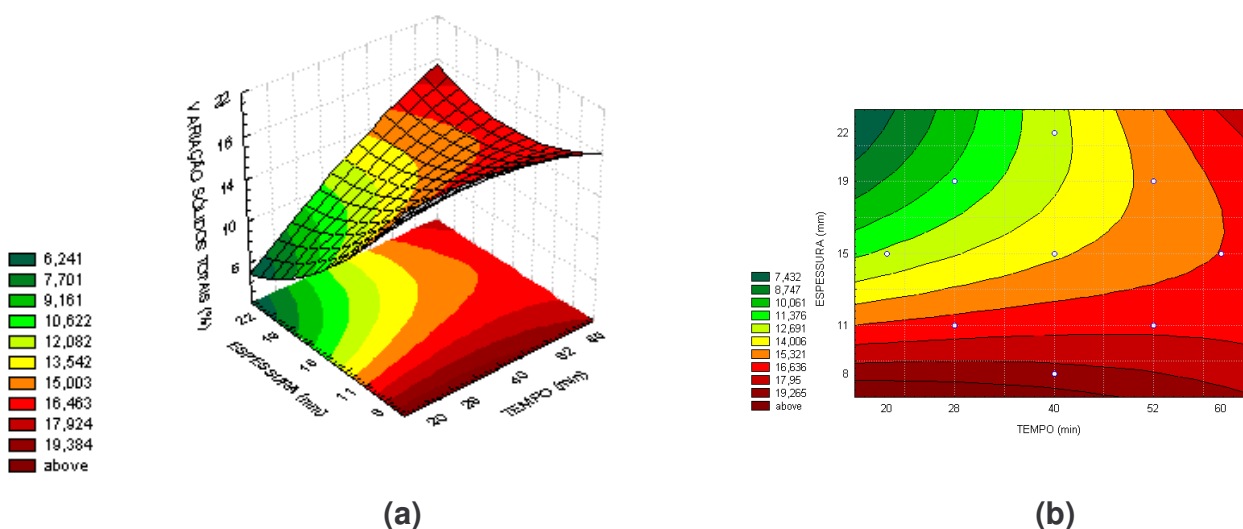


**Figura 28** - Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para a variação dos sólidos totais.

As Figuras 29 e 30 mostram as superfícies de resposta e as curvas de contorno geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo, concentração de ácido cítrico e espessura.



**Figura 29** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para variação de sólidos totais (VST), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.



**Figura 30** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para variação de sólidos totais (VST), relacionando tempo de imersão e espessura dos cilindros de banana.

Observa-se nas curvas de contorno das Figuras 29 (b) e 30 (b) que nas faixas selecionadas para nos itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 a variação de sólidos totais é superior a 15%.

A variação de sólidos totais nos experimentos realizados encontra-se na faixa de 9,97 a 19,01% como mostra a Tabela 13.

#### 4.2.1.5 Variação de sólidos solúveis

O resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais para variação de sólidos solúveis (VSS) na concentração osmótica de cilindros de banana é apresentado na Tabela 22. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo foi de 0,9984, indicando que o modelo explicou 99,84% da variação dos dados observados.

**Tabela 22** - Coeficiente de regressão, erro, coeficiente (t), significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para a variação dos sólidos solúveis, calculados pelo Erro Puro.

Fatores	Coeficientes Regressão	Erro Puro	t(2)	p-valor
MÉDIA	13,04	0,0295	441,35	0,0000
(1)TEMPO (L)	<b>1,5380</b>	0,0139	110,7095	<b>0,0001</b>
TEMPO (Q)	<b>-0,2465</b>	0,0153	-16,1075	<b>0,0038</b>
(2)ÁCIDO (L)	<b>-0,2142</b>	0,0139	-15,4171	<b>0,0042</b>
ÁCIDO (Q)	<b>-0,3174</b>	0,0153	-20,7376	<b>0,0023</b>
(3)ESPESSURA (L)	<b>-1,9380</b>	0,0139	-139,505	<b>0,0001</b>
ESPESSURA (Q)	<b>0,1574</b>	0,0153	10,2839	<b>0,0093</b>
1L x 2L	<b>-0,1375</b>	0,0181	-7,5787	<b>0,0170</b>
1L x 3L	<b>0,5575</b>	0,0181	30,7282	<b>0,0011</b>
2L x 3L	-0,0550	0,0181	-3,0315	0,0938

Analisando a Tabela 22, observa-se que o único fator que não foi estatisticamente significativo corresponde a interação ácido (L) e espessura (L). O restante dos fatores apresentaram significância estatística com um valor de  $p < 0,05$ .

Da mesma forma como ocorreu com a variação dos sólidos totais, o fator mais importante na variação dos sólidos solúveis foi a espessura (L) influenciando negativamente e o tempo (L) interferindo positivamente na resposta. O tempo (Q) e o ácido (Q) mostram uma tendência de ponto máximo como mostra a Figura 32 (a), sendo essa ligeiramente mais acentuada para o ácido. O valor do ácido (L) mostra pequena influência na variação dos sólidos solúveis, porém o seu aumento leva a um efeito negativo em relação a resposta. A espessura (Q), da mesma forma que no item 4.2.1.4, indica que há um ponto mínimo onde a resposta é menor, e como observa-se na Figura 33 (a) este se encontra na maior espessura estudada.

A interação entre ácido (L) e espessura (L) não é significativa. A interação tempo(L) e ácido (L) é significativa e influencia negativamente na resposta, ao aumentar qualquer um desses fatores reduz a variação de sólidos solúveis. A interação tempo (L) e espessura (L) apresenta efeito significativo e positivo sobre a variação de sólidos solúveis, onde um aumento em qualquer destes fatores provoca um aumento na resposta.

