



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

CAROLINA TATAGIBA DA ROCHA

**OBTENÇÃO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E  
ACEROLA EM PÓ POR DIFERENTES PROCESSOS DE  
SECAGEM**

ALEGRE - ES  
JULHO – 2013

CAROLINA TATAGIBA DA ROCHA

**OBTENÇÃO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E  
ACEROLA EM PÓ POR DIFERENTES PROCESSOS DE  
SECAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Área de Concentração Processamento de Produtos de Origem Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva

Coorientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Pollyanna Ibrahim Silva

ALEGRE - ES

JULHO – 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

R672o Rocha, Carolina Tatagiba da, 1988-  
Obtenção de suco misto de açaí, morango e acerola em pó por diferentes processos de secagem / Carolina Tatagiba da Rocha. – 2013.  
79 f. : il.

Orientador: Luciano José Quintão Teixeira.

Coorientadores: Sérgio Henriques Saraiva, Pollyanna Ibrahim Silva.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Suco de frutas. 2. Frutas - Desidratação. 3. Vitamina C. 4. Tecnologia de alimentos. I. Teixeira, Luciano José Quintão. II. Saraiva, Sérgio Henriques. III. Silva, Pollyanna Ibrahim. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 664

---

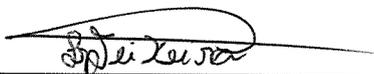
**CAROLINA TATAGIBA DA ROCHA**

**"OBTENÇÃO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E ACEROLA EM PÓ  
POR DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM"**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

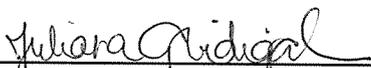
Aprovada em 25 de julho de 2013.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



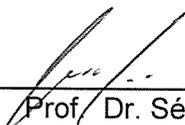
---

Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Orientador



---

Prof.ª Dr.ª Juliana Gonçalves Vidigal  
Instituto Federal Fluminense – IFF  
Examinadora



---

Prof. Dr. Sérgio Henrique Saraiva  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço a Deus por estar presente em todos os instantes da minha vida.*

*À minha família por me apoiar sempre.*

*À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realizar este curso.*

*À CAPES pela bolsa.*

*À todos os professores do PCTA-UFES, pelos ensinamentos.*

*Ao meu orientador: Luciano José Quintão Teixeira pelas orientações, conselhos e amizade.*

*Aos meus co-orientadores Sérgio e Pollyanna, pelas orientações fundamentais para a conclusão do trabalho.*

*Ao Prof. Sérgio, por realizar as análises estatísticas.*

*À Mila e Katia, por ajudarem na execução do projeto.*

*Aos amigos do PCTA pelos momentos agradáveis que passamos.*

*E à todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento simplex de dez tratamentos para três componentes.....	18
Tabela 2 – Valores de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e sólidos totais (ST) das polpas.....	28
Tabela 3 – Características químicas e sensoriais dos 10 tratamentos.....	29
Tabela 4 – Equações ajustadas para as variáveis químicas e sensoriais referentes as análises realizadas nas 10 formulações.....	31
Tabela 5 – Caracterização química e sensorial da formulação selecionada.....	39
Tabela 6 – Médias de densidade para cada concentração de aditivo.....	40
Tabela 7 - Parâmetros ajustados para o modelo exponencial.....	41
Tabela 8 – Equações ajustadas e coeficiente de determinação para índice de estabilidade.....	44
Tabela 9 – Parâmetros ajustados para o modelo de Page referente as curvas de secagem em diferentes temperaturas.....	46
Tabela 10 – Tempo de secagem e teor de vitamina C em função da temperatura de secagem.....	47
Tabela 11 - Parâmetros ajustados para o modelo referente às curvas de secagem a 60 °C.....	48
Tabela 12 - Parâmetros ajustados para o modelo de Page relativo às curvas de liofilização.....	50
Tabela 13 – Resultado do teste de Tukey para a variável umidade.....	51
Tabela 14 – Resultado do teste de Tukey para as variáveis Vitamina C, pH e Sólidos solúveis.....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de coordenadas triangular .....	10
Figura 2 - Diagrama de fases da água .....	11
Figura 3 - Oxidação do Ácido L-ascórbico .....	16
Figura 4 – Tratamentos representados em coordenadas triangulares.....	19
Figura 5 – Fluxograma da produção de espuma.....	22
Figura 6 – Planejamento experimental em pseudo componentes.....	30
Figura 7 – Diagrama ternário da superfície de reposta do modelo linear relativo ao teor de vitamina C.....	31
Figura 8 – Diagrama ternário da superfície de reposta do modelo linear relativo ao teor de sólidos totais.....	33
Figura 9 – Diagrama ternário da superfície de reposta do modelo linear relativo ao atributo cor.....	34
Figura 10 – Diagrama ternário da superfície de reposta do modelo linear relativo ao atributo sensorial sabor.....	35
Figura 11 – Diagrama ternário da superfície de reposta do modelo linear relativo ao atributo sensorial consistência.....	36
Figura 12 – Diagrama ternário da superfície de reposta do modelo linear relativo ao atributo sensorial impressão global.....	37
Figura 13 – Espumas obtidas ao utilizar Albumina (A) e Emustab® (B).....	42
Figura 14 – Densidade da espuma de polpa mista em função da concentração de aditivo. (A = albumina, E = Emustab®).....	42
Figura 15 – Índice de estabilidade da espuma em função da concentração de agente espumante.....	44
Figura 16 – Curvas de secagem para o leito de espuma em diferentes temperaturas.....	45
Figura 17 – Espuma antes da secagem (esquerda) e depois da secagem (direita).....	46
Figura 18 – Curvas de secagem a 60 °C para espuma e polpa mista.....	48
Figura 19 – Curva de secagem para a liofilização da polpa e da espuma.....	49
Figura 20 – Produtos secos. (A – espuma liofilizada; B – polpa liofilizada; C – Espuma desidratada com ar quente; D – polpa desidratada com ar quente.....	51

## RESUMO

ROCHA, Carolina Tatagiba. Obtenção de Suco Misto de Açaí, Morango e Acerola por diferentes processos de secagem. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira. Coorientadores: Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva e Pollyana Ibrahim Silva.

A preocupação da população em consumir alimentos mais saudáveis tem proporcionado um aumento do consumo de sucos de frutas sendo que o desenvolvimento de sucos mistos tem se caracterizado como uma nova tendência. A comercialização do suco na forma de pó apresenta vantagens quanto a estabilidade química e microbiológica. O presente estudo teve como objetivo desenvolver um suco misto em pó de açaí, morango e acerola utilizando dois processos de secagem: liofilização e secagem com ar quente. Seguindo o delineamento de mistura centroide simplex, preparou-se um suco misto com 10 formulações diferentes, com polpa de açaí variando entre 10 e 80%, morango entre 10 e 80% e acerola entre 10 e 80%. A soma das 3 variáveis foi mantida igual a 100%. As 10 formulações foram avaliadas quanto ao teor de vitamina C, sólidos totais e aceitação sensorial (cor, sabor, consistência e impressão global). A formulação selecionada foi aquela com boa aceitação sensorial e elevado teor de ácido ascórbico. Em seguida, testou-se 2 tipos de emulsificantes (Albumina e Emustab®) em 4 níveis (2.5, 5, 7.5 e 10%) para elaboração de uma espuma a partir da mistura de polpas na proporção previamente selecionada. As espumas foram avaliadas quanto a densidade e estabilidade. A espuma elaborada foi seca em 7 temperaturas (40, 45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C) e selecionou-se aquela que proporcionou menor perda de vitamina C. A mistura de polpas, bem como a espuma foram desidratadas em secador convencional e liofilizador e os produtos secos obtidos foram avaliados quanto a solubilidade e umidade de equilíbrio. Os sucos reconstituídos a partir dos pós provenientes dos diferentes processos foram comparados com o suco in natura quanto as seguintes características: coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ), acidez titulável, pH, sólidos solúveis e porcentagem de vitamina C. A formulação contendo 33,33% de cada polpa de fruta foi considerada a melhor. A espuma elaborada com 5% de albumina foi utilizada para as subseqüentes secagens devido a sua baixa densidade e boa estabilidade. A temperatura de 60 °C foi a que ocasionou menores perdas de vitamina C durante secagem em leito de espuma. Os pós obtidos pelos 2 processos apresentaram solubilidade média de 46,5%, considerada baixa. A umidade final foi menor para a espuma liofilizada (3,25%). O processo de liofilização foi mais eficiente na preservação da vitamina C do que o processo utilizando ar quente independente da adição de emulsificante. As coordenadas de cor, acidez titulável, sólidos solúveis e pH sofreram pequenas variações em função do tipo de processo. A adição de emulsificante aumentou o pH e o teor de sólidos solúveis. Em geral, pode-se concluir que é possível elaborar um suco misto em pó utilizando liofilização ou secagem com ar quente.

*Palavras-chave: delineamento de misturas; secagem; vitamina C.*

## ABSTRACT

ROCHA, Carolina Tatagiba. Achievement of Mixed Juice Açaí, Strawberry and Acerola by different drying processes. 2013. Dissertação (MSc in Food Science and Technology) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Adviser: Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira. Co-Adviser: Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva e Pollyana Ibrahim Silva.

The concern of the population in consume healthier foods has provided an increase in the consumption of fruit juices and the development of mixed juices has been characterized as a new trend. The sale of juice in powder form has advantages regarding chemical and microbiological stability. The present study aimed to develop a mixed powder juice of açaí, strawberry and acerola using two drying processes: freeze-drying and hot air drying. Following the design of mixing centroid simplex, prepared a juice mixed with 10 different formulations, with açaí ranging between 10 and 80%, strawberry between 10 and 80% and acerola between 10 and 80%. The total of the three variables was maintained at 100%. The 10 formulations were evaluated for vitamin C content, total solids and sensory acceptability (color, flavor, consistency and overall impression). The selected formulation was the one with good acceptability and high ascorbic acid content. Next, we tested two types of emulsifiers (Emustab and Albumin) in four levels (2.5, 5, 7.5 and 10%) for the preparation of a foam from the pulp mixture in preselected proportions. The foams were tested for density and stability. The foam produced was dried in 7 temperatures (40, 45, 50, 55, 60, 65 and 70 ° C) and was selected as the optimum temperature for drying provided smaller loss of vitamin C. The mixture of pulp and foam were dried in conventional dryer and lyophilizer and the dried products obtained were evaluated for solubility and moisture balance. The juices reconstituted from powders from the different processes were compared with the fresh juice as the following characteristics: color coordinates ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ), titratable acidity, pH, soluble solids and percentage of vitamin C. The formulation containing 33.33% of each fruit pulp was considered the best. The foam made with 5% of albumin was used for the subsequent drying due to its low density and good stability. The temperature of 60 ° C resulted in lower losses of vitamin C during the foam mat. The powders obtained by two processes showed solubility average of 46.5%, considered low. The final moisture content was lower for the freeze-drying foam (3.25%). The freeze-drying process was more efficient for the preservation of the vitamin C than the process using hot air regardless of the addition of emulsifier. The color coordinates, titratable acidity, soluble solids and pH suffered minor variations depending on the type of process. The addition of emulsifier increased the pH and the content of soluble solids. In general, it can be concluded that it is possible to produce a powdered juice mix using freeze-drying or drying with hot air.

*Keywords: mixture design; drying; vitamin C.*

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 MERCADO DE FRUTAS E SUCOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 BEBIDAS DE MISTURAS DE FRUTAS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA MISTURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 LIOFILIZAÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 SECAGEM POR LEITO DE ESPUMA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 VITAMINA C .....</b>	<b>15</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.1 DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E ACEROLA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2 DETERMINAÇÃO DO MELHOR AGENTE ESPUMANTE PARA SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.3 ANÁLISE FÍSICO QUÍMICAS DO SUCO MISTO EM PÓ E RECONSTITUÍDO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 MATÉRIA PRIMA .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS POLPAS UTILIZADAS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 FORMULAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1 ANÁLISE DE VITAMINA C.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.2 ANÁLISE DE TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.3 ANÁLISE SENSORIAL.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 CARACTERIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO SELECIONADA .....</b>	<b>22</b>
<b>3.6 DEFINIÇÃO DO MELHOR AGENTE ESPUMANTE PARA A SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6.1 PRODUÇÃO DA ESPUMA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.7 SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.8 LIOFILIZAÇÃO.....</b>	<b>25</b>

<b>3.9 ANÁLISE DE SOLUBILIDADE E UMIDADE DOS PÓS OBTIDOS APÓS SECAGEM</b> .....	25
<b>3.9.1 SOLUBILIDADE</b> .....	25
<b>3.9.2 UMIDADE</b> .....	26
<b>3.10 ESTUDO DO EFEITO DO TIPO DE PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DO SUCO RECONSTITUÍDO</b> .....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS POLPAS UTILIZADAS</b> .....	28
<b>4.2 DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E ACEROLA</b> .....	29
<b>4.3 CARACTERIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO SELECIONADA</b> .....	38
<b>4.4 DEFINIÇÃO DO MELHOR AGENTE ESPUMANTE PARA A ELABORAÇÃO DA ESPUMA</b> .....	40
<b>4.5 SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA</b> .....	45
<b>4.6 SECAGEM EM LIOFILIZADOR</b> .....	49
<b>4.7 ANÁLISE DE SOLUBILIDADE DOS PÓS OBTIDOS POR LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO</b> .....	51
<b>4.8 EFEITO DO PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS</b> .....	53
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

É crescente a demanda por frutas na dieta dos consumidores uma vez que estas são consideradas, do ponto de vista nutritivo, como complemento dos alimentos básicos. A utilização de frutas para elaboração de sucos possibilita maior diversificação na oferta das mesmas e é uma alternativa para a utilização dos excedentes de produção. Logo, o interesse pelo consumo de frutas se estende também aos produtos de frutas processados, tais como néctares e sucos (MAIA et. al., 2009).

O suco processado é um substituto das bebidas carbonatadas devido ao seu valor nutritivo e a preocupação da população em relação ao consumo de alimentos mais saudáveis. O consumo de sucos processados tem aumentado, motivado por sua praticidade e falta de tempo da população para preparar sucos *in natura* (MATSUURA e ROLIM, 2002).

A mistura de mais de uma fruta para produção de sucos é uma tendência observada no mercado. Esses sucos mistos apresentam vantagens, tais como: complementação dos nutrientes de diferentes frutas, possibilitando aumento das características nutricionais e desenvolvimento de novos sabores (BARBOSA, 2010).

O açaí é um fruto altamente perecível, tendo uma vida de prateleira de 12 horas mesmo sob refrigeração (COHEN e ALVES, 2006). Contém elevado teor calórico e baixos teores de açúcar e ácidos orgânicos. É rico em antocianinas e compostos fenólicos (VENTURINI FILHO et al., 2010), e também uma fonte de tocoferol (vitamina E), importante antioxidante natural (MENEZES, 2005).

O morango é fonte de vitamina C, vitamina A, folatos (QUINATO et al., 2007) e compostos fenólicos (ROCHA et al., 2008). Também é rico em minerais como cálcio e ferro (IBGE, 1999).

A acerola é uma fruta de elevada acidez, baixo valor de pH e baixo teor de açúcares. Essas características fazem com que ela seja, muitas vezes, consumida misturada com outras frutas. Sua principal característica é o elevado teor de vitamina C (20 vezes maior do que o encontrado na laranja), sendo este o principal responsável pelo seu alto valor nutricional (VENTURINI FILHO et al., 2010). Devido a essa característica a acerola ou suco de acerola tem sido

utilizado como agente enriquecedor em sucos e néctares pobres em vitamina C (MATSUURA e ROLIM, 2002; LEONE, 2009).