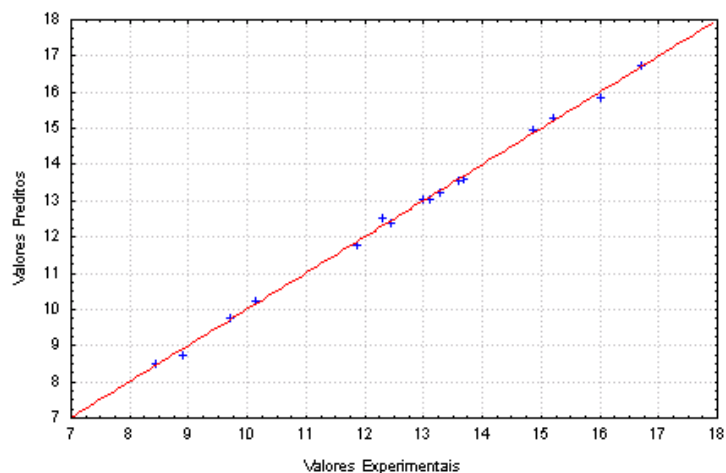
A Tabela 23 mostra a análise de variância, para variação de sólidos solúveis onde o  $F_{\text{calc.}}$  é maior que o  $F_{\text{tabel.}}$ , indicando a validade do modelo.

**Tabela 23** - Análise de Variância – ANOVA, para variação de sólidos solúveis.

Fonte de Variação	S.Q	G.L.	M.Q	$F_{\text{cal.}}$	$F_{\text{tabel.}}$
Regressão	89,29	9,00	9,92	500,85	3,68
Resíduos	0,14	7,00	0,02		
Falta de Ajuste	0,13	5,00	0,03		
Erro Puro	0,01	2,00	0,00		
Total	89,43	16,00	5,59		

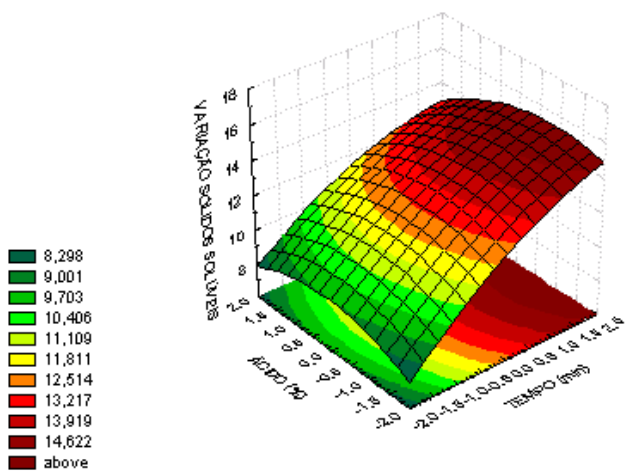


A Figura 31 representa o gráfico de valores previsíveis x valores experimentais obtidos para variação de sólidos totais, dentro do limite de confiança de 95%.

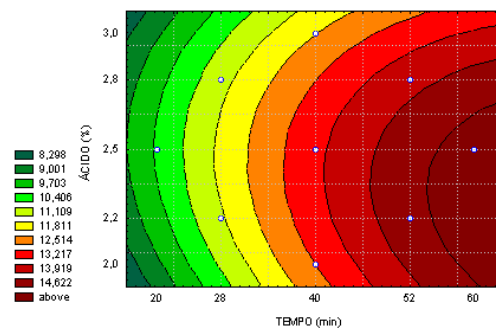


**Figura 31** - Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para a variação dos sólidos solúveis.

As Figuras 32 e 33 mostram as superfícies de resposta e as curvas de contorno geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo, concentração de ácido cítrico e espessura.

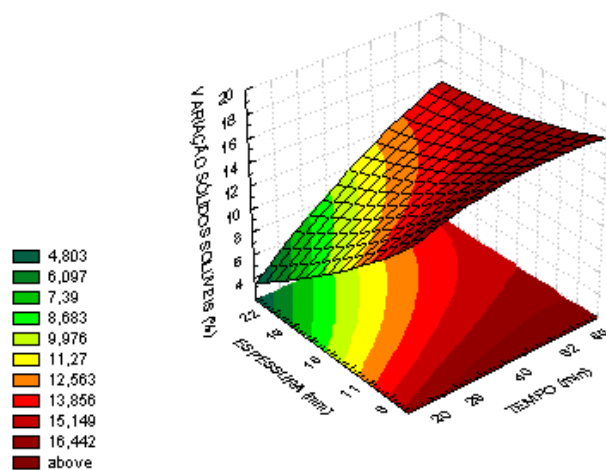


(a)

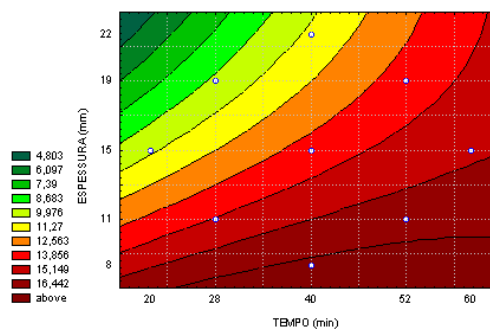


(b)

**Figura 32** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para variação de sólidos solúveis (VSS), relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.



(a)



(b)

**Figura 33** - Superfície de resposta (a) e curva de nível (b) para variação de sólidos solúveis (VSS), relacionando tempo de imersão e espessura dos cilindros de banana.