Uma alternativa para solucionar problemas relacionados com a estabilidade de sucos e néctares líquidos é o armazenamento e transporte na forma de pó (KOROISHI et al., 2009). A secagem melhora a estabilidade, por meio da redução da atividade de água, mantendo-os sem deterioração por mais tempo (CHEN e MUJUMDAR, 2008). Além disso, os alimentos secos têm como vantagens economia no transporte, fácil distribuição até o consumidor e possibilidade de armazenamento em condições ambientais desde que adequadamente embalado (PITOMBO, 1990).

Em geral, os processos de secagem podem ser divididos em dois grandes grupos: a pressão atmosférica ou a pressão reduzida. Os processos a pressão reduzida utilizam temperaturas relativamente baixas e são mais úteis para inibir microrganismos do que para destruí-los. Os processos a pressão atmosférica podem envolver temperaturas elevadas, destinadas a alcançar alta taxa de secagem (CHEN e MUJUMDAR, 2008).

A escolha do método de secagem é importante, uma vez que pode afetar a qualidade nutricional, assim como características de aparência, sabor e odor. Dentre os processos de secagem, a liofilização e o leito de espuma são recomendados para alimentos sensíveis ao calor. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um suco misto em pó de açaí, morango e acerola utilizando dois processos de secagem: liofilização e secagem a quente. Os objetivos específicos são:

- Encontrar a proporção de açaí, morango e acerola ideal para a formulação de suco misto;
- Obter uma emulsão de baixa densidade e estável para acelerar o processo de secagem;
- Estudar a perda de vitamina C em função da temperatura durante secagem em leito de espuma;
- Obter um suco misto em pó por meio de secagem com ar quente e liofilização utilizando polpa mista e espuma; e
- Comparar os produtos obtidos pelos diferentes processos: secagem a quente e liofilização.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 MERCADO DE FRUTAS E SUCOS**

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, depois da China e da Índia, superando os 44 milhões de toneladas em 2011 (ANUÁRIO DA FRUTICULTURA, 2013). Cerca de 47% da produção é destinada ao mercado de frutas frescas e 53% ao mercado de frutas processadas (IBRAF, 2013). A fruticultura está disseminada em todo país, sendo São Paulo o maior produtor, seguido pela Bahia. O Espírito Santo aparece na 11ª posição, com 13 polos de frutíferas e 85 mil hectares de terra cultivadas, tendo produzido 1,3 milhão de toneladas em 2012 (ANUÁRIO DA FRUTICULTURA, 2013).

As campanhas de incentivo ao consumo de alimentos saudáveis tem proporcionado um crescimento para o mercado de frutas frescas e processadas, incluindo sucos e néctares de frutas (SEAG, 2012).

Em 2012, as exportações de frutas frescas aumentaram 1,73%, retratando o bom desempenho da balança comercial da fruticultura. Além disso, o consumo interno também aumentou devido ao aumento do poder aquisitivo dos brasileiros (ANUÁRIO DA FRUTICULTURA, 2013).

O Brasil possui uma infinidade de frutas apreciadas em todo o mundo, além de frutas exóticas pouco conhecidas, representando um grande potencial para o desenvolvimento de novos produtos (FREITAS e MARTTIETTO, 2013).

Agregar valor à fruticultura por meio da produção de bebidas a base de frutas é uma alternativa interessante uma vez que ocorreu uma valorização dos derivados líquidos de frutas no exterior nos últimos anos (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012). Além disso, a diversidade de frutas tropicais passíveis de exploração no Brasil abre uma oportunidade no que diz respeito a produção e exportação de sucos e similares, propiciando a oportunidade ao produtor de comercializar seu produto o ano todo (LEONE et al., 2011).

Entre 2005 e 2010 as bebidas não alcoólicas ganharam espaço entre todas as bebidas produzidas no Brasil, e neste setor destacou-se o segmento de sucos nas mais diversas formas de apresentação do produto, principalmente as formas prontas para consumo (ABIR, 2011; SILVA et al., 2011).

Em 2010 a categoria de sucos e néctares prontos para consumo cresceu 14,9%, a de suco em pó cresceu 3,9% e a de sucos concentrados registrou crescimento de 2,3% (ABIR, 2011). Esse quadro pode ser explicado devido ao perfil do consumidor moderno que busca por produtos prontos para consumo ou de fácil preparo (MARTINS et al., 2011).

Em 2011 os sucos de frutas brasileiros conquistaram boa remuneração no mercado externo, gerando uma entrada de 2,6 bilhões de dólares no país. A grande maioria do suco exportado é proveniente da laranja, sendo o Brasil um dos líderes em produção e exportação desse produto (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012; BRASIL, 2013).

## **2.2 BEBIDAS DE MISTURAS DE FRUTAS**

Os sucos são apreciados devido ao seu sabor agradável e por suas propriedades funcionais e nutricionais, sendo as vitaminas os compostos com função biológica mais importante na maioria dos sucos (LEONE et al., 2011).

O consumo de sucos de frutas industrializados têm aumentado motivado principalmente pela vida acelerada da população urbana, praticidade fornecida por néctares prontos para beber, facilidade de reconstituição de sucos concentrados ou em pó e pela demanda por produtos que sejam seguros (MOREIRA et al., 2012; MATSUURA e ROLIM, 2002).

A mistura de mais de uma fruta para produção de sucos e néctares é uma tendência observada no mercado (BARBOSA, 2010). Apresentando várias vantagens (BATES et al., 2001):

- Compensar o alto custo de algumas frutas misturando com outras mais baratas;
- Balancear sabores fortes, acidez elevada, adstringência ou amargor;
- Corrigir baixo nível de sólidos solúveis;
- Equilibrar sucos com sabores fracos mas com outras características desejáveis;
- Melhoria de cor;
- Complementação de nutrientes fornecidos por frutas diferentes;
- Melhoria de consistência;

- Balancear relação °Brix/Acidez, que influencia na percepção sensorial do açúcar e da acidez.

O teor de polpa de fruta e a presença de componentes opcionais resulta em várias bebidas a base de frutas distintas (SOUSA, 2006), tais como: sucos, sucos tropicais, néctares e refrescos. A legislação brasileira não possui regulamento técnico específico para bebidas de frutas mistas, mas possui definições dentro de cada categoria:

Segundo o Decreto nº 2.314, de 04 de setembro de 1997 (BRASIL, 1997) suco misto é o suco obtido pela mistura de duas ou mais frutas e das partes comestíveis de dois ou mais vegetais, ou dos seus respectivos sucos, sendo a denominação constituída da palavra suco, seguida da relação de frutas e vegetais utilizados, em ordem decrescente das quantidades presentes na mistura. O suco não deve ser fermentado, concentrado ou diluído. O mesmo decreto traz a definição para refresco misto: refresco misto ou bebida mista de frutas ou de extratos vegetais é a bebida obtida pela diluição em água potável da mistura de dois ou mais sucos de frutas ou de extratos vegetais, devendo o somatório do teor de sucos e extratos vegetais ser estabelecido em ato administrativo.

De acordo com a Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003 (BRASIL, 2003) suco tropical misto é o produto obtido pela dissolução, em água potável, de duas ou mais polpas de frutas polposas de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos da fruta, submetido a tratamento que assegure sua conservação e apresentação até o momento do consumo. Segundo a mesma legislação o suco tropical cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico, deve conter um mínimo de 50% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez alta ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte que, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 35% (m/m).

A legislação não possui definição para néctar misto, mas néctar é a bebida não fermentada, obtida da diluição em água potável da parte comestível do vegetal e açúcares ou de extrato vegetais e açúcares, podendo ser adicionada de ácidos, e destinada ao consumo direto (BRASIL, 1997). O néctar cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada

em Regulamento Técnico específico deve conter no mínimo 30% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte e, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (m/m) (BRASIL, 2003).

Vários estudos envolvendo bebidas mistas a base de frutas já foram conduzidos.

A soma de componentes nutricionais não encontrados nos sucos individuais é uma das vantagens da elaboração de bebidas mistas. Nesse sentido, Neves et al. (2011) estudaram o incremento nutricional de sucos de maracujá e abacaxi por meio da adição de néctares de frutos tropicais e nativos da Amazônia, conseguindo obter blends com características nutricionais mais bem equilibradas do que os néctares individuais.

González-Molina et al. (2009) desenvolveram bebidas mistas de limão e romã e estudou sua composição de flavonoides e vitamina C, bem como sua estabilidade, capacidade antioxidante e cor, durante 70 dias de estocagem. A formulação com 75% de suco de romã e 25% de suco de limão apresentou elevada capacidade antioxidante, alto teor de vitamina C e melhores propriedades de cor ao longo desse período. Neste estudo foi observado que o ácido ascórbico pode acelerar a degradação de antocianinas por meio de reação de condensação, bem como relatado o efeito protetor de compostos bioativos dos romãs sobre a vitamina C do suco de limão. Deste modo, pode-se destacar a interação entre os compostos presentes nas matérias primas como mais uma característica importante dos blends de frutas, sendo essas interações benéficas ou maléficas.

Muitos estudos tem sido conduzidos utilizando polpa ou suco de acerola para aumentar o teor de ácido ascórbico em blends de sucos, porém sua proporção deve ser bem definida uma vez essa possui uma limitação quanto ao apelo sensorial (MATSUURA et al., 2004; MATSUURA e ROLIM, 2002; SOUSA, 2006; LEONE, 2009; FARAONI et al., 2012). Com esse objetivo Faraoni et al. (2012) desenvolveram um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de mistura para determinar as proporções das polpas. O estudo concluiu que as polpas de manga e goiaba deveriam participar em maior proporção pois favorecem a aceitação, porém a polpa de acerola contribui para o aumento do teor de vitamina C mesmo em menor proporção. A formulação

com 13,65% de manga, 18,20% de goiaba e 3,15% de acerola foi a de melhor aceitação pelos consumidores.

Alguns autores mostraram que o suco de caju também pode ser utilizado com o objetivo de aumentar o teor de vitamina C em sucos mistos. Inyang e Abah (1997) utilizaram suco de caju para enriquecer suco de laranja e concluíram que a mistura de 60% de suco de caju e 40% de suco de laranja resultava em uma boa fonte de vitamina C. Além disso o suco de laranja aumenta a aceitabilidade do suco de caju, melhorando sua utilização. Akinwale (2000) concluiu que o suco de caju pode ser utilizado para fortalecer a qualidade nutricional de alguns sucos pobres em vitamina C, tais como abacaxi, manga e laranja. Esses, por sua vez, melhoram a aceitabilidade do suco de caju em relação aos atributos de gosto, cor e consistência. Carvalho et al. (2005) adicionaram suco de caju clarificado (cajuína) à água de coco e observaram uma incorporação evidente de vitamina C até proporções de 20% de cajuína e, acima desse valor, o aumento no teor da vitamina não foi tão relevante que justificasse sua utilização.

A elaboração de suco misto pode melhorar as características sensoriais dos componentes isolados. Branco et al. (2007) desenvolveram um blend de cenoura e suco de laranja a fim de avaliar sua aceitabilidade e estudar sua estabilidade ao longo do tempo de armazenamento. O estudo avaliou duas concentrações de cenoura (5 e 25 %) e duas concentrações de açúcar (15 e 30 °Brix). As formulações com menores concentrações de cenoura foram as preferidas independente da concentração de açúcar. Ao final de 60 dias de armazenamento o blend reteve 90,91% do ácido ascórbico e 78,79% de carotenóides totais.

Megías et al. (2005) determinaram a concentração mínima de suco tropical concentrado (maracujá, abacaxi e banana) adicionado ao suco de uva para que este seja percebido como uma mistura. Os resultados mostraram que a partir da mistura de 1% de suco tropical ao suco de uva já era possível perceber diferença. Além disso, o estudo relatou que a mistura de suco de abacaxi com suco de uva foi a preferida pelos provadores.

Como alternativa para agregar valor às matérias primas, Morzelle et al. (2009) desenvolveram um néctar misto de ata e maracujá e o produto obteve médias 8 para o atributo avaliação global em uma escala hedônica de 9 pontos. Isso implica que o néctar misto tem potencial tecnológico para agregar valor à

fruta do cerrado. Seguindo este estudo, Morzelle et al. (2011) formularam um néctar misto de maracujá e araticum e obtiveram produtos com boa aceitação sensorial. Freitas e Mattietto (2013) avaliaram blends de frutas da Amazônia (açai, cupuaçu, camu-camu, manga, graviola, acerola e cajá) e a concentração de açúcar ideal para os dois blends preferidos utilizando de análise sensorial. Para o blend cupuaçu-acerola-açai, a concentração ótima de açúcar foi 9,5 g/100 mL; para blend graviola-camucamu-taperabé a concentração ótima foi 10,7 g/100 mL.

Em um estudo com sucos de maçã, Jorge et al. (1998) misturaram duas variedades da fruta em proporções de 75 e 25%, 50 e 50% e 25 e 75% a fim de balancear a acidez e doçura e encontrar um “blend” bem aceito pelos provadores. O estudo concluiu que a mistura de 75% de Fuji e 25% de Granny Smith, que apresenta 14,66% de sólidos solúveis e 0,35% de ácido titulável é a preferida pelos consumidores.

Alguns autores estudam a adição de componentes com alegações de adicionar determinadas propriedades às bebidas mistas. Abreu et al. (2011) elaboraram uma bebida mista à base de manga, maracujá e caju adicionada de prebióticos, sendo que a bebida contendo inulina padrão foi a de melhor aceitação por parte dos consumidores. No mesmo sentido, Silva et al. (2011) elaboraram bebidas mistas à base de cajá e manga, na forma “pronto para beber”, com propriedades prebióticas e concluiu que a que continha frutooligosacarídeos foi a mais aceita pelos provadores, tendo uma aceitação sensorial superior ao néctar tradicional (controle). Sousa et al. (2010) desenvolveram formulações de néctares mistos de frutas tropicais, acrescidos de diferentes concentrações de extratos de Ginkgo biloba, Panax ginseng e misturas de Ginkgo biloba e Panax ginseng. O resultado encontrado foi que e a adição de extrato de Panax ginseng até a concentração de 20 mg/100 mL de néctar e a mistura dos extratos, em concentrações de 7,5 mg/100 mL de néctar de cada extrato, apresentam boa aceitação sensorial. Leone (2009) adicionou uma hortaliça ao suco misto de frutas com o objetivo de aumentar o teor de luteína neste e também obteve boa aceitação.

## 2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA MISTURAS

Alimentos são formados pela mistura de vários componentes sendo, importante determinar a proporção dos componentes que gera um resultado desejável em relação a um determinado atributo de qualidade (VIEIRA e DAL BELLO, 2006). Muitos trabalhos envolvendo sucos mistos utilizam o planejamento experimental para misturas como meio para definir as proporções que serão estudadas (SOUSA, 2006; FARAONI, 2009; LEONE, 2009; KUMAR et al., 2010; SHIBY et al., 2013; PEREIRA et al., 2009; KARAMAN et al., 2011).

O planejamento experimental para misturas tem uma diferença em relação aos outros planejamentos de otimização (planejamento fatorial, superfície de resposta e planejamento simplex), pois as propriedades de uma mistura são determinadas pela proporção entre os componentes, e não pela sua quantidade total. As proporções de cada componente são dependentes e a soma de todas elas deve dar 100% (BARROS NETO et al., 1995; SOUSA, 2006). Devido a essa interdependência, o espaço experimental, denominado simplex, terá dimensão de uma unidade a menos do que o número de componentes ( $q$ ) usado na formulação, ou seja, igual a  $(q-1)$  e, portanto, a representação geométrica do espaço contendo  $q$  componentes consiste de todos os pontos de uma figura regular de dimensão  $(q-1)$  (REIS e ANDRADE, 1996).