Observa-se nas curvas de contorno das Figuras 32 (b) e 33 (b) que nas faixas selecionadas para nos itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 a variação de sólidos solúveis é superior a 14,62%.

A variação de sólidos solúveis nos experimentos realizados encontra-se na faixa de 8,43 a 16% como mostra a Tabela 13.

Conforme Camargo (2005), ao concentrar osmoticamente tomates observou um acréscimo no teor de sólidos solúveis quando utilizou ácido cítrico associado a uma ampla faixa de concentração de sal.

#### **4.2.1.6 Ratio**

O ratio indica o equilíbrio das características sensoriais do produto. A solução osmótica com alta concentração de açúcar apresenta alta eficiência na remoção de água, porém resulta num produto final desequilibrado em relação a doçura, daí a necessidade da adição de ácido cítrico na formulação da solução osmótica.

O resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais para ratio (Ra) na concentração osmótica de cilindros de banana é apresentado na Tabela 24. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo foi de 0,9471, indicando que o modelo explicou 94,71% da variação dos dados observados.

**Tabela 24** - Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t, significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para ratio, calculados pelo Erro Puro.

Fatores	Coeficientes Regressão	Erro Puro	t(2)	p-valor
MÉDIA	38,37	0,5307	72,2959	0,0001
(1)TEMPO (L)	<b>-1,0748</b>	0,2494	-4,3096	<b>0,0499</b>
TEMPO (Q)	-0,8307	0,2747	-3,0236	0,0942
(2)ÁCIDO (L)	<b>-2,7241</b>	0,2494	-10,9233	<b>0,0083</b>
ÁCIDO (Q)	0,7105	0,2747	2,5861	0,1226
(3)ESPESSURA (L)	0,7586	0,2494	3,0417	0,0932
ESPESSURA (Q)	-0,3754	0,2747	-1,3665	0,3051
1L x 2L	-0,4375	0,3257	-1,3433	0,3113
1L x 3L	-0,8625	0,3257	-2,6482	0,1179
2L x 3L	<b>-3,1975</b>	0,3257	-9,8174	<b>0,0102</b>

Ao analisar a Tabela 24, observa-se que o fator que exerce maior influência na resposta é o ácido (L), seguido do tempo (L). Ambos exercem influência negativa. Isso indica que o aumento nesses fatores leva a uma redução no ratio.

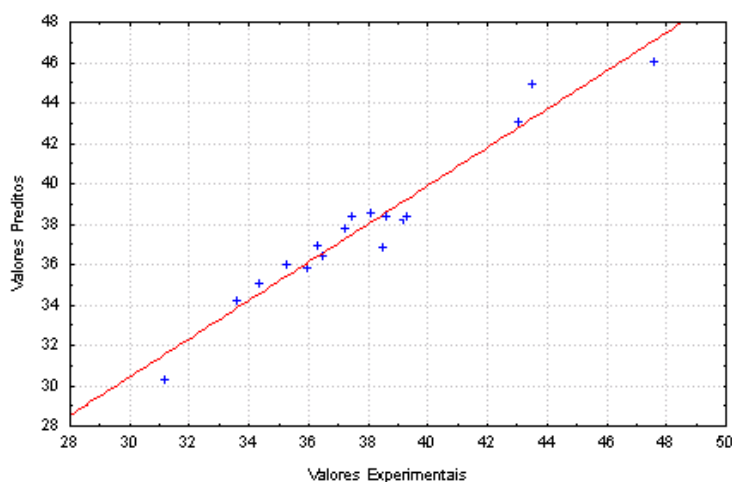
A interação ácido (L) e espessura (L) é significativa e influencia negativamente a resposta, ao aumentar qualquer um desses fatores reduz o ratio do produto.

A Tabela 25 mostra a análise de variância, para variação de sólidos totais onde o  $F_{calc.}$  é maior que o  $F_{tabel.}$ , indicando a validade do modelo.

**Tabela 25** - Análise de Variância – ANOVA para ratio.

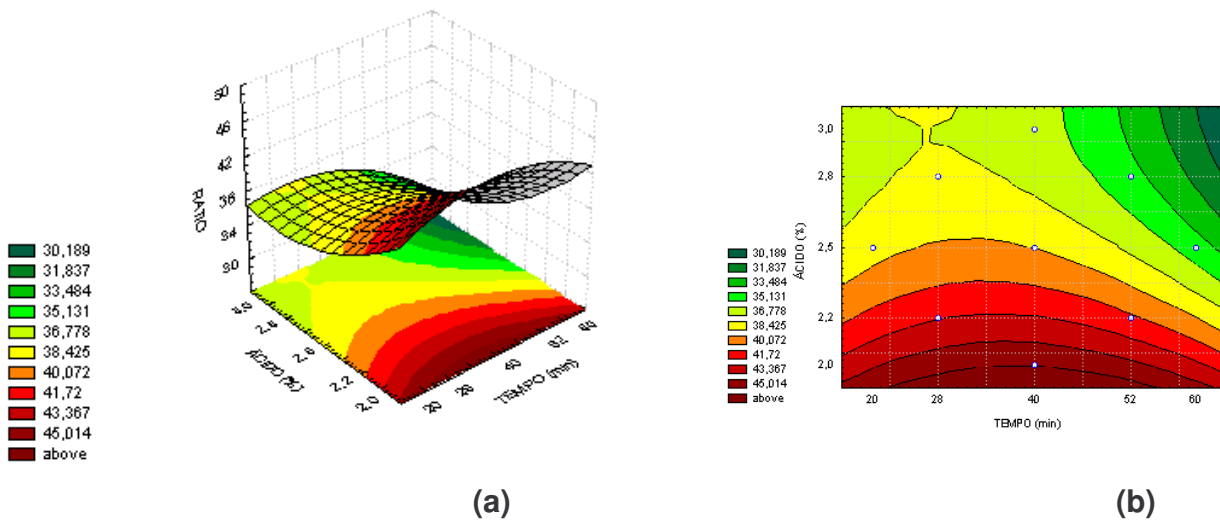
Fonte de Variação	S.Q.	G.L.	M.Q.	$F_{cal.}$	$F_{tabel.}$
Regressão	234,70	9,00	26,08	13,93	3,68
Resíduos	13,10	7,00	1,87		
Falta de Ajuste	11,41	5,00	2,28		
Erro Puro	1,70	2,00	0,85		
Total	247,81	16,00	15,49		