No caso de experimentos com misturas de três componentes, a região experimental, denominada simplex, pode ser representada com a utilização de triângulo equilátero (Figura 1), no qual cada vértice representa o componente puro, os lados representam misturas binárias e no interior estão as possíveis misturas ternárias.

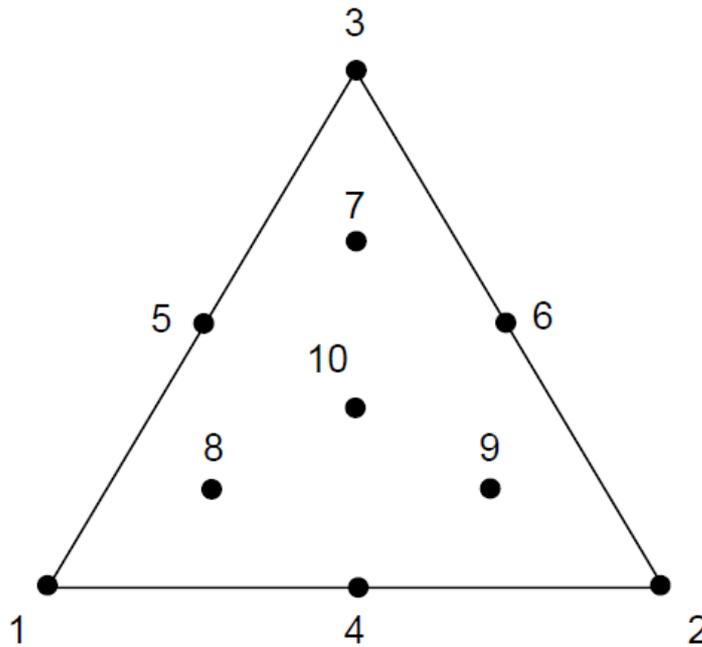


FIGURA 1 – Sistema de coordenadas triangulares (HARE, 1974).

Nesse simplex são montados planejamentos experimentais que vão possibilitar a obtenção de modelos matemáticos que irão representar o comportamento do sistema em todo espaço experimental (REIS e ANDRADE, 1996).

## 2.4 LIOFILIZAÇÃO

Liofilização é um processo em que o produto é congelado e em seguida uma quantidade de solvente é reduzida por sublimação, seguida de dessorção até valores que não irão favorecer o crescimento de microrganismos ou reações químicas (JENNINGS, 2008). De forma simples, define-se a secagem por liofilização como sendo o processo de congelamento da água contida no material seguido de sublimação do gelo (RATTI, 2001). Para que isso ocorra o alimento é submetido a uma série de etapas durante o processamento: congelamento, sublimação e dessorção.

O processo de congelamento é um passo fundamental na liofilização. Em um sistema aquoso, a água forma cristais de gelo e os solutos são confinados na região intersticial entre os cristais. A temperatura de congelamento depende da natureza dos constituintes (JENNINGS, 2008). Este

estágio influencia os parâmetros que caracterizam a transferência de calor e massa no produto durante a secagem, uma vez que nele se define o tamanho, a forma e a distribuição dos poros que serão formados na etapa seguinte (LIAPS et al., 1996 citado por MARQUES, 2008). Esses poros facilitarão o movimento do vapor d'água e posterior reidratação dos produtos (ORDÓÑEZ, 2005).

Na etapa de sublimação a pressão no liofilizador é reduzida e o calor é aplicado ao material para que ocorra a sublimação do gelo (MARQUES, 2008). Com o decorrer da secagem o gelo sublima e a interfase de sublimação, que começa na camada externa do alimento, recua para o interior e uma camada porosa de material seco permanece. Os vapores passam através dos poros formados pelo gelo sublimado e a secagem primária termina quando todos os cristais de gelo foram removidos (GEORGE e DATA, 2002). Segundo Fellows (2006) o teor de umidade ao final desta etapa é cerca de 15%.

Para que ocorra sublimação, a pressão no liofilizador deve ser menor que a pressão de vapor de equilíbrio do solvente congelado. Se o solvente é a água pura, é necessário que a pressão seja mantida abaixo de 4,58 Torr (610,5 Pa) e a temperatura seja menor que 0°C. Desta forma, quando o alimento é aquecido o gelo sublima diretamente a vapor (FELLOWS, 2006). As condições de pressão 4,58 mmHg e 0°C referem-se ao ponto triplo da água. Neste ponto as 3 fases coexistem. Abaixo deste ponto a água congelada do alimento passará diretamente para o estado de vapor conforme pode ser visualizado na Figura 2.

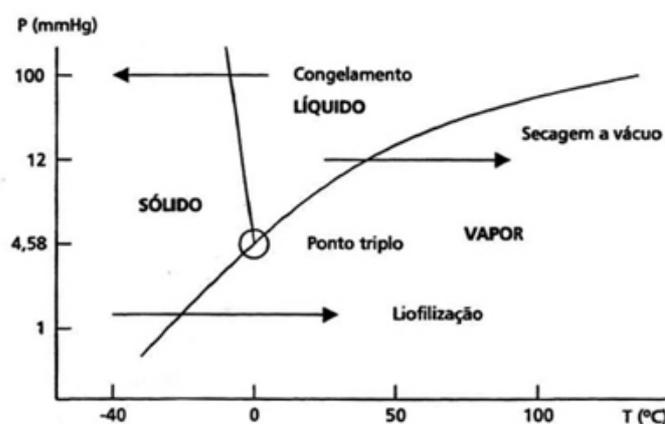


FIGURA 2 - Diagrama de fases da água (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

A secagem secundária ou dessorção consiste na secagem da água não congelada, por meio de evaporação, até 2% de umidade. Nesta etapa a

temperatura do secador é elevada até uma temperatura próxima da temperatura ambiente mantendo-se a pressão baixa. A temperatura na superfície do produto seco não deve ultrapassar 65°C para não desnaturar proteínas ou ocasionar outras mudanças químicas que afetariam a qualidade do produto (FELLOWS, 2006).

Devido a temperatura utilizada no processo e o fato da secagem ocorrer sem presença de água livre, os produtos liofilizados possuem melhor qualidade e maior vida de prateleira quando comparados com outros métodos de desidratação. Os alimentos liofilizados apresentam redução significativa da contração do produto, da decomposição térmica de nutrientes, da perda de voláteis, das reações enzimáticas e da desnaturação de proteínas quando comparados aos métodos térmicos (OETTERER, 2006; ORDÓÑEZ, 2005).

Rocha (2010) constatou que não há diferença entre a aceitação sensorial de camarões marinhos liofilizados e não liofilizados, e ainda que este método de conservação foi eficaz na inibição de coliformes totais, coliformes a 45°C, *Salmonella sp*, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus coagulase* positivo.

Na liofilização é possível uma retenção de 80 a 100% do aroma, pois estes ficam presos na matriz do alimento e não são arrastados pelo vapor de água produzido pela sublimação (FELLOWS, 2006). Isso ocorre devido à difusão seletiva da água através da matriz liofilizada uma vez que o coeficiente de difusão da água é maior que o das moléculas voláteis na condição de liofilização. Em escala macromolecular, a retenção dos voláteis ocorre pelo aprisionamento das moléculas de voláteis em microrregiões da matriz liofilizada durante o congelamento, antes da sublimação do gelo. Os alimentos solidificam-se num estado amorfo e, em consequência da existência de volume livre nesses sólidos, é possível a retenção de outras moléculas. O estado cristalino é incapaz de reter substâncias devido seu limitado volume livre (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

Krokida (2006) realizou um experimento monitorando substâncias voláteis responsáveis pelo sabor de maçã no processo de secagem convencional e liofilização. Foi constatado que a retenção de voláteis em amostras de maçã foi maior no produto liofilizado.

A matriz do produto liofilizado possui uma estrutura porosa de volume igual a do produto congelado (JENNINGS, 2008). Essa estrutura é resultado da mínima contração do produto durante a liofilização que preserva a forma e o

tamanho original do alimento. Porém, a porosidade possibilita a entrada de oxigênio e, conseqüentemente, oxidação dos lipídeos. Entretanto, ocorrem alterações mínimas em proteínas, carboidratos e vitaminas, com exceção da tiamina e ácido ascórbico que sofrem alterações moderadas (FELLOWS, 2006).

Sipoli et al. (2007) observaram uma perda de 30% de vitamina C em pó solúvel de acerola obtido com liofilização. Marques (2008) observou uma perda de 27%, 37%, 3% e 7% desta vitamina para abacaxi, goiaba, manga e mamão papaya, respectivamente. Porém, Menezes *et al.* (2009) observaram que o pó de acerola verde liofilizado apresentou mais que o dobro do teor de vitamina C do pó seco em estufa por circulação de ar.

A vida de prateleira de produtos liofilizados pode chegar a um ano em temperaturas ambiente. Porém, durante o armazenamento é necessário utilizar embalagens adequadas por se tratarem de produtos sensíveis a oxidação, frágeis e muito higroscópicos (ORDÓÑEZ, 2005).

## **2.5 SECAGEM POR LEITO DE ESPUMA**

Na secagem em leito de espuma os alimentos líquidos são transformados em uma espuma estável pela adição de um agente espumante seguido de aeração. Após, a espuma formada é espalhada em bandejas de 2 a 3 mm e seca em temperaturas menores que 70 ° C. Por fim, o leito poroso de alimento seco é moído para obtenção de um produto em pó (FELLOWS, 2006).

A secagem em leito de espuma é aproximadamente 3 vezes mais rápida do que a secagem de uma camada similar de líquido. A rápida secagem e a baixa temperatura resultam em produtos de alta qualidade, devido à alta retenção de aromas e nutrientes, e de fácil reidratação (FELLOWS, 2006; VERNON-CARTER et al., 2001, FRANCIS, 2000).

Um grande volume de espuma produz uma quantidade de produto seco relativamente pequena, logo, para altas taxas de produção, é necessário uma grande área superficial, o que implica em alto custo inicial (FELLOWS, 2006). Outras desvantagens são que os aditivos podem modificar as características de cor e aroma dos alimentos e o produto formado é altamente higroscópico, necessitando ser armazenado em ambientes com baixa umidade relativa de ar (MARQUES, 2009).

A espuma aumenta a superfície de contato e a transferência de calor e, além disso, a capilaridade através dos poros facilita a perda de umidade (FRANCIS, 2000). As variáveis que afetam a formação, a estabilidade e a densidade da espuma incluem natureza química do fruto, teor de sólidos solúveis, fração de celulose, tipo e concentração de agente espumante, tipo e concentração de agente estabilizante (KARIM e WAI, 1999).

A massa específica e a estabilidade da espuma são as características mais relevantes para uma posterior secagem por leito de espuma, por isso é importante conhecer as concentrações ideais do aditivo em cada produto (CRUZ, 2013).

A estabilidade pode ser avaliada indiretamente a partir da porcentagem de espuma coalescida. As espumas são consideradas dispersões de bolhas de gás em um volume relativamente pequeno de líquido. A coalescência de bolhas vizinhas por meio da ruptura da película ocorre juntamente com a difusão de bolhas de gás através do líquido, separando fase gasosa da fase aquosa. O desafio para o processamento é evitar essa separação adicionando agentes estabilizantes (RATTI e KUDRA, 2006).

A medida que o agente espumante é adicionado, uma maior quantidade de ar é incorporado, e a densidade final da espuma diminui. Porém, um limite crítico para adição do aditivo deve ser respeitado uma vez que acima desse valor a espuma fica instável, esta instabilidade também ocorre quando são empregados tempos muito longos de agitação para formação da espuma. A densidade considerada ideal para secagem em leito de espuma está entre 0,3 – 0,6 g/mL (FALADE et al., 2003; RATTI e KUDRA, 2006).

Vários produtos vem sendo utilizados como agentes espumantes no processo de secagem por leito de espuma.

A albumina é um alimento hiperprotéico, à base de proteínas de alto valor biológico, geralmente derivada do ovo. Na indústria é empregada como emulsificante de alimentos e cosméticos (SOARES, 2009). Krasaekoopt e Bhatia (2012), ao desenvolverem um iogurte em pó utilizando leito de espuma, testaram a albumina e a metilcelulose como agentes emulsificantes. Os resultados mostraram que a albumina na concentração de 3% produziram uma espuma com boa estabilidade, baixa densidade e alta expansão. Kadam e Balasubramanian (2011) estudaram o efeito da concentração de albumina (0, 5, 10, 15 e 20% p/p)

na formação de espuma para produção de tomate em pó. A concentração ideal foi a de 10% com batimento por 5 minutos, sendo que o aumento da concentração só melhorou o processo de secagem até concentrações de 15%.

O Emustab® é um aditivo composto de monoglicerídeos, monoestearato de sorbitana e polisorbato 60. Ele apresenta propriedades emulsificantes e é muito utilizado na indústria de sorvetes conferindo ao produto final cremosidade, estabilidade no armazenamento e melhor rendimento (MARQUES, 2009; SOUZA, 2011). Pinto (2009) realizou um estudo para avaliar as propriedades da espuma de jenipapo elaborada com os 4 aditivos: albumina, Emustab®, maltodextrina e Superliga® nas concentrações: 5, 10, 15 e 20%. Os resultados mostraram que o Emustab® foi o que proporcionou melhores resultados para massa específica e estabilidade em todas as concentrações estudadas.

Muitos estudos tem sido conduzidos a fim de determinar as melhores condições para a secagem em leito de espuma (temperatura de secagem, tempo de secagem, tempo de batimento, espessura da camada de espuma, tipo de aditivo e concentração de emulsificante), bem como de caracterizar os produtos obtidos (KADAM et al., 2012; DANTAS, 2010; FURTADO et al., 2010; THUWAPANICHAYANAN et. al., 2012; PEREIRA, 2008; KAUSHAL et al., 2013).

## **2.6 VITAMINA C**

A história antiga da vitamina C está relacionada com o tratamento e a prevenção de escorbuto, uma doença comum entre os marinheiros no século XV, que foi curada com a adição de suco de limão na alimentação. Manifestações avançadas do escorbuto incluem numerosas pequenas hemorragias causadas pela fragilidade dos vasos sanguíneos, perda de dentes, pobre cicatrização das feridas e degeneração de ossos (NELSON e COX, 2006; PENTEADO, 2003; COSTA e ROSA, 2010).

Na deficiência de vitamina C também podem ocorrer distúrbios neurológicos como hipocondria, histeria e depressão. Esses sintomas desaparecem rapidamente com a administração de doses terapêuticas. Para indivíduos saudáveis recomenda-se 60 mg de vitamina C por dia (OLIVEIRA e MARCHINI, 2006).

O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel (33% m/v a 35°C), que se apresenta como um pó cristalino, branco e inodoro. Possui fórmula molecular  $C_6H_8O_6$ , massa molar 176 g/mol, ponto de fusão 192°C (NELSON e COX, 2006; PENTEADO, 2003).

A vitamina C é definida como um termo genérico para todos os compostos que exibem a atividade biológica do ácido L-ascórbico (AA), nome trivial para o L-treo-2-hexenona-1,4-lactona. AA é a principal forma biologicamente ativa, mas o ácido deidroascórbico (DHA), um produto de sua oxidação, também exibe atividade biológica (WILLS et al., 1984), uma vez que é reduzido a AA no organismo quase por completo. A conversão de AA em DHA ocorre devido a oxidação de dois elétrons e a dissociação do hidrogênio, porém sua concentração em alimentos é menor do que a do AA devido a sua rápida conversão em ácido 2,3-dicetogulônico. A hidrólise do DHA é irreversível e responsável pela perda da atividade de vitamina C (DAMODARAN et al., 2010). A Figura 3 apresenta a via de oxidação do Ácido L-ascórbico.