A Figura 34 representa o gráfico de Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para ratio, dentro do limite de confiança de 95%.

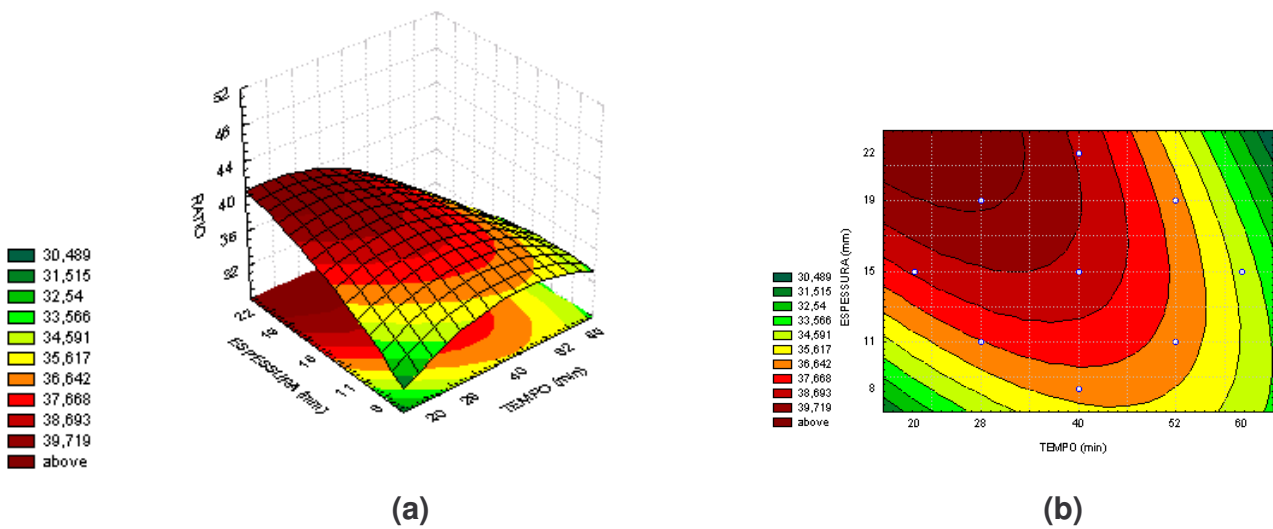


**Figura 34** - Valores previsíveis x valores experimentais obtidos para o ratio.

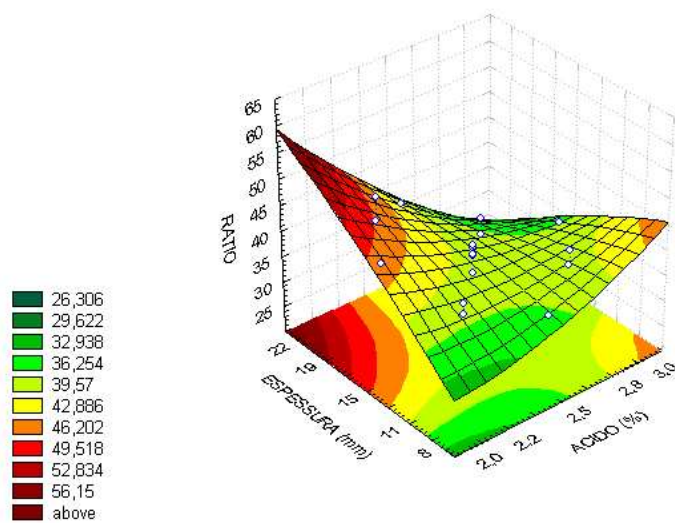
As Figuras 35, 36 e 37 mostram as superfícies de resposta e as curvas de contorno geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo, concentração de ácido cítrico e espessura.



**Figura 35** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para ratio, relacionando tempo de imersão e concentração de ácido cítrico.



**Figura 36** - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para ratio, relacionando tempo de imersão e espessura.



**Figura 37** - Superfície de resposta para ratio, relacionando espessura e concentração de ácido cítrico.

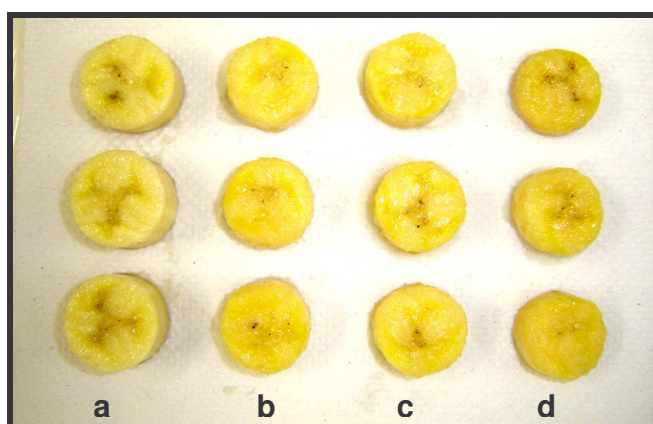
Nas Figuras 35 (b) e 36 (b) quando sobrepostas observa-se nas curvas de contorno que nas faixas selecionadas para nos itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 o ratio encontra-se numa faixa entre 34 a 36.

A variação do ratio nos experimentos realizados encontra-se na faixa de 31 a 43,5 como mostra a Tabela 13.

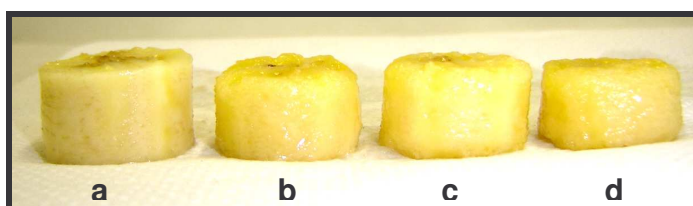
A análise da Figura 37 mostra que a redução do ratio ocorre a medida em se reduz a espessura e aumenta a concentração de ácido cítrico na solução osmótica.

### 4.3 Secagem

A secagem foi realizada após o tratamento de concentração osmótica. As Figuras 38 e 39 mostram a banana *in natura* (a), após 20 minutos de imersão (b), após 40 minutos de imersão (c) e após 60 minutos de imersão (d).



**Figura 38** - Cilindros de banana em diferentes tempos de tratamento – visão superior.

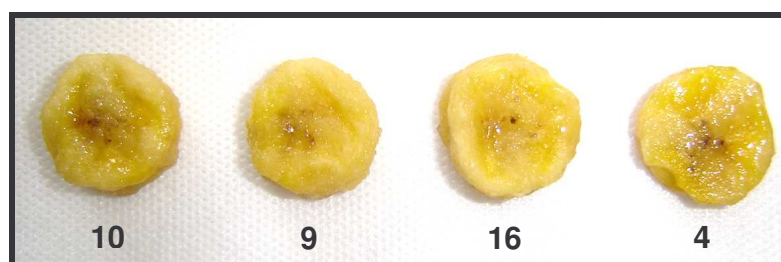


**Figura 39** - Cilindros de banana em diferentes tempos de tratamento – visão lateral.

As Figuras 38 e 39 mostram que os cilindros submetidos ao tratamento osmótico apresentam coloração e forma semelhante a amostra de banana *in natura*, porém a redução no tamanho fica evidente nos tratamentos tendo a amostra “d” como destaque. Pode-se explicar essa redução pela perda de peso decorrente do maior tempo de tratamento.



Os experimentos submetidos a secagem foram: 4, 9, 10 e 16 da Tabela 13. A Figura 40 mostra os cilindros de banana com 65% de sólidos após a secagem em estufa à temperatura de 60°C.



**Figura 40** - Cilindros de banana após secagem – visão superior.

Ao observar a Figura 40 nota-se que os cilindros de banana após a secagem com ar quente sofrem encolhimento, mas apresentam boas características em relação a aparência geral quando comparada com a banana *in natura*.

Fernandes *et al.* (2005), realizou um estudo com banana fatiada (20mm), onde avaliou a influência do pré-tratamento osmótico como uma alternativa para redução do tempo total de secagem da fruta com circulação de ar forçado. Comparou dois experimentos, um foi submetido a secagem sem pré-tratamento de concentração osmótica e outro foi submetido ao pré-tratamento e posteriormente levado para secagem em estufa. Para a concentração osmótica utilizou uma solução de açúcar invertido com 70°Brix e tempo de imersão de 109 minutos. Concluiu que o tempo de secagem na estufa chegou a reduzir em até 3 horas ao utilizar a pré-secagem osmótica.

#### 4.4 Análise Sensorial

Foi aplicado o teste afetivo de preferência e a Tabela 26 mostra o resultado final da análise sensorial.

**Tabela 26** – Resultado final da análise sensorial.

Amostras	Amostras			
	9	10	16	4
	71	74	75	79
9	71	03 *	04*	08*
10	74	---	01*	05*
16	75	---	---	04*
4	79	---	---	---

(\*) não diferem entre si a  $p \leq 0,05$ .

Ao analisar a Tabela 26 observa-se que não houve diferença significativa entre as amostras a 5% de significância, pois a diferença entre as amostras é inferior a 26, valor este estabelecido pela análise de Friedman conforme Tabela 10.

#### 4.5 Correlação entre sólidos totais/acidez e brix/acidez

Foi realizado um estudo baseado em dados estatísticos para avaliar se existe correlação entre sólidos totais/acidez e brix/acidez. Na Tabela 27 observa-se os resultados experimentais.