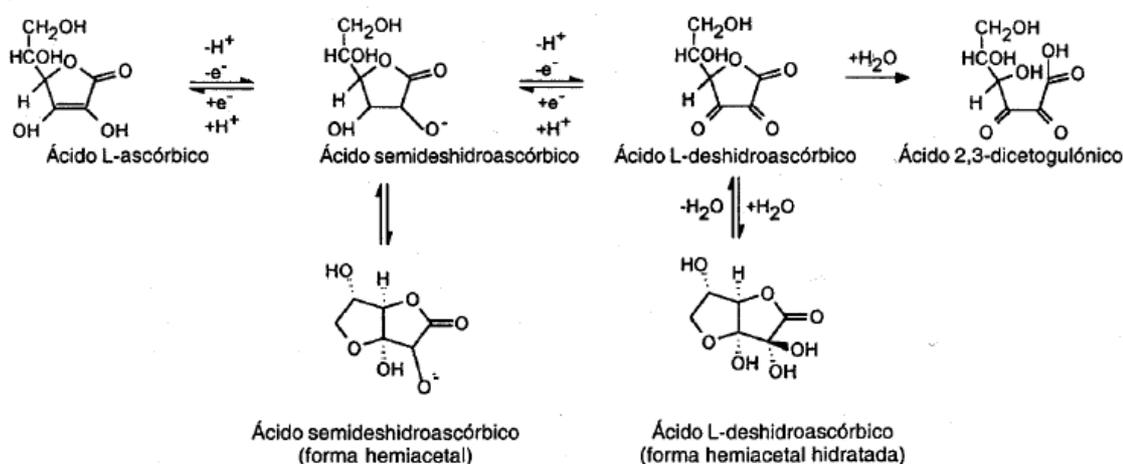


FIGURA 3 - Oxidação do Ácido L-ascórbico (NELSON e COX, 2006).

A quantificação precisa do AA juntamente com o DHA é importante, caso contrário o teor de vitamina C pode ser subestimado (CHEBROLU et al., 2012). Os métodos tradicionais para determinação (titulação com iodato de potássio, método de Tilmans e espectrofotometria) (IAL, 2008), quantificam apenas o ácido L-ascórbico. Recentemente, foi desenvolvido e validado um método simples e rápido de cromatografia líquida de alta intensidade (UHPLC) para a

análise quantitativa de vitamina C total em vários legumes e frutas (SPÍNOLA et al., 2012).

No estado seco e longe da luz a vitamina C é estável por um tempo considerável. Porém, sob condições de processamento ela se oxida rapidamente devido à exposição ao ar, ao calor, à luz e ao pH alcalino (ARAUJO, 2011; NELSON e COX, 2006; OLIVEIRA e MARCHINI, 2006). Portanto, há degradação durante a cocção dos alimentos, devido principalmente a sua solubilidade em água. Desta forma, a ingestão dos vegetais crus é a melhor maneira de consumi-los (SILVA e COZZOLINO, 2009). As perdas também podem ocorrer por lixiviação (durante corte e descascamento), armazenamento prolongado e congelamento (DAMODARAN et al., 2010).

Em frutas e vegetais desidratados, o AA interage com aminoácidos ou proteínas formando pigmentos escuros, caracterizando o escurecimento não enzimático. A adição de sulfito previne o escurecimento por se ligar ao DHA (ARAUJO, 2011).

A temperatura tem sido descrita como um dos principais fatores que influenciam significativamente na estabilidade da vitamina C (PHILLIPS et al., 2010). O estudo realizado por Spínola et al. (2012) teve como um dos objetivos avaliar a estabilidade de vitamina C em solução padrão e em extrato de maracujá, armazenados nas temperaturas de 4°C, -20°C e -80 ° C, no escuro e durante 8 semanas. Na temperatura de 4°C tanto a solução padrão quanto o extrato de maracujá se mantiveram estáveis durante 24 horas. Na temperatura de -20°C os resultados foram mais satisfatórios para a armazenagem de ambas as amostras, permanecendo estáveis por uma semana. Os resultados foram melhores ainda quando armazenadas à temperatura de -80°C, na qual permaneceram estáveis por quatro semanas. Enzimas como peroxidase e ácido ascórbico oxidase, presentes no alimento, aceleram as perdas dessa vitamina (ARAUJO, 2011).

O ácido ascórbico é muito usado como aditivo pela indústria de alimentos devido a suas propriedades antioxidantes e redutoras (DAMODARAN et al., 2010). Sua atividade se dá devido a sua capacidade de reagir com radicais livres (SILVA e COZZOLINO, 2009), ação redutora e removedora de oxigênio (ARAUJO, 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

##### 3.1.1 DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E ACEROLA

Para definir a porcentagem de cada polpa na mistura foi montado um planejamento experimental para misturas com 3 componentes (porcentagem de polpa de açaí, porcentagem de polpa de morango e porcentagem de polpa de acerola) e 6 variáveis resposta (cor, sabor, consistência, impressão global, porcentagem de ácido ascórbico e porcentagem de sólidos totais). O planejamento usado foi o centroide simplex acrescido de 3 pontos no interior. O planejamento contendo os 10 tratamentos está representado na Tabela 1 e ilustrado na Figura 4. Foi fixado que cada tratamento deveria ter no mínimo 10% de cada polpa (MONTGOMERY, 2001).

TABELA 1 – Planejamento experimental para misturas

Tratamento	Componentes		
	C <sub>1</sub> * (%)	C <sub>2</sub> * (%)	C <sub>3</sub> * (%)
1	0,80	0,10	0,10
2	0,10	0,80	0,10
3	0,10	0,10	0,80
4	0,45	0,45	0,10
5	0,10	0,45	0,45
6	0,45	0,10	0,45
7	0,5666	0,2167	0,2167
8	0,2167	0,5666	0,2167
9	0,2167	0,2167	0,5666
10	0,3333	0,3333	0,3333

\*C<sub>1</sub>: fração mássica de polpa de açaí; C<sub>2</sub>: fração mássica de polpa de morango; C<sub>3</sub>: fração mássica de polpa de acerola.