**Tabela 27** – Resultados experimentais para avaliação de correlação entre sólidos totais/acidez e brix/acidez.

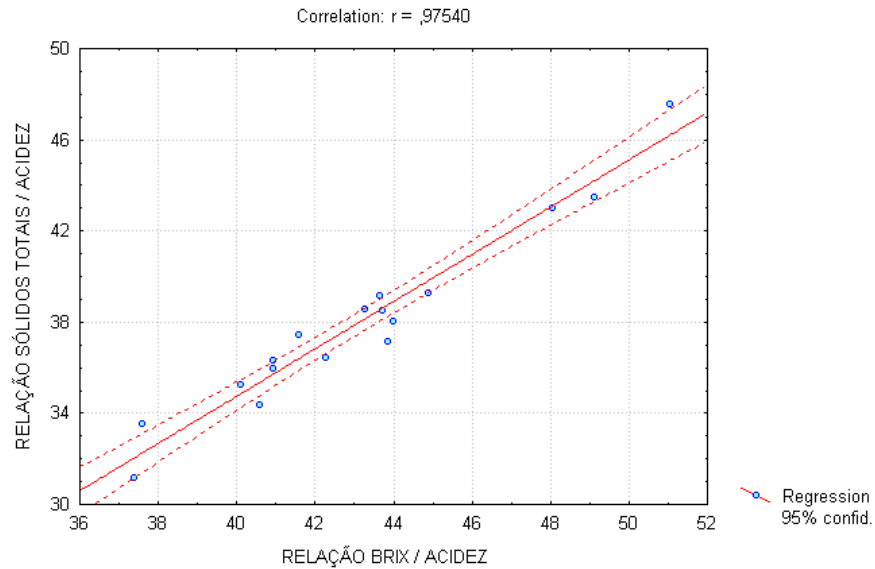
Experimentos	ST/A <sup>1</sup>	B/A <sup>2</sup>	ST/A / B/A *
1	42,27	36,47	1,16
2	43,69	38,50	1,13
3	43,65	39,19	1,11
4	40,91	36,31	1,13
5	51,03	47,59	1,07
6	48,05	43,01	1,12
7	40,58	34,36	1,18
8	37,39	31,19	1,20
9	43,83	37,19	1,18
10	37,59	33,58	1,12
11	49,12	43,50	1,13
12	40,93	35,97	1,14
13	40,09	35,28	1,14
14	43,98	38,06	1,16
15	43,27	38,57	1,12
16	44,87	39,30	1,14
17	41,58	37,47	1,11
		Média	1,14
		Desvio Padrão	0,03

(<sup>1</sup>)Relação entre sólidos totais / acidez total

(<sup>2</sup>)Relação entre brix / acidez total

(\*)Relação entre 1 e 2.

Os dados da Tabela 27 foram analisados estaticamente e são observados na Figura 41.



**Figura 41** - Correlação entre: relação sólidos totais/acidez e relação brix/acidez.

Ao analisar a Figura 41, observa-se que existe uma correlação de 97,54% entre a sólidos totais/acidez e brix/acidez. Na Tabela 27 observa-se que o resultado da relação sólidos totais/acidez é sempre maior que a relação brix/acidez e que a relação entre sólidos totais/acidez / brix/acidez mantém-se praticamente constante. Este fato pode ser explicado pela presença da fibra na amostra referente aos sólidos totais.

## 5 CONCLUSÕES

1. A pré-concentração osmótica nos cilindros de banana permitiu uma perda de umidade de 25,13 a 38,56%, perda de peso de 24,43 a 35,56% e uma pequena incorporação de sólidos variando entre 0,70 e 3,63%.
2. O tempo teve influência positiva no processo de concentração osmótica sendo diretamente proporcional a perda de umidade e perda de peso enquanto que a espessura mostrou-se inversamente proporcional a essas respostas.
3. A maior influência do ácido cítrico está relacionada com a resposta do ratio. Observou-se que o aumento no teor de ácido cítrico reduz o ratio do produto.
4. A análise sensorial demonstrou que a faixa de ratio compreendida entre 33 a 39 não apresentou diferença significativa ao nível de 5% de significância.
5. O produto final apresentou características organolépticas próximas das encontradas na fruta *in natura*.
6. A faixa de operação aceitável para esse processo está compreendida em: espessura entre 11 a 15 mm, tempo entre 52 a 60 minutos e por fim o ácido de 2,2 a 2,5%. Gráficamente observou-se que nessas condições a perda de peso está em torno de 31,2 a 32,5%, a perda de umidade aproximadamente 35% e a incorporação de sólidos entre 2,83 a 3,40. Nessa mesma faixa o ratio encontra valores que variam de 34 a 36.
7. Todos os modelos experimentais foram considerados preditivos por apresentarem regressão significativa ao nível de 95% de confiança e  $R^2$  superior a 0,93.

## 6 REFERÊNCIAS

ALI,M., BUTH ANI,K.K., ATAL,C.K. Chemical constituents of banana. **Journal of Scientific and Industrial Research**, 43 (6), p. 316-323, 1984.

ALVES, E.J. **A cultura da banana**. Aspectos Técnicos, Socioeconômicos e Agroindustriais. EMBRAPA, Brasília, DF, 1999. 585p.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). P. 191-199 São Paulo. 2006.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). São Paulo. 2002. 545p.

ANTONIO,G.C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de Banana Nanica (*Musa cavendishi*) e de Mamão Formosa (*Carica papaya L.*)** Campinas, 2002. 105p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

A.O.A.C Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**; 16th ed.; Washington, 1995.

A.O.A.C Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**; 14th ed.; Washington, 1984.

ARAÚJO, E. A. F. **Estudo da cinética de secagem de fatias de banana nanica (Musa ocimimiate Var. Cavendish) osmoticamente desidratada.** Campinas, 2000. 87p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BENASSI, M. T. **Análise do efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados.** 159p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. **Journal of food science**, Chicago, v. 58, n. 2, p. 357-360, 1993.

BOLIN, H. R.; 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.

BUCHWEITZ, P.R. **Avaliação da pré-secagem osmótica de kiwi (actinidia deliciosa) complementada por processos convencionais.** Campinas, 2005. 224p. Doutorado em tecnologia de alimentos - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CAMARGO, G.A. **Novas tecnologias e pré-tratamentos: tomate seco embalado a vácuo.** Campinas, 2005. 162p. . Doutorado em tecnologia de alimentos - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CAMARGO, G.A. Secagem de tomate seco em conserva e banana passa. Apostila, 2003.

CANÇADO JUNIOR, F.L., SOBRINHO, R.R., MAIA, D.M.M., GERALDO, L.G. Aspectos econômicos da cultura da bananeira em Minas Gerais. In.: Banana, produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, 20(196), p. 5-9, 1999.

CHAUCA, M.N.C **Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação de banana (*Musa spp nanica* (AAA))**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa M.G. 2000.

CONTRERAS, J. E.; SMYRL, T. G. An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 14, n.4, p. 310-314, 1991.

FALCONE, M.A.; SUAZO, C.A.T. Desidratação osmótica de 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.

FAO (Roma, Itália). **FAO statistical databases**: agricultural production: crops primary: Brazil: bananas. Disponível em://apps.fao.org/page/collections. Acesso em: 10 nov. 2004.

FERNANDES, F. A.N., RODRIGUES, S., GASPARETO, O.C.P. E OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**. p 1-6, 2005.

GARROTE, R.L., SILVA, E.R., BERTONE, R.A. Osmotic concentration at 5°C and 25°C of pear and apple cubes and strawberry halves. **Lebensmittel – Wissenschaft und-Technologie**, London, 15 (6) p. 321-325, 1982.



GINGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit. Part 1: sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 11, n. 3, p. 183-195, 1987.

GIOIELLI, L.A.; PITOMBO, R.N.M. Conservação de alimentos pelo controle da umidade. In: BARUFFALDI, R. & OLIVEIRA, M.N. (eds) **Fundamentos de tecnologia de alimentos** v.3, 1998.

GUERRA, M.P. Tópicos sobre a cultura da bananeira. Apostila da disciplina de horticultura aplicada segmento fruticultura – Bananicultura UFSC/CCA - Departamento de Fitotecnia, 2004.

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.

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.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas. Relatório referente ao estudo de mercado interno e externo para Banana São Paulo ago/2005 181p <http://www.codevasf.gov.br/> acesso em 02/jan/2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1, Métodos químicos e físicos para análise. 2. ed. São Paulo, 1976.

INVENTABRASILNET [www.inventabrasilnet.t5.com.br/pseudoba.htm](http://www.inventabrasilnet.t5.com.br/pseudoba.htm) acesso em 02/04/05.

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.

KOWALSKA,H.; LENART,A. Mass exange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 25, p. 151-166, 1995.

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de abacaxi (Ananas comosus L.) para aplicação à tecnologia de métodos combinados**. Campinas, 1997. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LAZARIDES,H.N. Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. In : FITO,P. Et al (Eds.). **Osmotic dehydration & vacuum impregnation**, Lancaster, Pensylvania, Technomic Oublishing Company, 2001, p.33-42.

LAZARIDES, H. N.; NICKOLAIDIS, A.; KATSANIDIS. Sorption changes induced by osmotic preconcentration of apple slices in different osmotic media. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 2, p. 348-359, 1995.

LAZARIDES, H. N.; MAVROUDIS, N. E. Freeze/thaw effects on mass transfer rates during osmotic dehydration. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 826-857, 1995.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, Monticello, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

LENART,A.; FLINK,J.M. Osmotic concentration of potato I: Criteria for the end-point of the osmosis. **Journal of Food Technology, Oxford**, v.19, p.45-63, 1984.

LENART,A.; LEWICK, P.P. Osmotic dehydration of apples at high temperature, 1990 (a). In: **DRYING'89**, ed. A.S. Mujumdar. Hemisphere Publishing Corporation, Bristol, U.S.A., p. 7-14, 1990.

LERICI,C.R.; PINNAVAIA, G. DALLA ROSA, M. E BARTOLUCCI,L. Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. **Journal Food Science**, v.50, p. 1217-26, 1985 a.

LEVI,A.; GAGEL,S., JUVEN,B. Intermediate moisture tropical fruits products for developing countries. **Journal of Food Technology** 18(6) p. 667-685, 1983.

MATTHIESEN, M. L. E BOTEON, M. Análise dos principais pólos produtores de banana no Brasil. p. 1-18. CEPEA/ESALQ [www.cepea.esalq.usp.br/pdf/banana.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/banana.pdf) acesso26/05/05.

MEDINA,J.C., BLEINROTH,E.W., MARTI,Z.J.D., TRAVAGLINI,D.A., OKADA,M., QUAST,D.G., HASHIZUME,T., MORETTI,V.A., BICUDO NETO,L.C., ALMEIDA,L.A.S.B., RENESTO,O.V. **Banana**:cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas, ITAL, Série Frutas Tropicais, 2ed, 3, 1995. 302 p.

NEWELL & MAC FARLANE. Journal Food Science, v.52, 6, p. 1721, 1987 In: SILVA, M. A. A. P. **Apostila de aulas teóricas** : análise sensorial de alimentos. Unicamp Campinas, 2004.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 281 p., 1988.

MOREIRA, R.S., **Banana**: teoria e prática de cultivo. Fundação Cargil Campinas, SP, 1987 p. 192.

MOTA, R.V., LAJOLO, F.M., CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa ssp*) durante o amadurecimento. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.17, n.2, p. 94-97, mai/ago., 1997.

MOY, J.K.; LAU, B.H.; DOLLAR, A.M. Effects of sucrose and acids on osmotic dehydration of tropical fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.2, p. 131-135, 1978.

OKADA, M.; VITALI, A.A.; CARVALHO, R.; NETO, R.O.T.; JARDIM, D.C.P. Fundamentos sobre secagem de sólidos. In: Travaglini, D.A. (Coord.) **Desidratação de frutas e hortaliças – manual técnico**. Campinas – SP, ITAL: pp1-38, 1987.

OLIVEIRA, S. S. et al. In: **A Cultura da banana**: Aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais. EMBRAPA, Brasília, DF, 1999. p. 85-105.

ORTIZ, R. Musa genetics. In: GOWEN, S. Ed. **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, p.84-109, 1995.

PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 267-284, 1998.

PARK, K. J.; BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T. Secagem de produtos agrícolas. In: **XI SEMEAGRI – SEMANA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DA UNICAMP**. Campinas (SP): Agrológica – Empresa Júnior de Engenharia Agrícola, pp. 41-55, 1999.

PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. **Process Biochemistry** n.8, p.18-20, 1973.

PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, Chicago, v. 20, n. 10, p. 1365-1368, 1966.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MELHORIA DOS PADRÕES COMERCIAIS E EMBALAGENS DE HORTIGRANJEIROS. Centro de Qualidade em Horticultura - CEAGESP. 1998.

QUERIDO, A. F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de cajú (*Anacardium occidentale*, L)**. 113p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

QUINTERO-RAMOS, A.; DE LA VEGA, C.; HERNÁNDEZ, E.; ANZALDÚAMORALES, A. Efect of the conditions of osmotic treatment on the quality of dried apple dices. **AICHE Symposium Series** , New York v. 89, n. 297, p. 108-113, 1993.

RAHMAN, M. S.; LAMB, J. Osmotic dehydration of pineapple. **Journal of Food Science and Technology**, Glasgow, v. 27, n. 3, p. 150-152, 1990.

RAOUL-WACK, A. L.; RIOS, G.; SAUREL, R.; GIROUX, F.; GUILBERT, S. Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, Ottawa, v. 27, n. 2, p. 207-209, 1994.

RAOULT-WACK, A.; L.; LENART, A.; GUILBERTS, S. Recent advances in dewatering through immersion in concentrated solutions. In: Drying of solids, ed. A. S. **Mujumdar International Science**, New York, p. 211-251, 1992.

RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. **Lebensmittel – Wissenschaft und technologie**, v.37, p.43-47, 2004.

RAOULT-WACK, A. L.; LAFONT, F.; RIOS, G.; GUILBERTS, S. Osmotic dehydration: study of mass transfer in terms of engineering properties. In: MUJUNDAR, A.; ROQUES, M. A. **Drying of Solids**, New York: Hemisphere, Publishing Company, 1989, p. 487-495.

RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S.; NIRANJAN,K.; KNORR,D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and technology**, v.13, p. 48-59, 2002.

ROBERT,L.J. **Dietary use of banana in health and disease**. New York, United Fruit Co., 1942.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F.; MAHARAJ, R. The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 123-135, 1996.

SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose**. 80p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SILVA,S.O., GASPAROTTO, L., MATOS, A. P., CORDEIRO Z. J. M., FERREIRA C. F. , RAMOS M. M. e JESUS O. N. **Programa de melhoramento de bananeira no Brasil - resultados recentes**. EMBRAPA mandioca e fruticultura , documentos n° 143, Cruz das Almas, BA, dez.2003. 36p.

SIMMONDS, N. W. **Los platanos**. Barcelona: Blume, 1973. 539p.

SOTO, B. M. **Banano: cultivo y comercialización**. San José: Litografía e Imprensa LIL 1992. 649p.

SOUSA, P. H. M., MAIA, G. A., SOUZA FILHO, M. S. M., FIGUEREDO, R. W., NASSU, R. T., & SOUZA NETO, M. A. (2003). Influência da Concentração e da Proporção Fruto:

Xarope na Desidratação Osmótica de Bananas Processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 23, 126–130.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. LONDON: academic Press, 1985.

STRINGHETA, P.C., MELLONI,P., FERNANDES,A.R., SILVA,C.A.B. Produção de banana passa In: **Projetos de empreendimentos agroindustriais:produtos de origem vegetal**. Editado por: SILVA,C.A.B. e FERNANDES, A.R. Universidade Federal de Viçosa-UFV Viçosa M.G.,2003 p. 23-57.

TALENS, P.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FITO, P.; CHIRALT, A. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwifruit. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Ottawa, v. 3, p. 191-199, 2001.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, London, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 247-253, 2001.

TRAVAGLINI,D.A.; NETO,M.P. BLEINROTH,E.W.; LEITÃO,M.F.F. Banana-passa princípios de secagem conservação e produção industrial. **Manual Técnico – 12** , ITAL Campinas,SP, 73 p. , 1993.



UDDIN, M.B.; AINSWORTH,P.; IBANOGLU,S. Evaluation of mass exange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.4, p.473-477, 2004.

VALLE, J. M.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 191-204, 1998.

VENTURA, F. C. **Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola**. 217p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 11, n.1, p. 63-84, 1991.

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.

## 7 ANEXOS

Anexo 1 - Modelo de ficha utilizada na análise sensorial.

Nome: _____ sexo: _____
Você está recebendo 4 amostras codificadas de banana passa. Por favor, prove da esquerda para a direita e coloque em ordem decrescente de preferência, ou seja, da que mais gostou para a que menos gostou em relação a acidez.
_____ mais gostou _____ menos gostou _____
Comentários: _____ _____