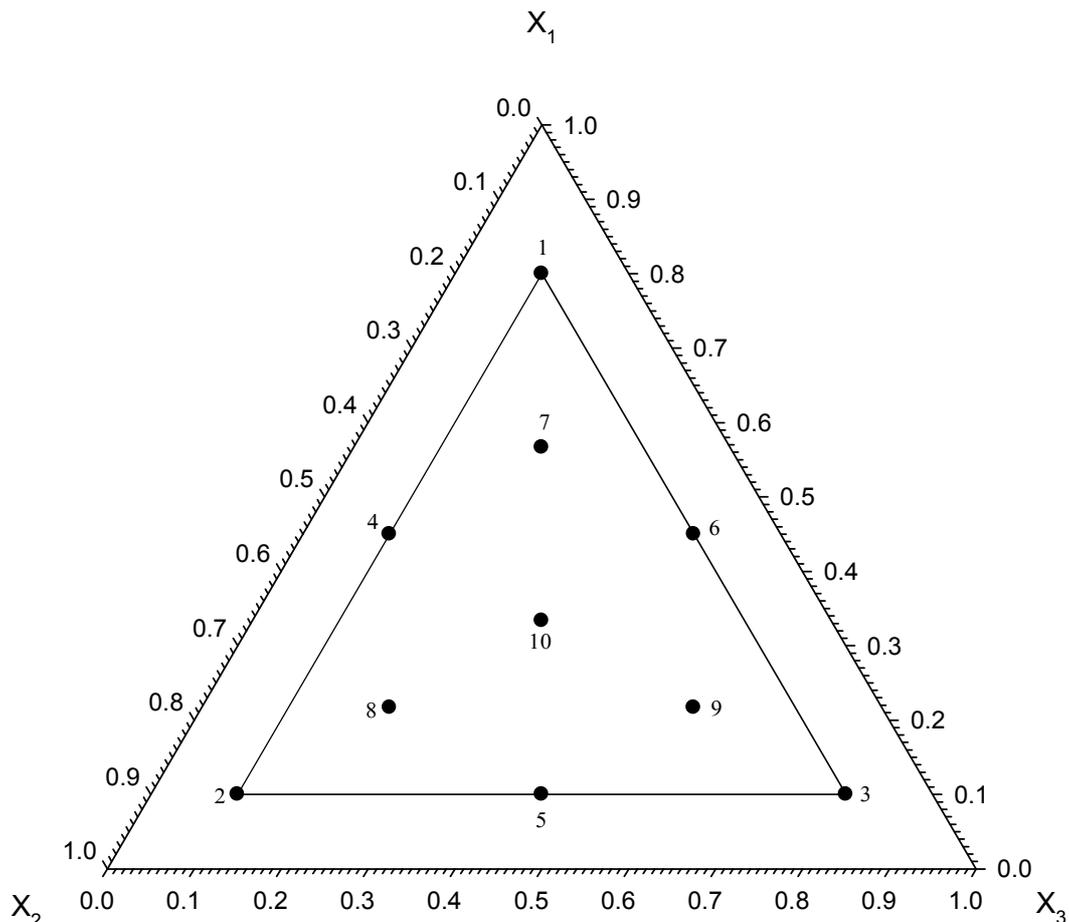


FIGURA 4 – Tratamentos representados em coordenadas triangulares.

Aos dados gerados foram ajustados modelos matemáticos e construídas superfícies de resposta que possibilitaram a escolha de uma região ótima contendo as melhores formulações.

### 3.1.2 DETERMINAÇÃO DO MELHOR AGENTE ESPUMANTE PARA SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA

Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 2x4 (2 aditivos x 4 concentrações) no Delineamento Inteiramente Casualizado com 3 repetições. Os dados de densidade e estabilidade da espuma foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e regressão linear ao nível de 5 % de probabilidade.

### **3.1.3 ANÁLISE FÍSICO QUÍMICAS DO SUCO MISTO EM PÓ E RECONSTITUÍDO**

Para as análises de solubilidade, umidade, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, vitamina C e coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C, h) realizadas no pó e no suco reconstituídos foi montado um Delineamento inteiramente casualizado. O experimento foi realizado com 3 repetições. Os dados coletados foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) ao nível de 5 % de probabilidade. Havendo diferenças significativas na ANOVA, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey.

### **3.2 MATÉRIA PRIMA**

Para elaboração dos sucos foram utilizadas polpas não pasteurizadas e congeladas de açaí, morango e acerola adquiridas diretamente de um fornecedor no comércio local da cidade de Alegre - ES.

### **3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS POLPAS UTILIZADAS**

Foram feitas análises de pH, sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT (ratio) e teor de matéria seca para caracterização das polpas de açaí, morango e acerola.

O valor de pH foi medido diretamente em pHmetro de bancada. O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por refratometria, utilizando um refratômetro de bancada. A acidez titulável foi determinada por titulometria utilizando uma solução padronizada de NaOH 0,1 N. O teor de matéria seca foi determinada em estufa (IAL, 2008). O valor de ratio foi calculado dividindo-se o teor de sólidos solúveis pela acidez total titulável.

### **3.4 FORMULAÇÃO**

Na elaboração dos sucos mistos o teor de sólidos solúveis foi fixado em 11%, que é o comumente utilizado para sucos de frutas. Para a padronização foi

utilizada sacarose comercial. Os sucos foram elaborados com 50% da mistura de polpas obedecendo as proporções da Tabela 1 e 50% de água.

Para o processamento as polpas das frutas foram pesadas e homogeneizadas juntamente com água mineral e sacarose. Os sucos prontos foram envazados em garrafas de vidro e mantidos sob refrigeração até o momento das análises.

Os 10 tratamentos com distintas quantidades de polpas e definidos no item 3.1.1 foram submetidos a análise de vitamina C, análise de teor de sólidos totais e avaliação sensorial. Foi selecionada a melhor formulação em relação a essas variáveis para posterior secagem.

#### **3.4.1 ANÁLISE DE VITAMINA C**

O procedimento para determinação de vitamina C utilizado foi o método oficial da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) Método 967.21. O método consiste em reduzir uma substância colorida, 2,6- diclorofenolindofenol em titulação com uma solução contendo ácido ascórbico (AOAC, 1998).

#### **3.4.2 ANÁLISE DE TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS**

Foi adaptada a metodologia de determinação de sólidos totais para produtos de frutas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesados 5 gramas do suco em placas de Petri previamente taradas. Em seguida, o material foi seco em estufa a 105 °C até massa constante. A porcentagem de sólidos totais foi determinada dividindo-se a massa do material seco pela massa inicial da amostra e multiplicado por 100.

#### **3.4.3 ANÁLISE SENSORIAL**

Os testes foram adaptados de Della Lucia et al. (2011) e realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Foram recrutados 65 provadores não treinados. As amostras foram servidas de forma monadica, sob condições controladas. Todos os provadores avaliaram as amostras de todos os

tratamentos. Cada indivíduo recebeu um copo de plástico transparente codificado com números aleatórios de 3 dígitos, contendo aproximadamente 30 mL de amostra refrigerada. Foram avaliados os atributos sensoriais de cor, sabor, consistência e impressão global utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (1- desgostei extremamente e 9- gostei extremamente).

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO SELECIONADA

Na formulação selecionada foram realizadas as análises recomendadas pelo Instituto Adolf Lutz (2008) para sucos de frutas: sólidos solúveis, pH, acidez titulável, ratio e vitamina C.

### 3.6 DEFINIÇÃO DO MELHOR AGENTE ESPUMANTE PARA A SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA

Foi produzida uma polpa mista contendo açaí com morango e acerola de acordo com a formulação selecionada no item 3.4. A espuma foi produzida a partir dessa mistura.

#### 3.6.1 PRODUÇÃO DA ESPUMA

Para determinar o melhor agente espumante e a concentração adequada para produção da espuma da polpa de açaí com morango e acerola foram testados como agentes espumantes: Emustab® e Albumina nas concentrações de: 2,5; 5,0; 7,5 e 10% (m/m).

A produção das espumas com os diferentes agentes espumantes e concentrações seguiu o fluxograma apresentado na Figura 5. Utilizou-se uma batedeira doméstica na velocidade 5 e o tempo de agitação de 20 minutos foi estabelecido em ensaios prévios como sendo aquele que proporciona a maior incorporação de ar.

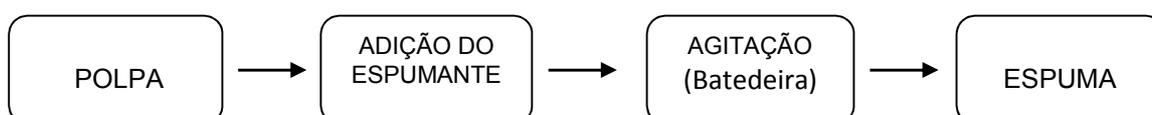


FIGURA 5 – Fluxograma da produção de espuma.

### 3.6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA

Para caracterizar a espuma e escolher o melhor agente espumante e sua concentração, foram feitas as seguintes análises em 3 repetições:

- Densidade: a densidade foi determinada dividindo-se a massa da espuma pelo seu volume;
- Determinação de estabilidade: 15 gramas de espuma foram colocadas em um funil contendo papel filtro e apoiado sobre um béquer, a temperatura ambiente. Após 2 horas foi registrada a porcentagem de espuma coalescida depositada no béquer conforme Equação 1 (BAPTISTA, 2002, citado por SOUZA, 2011). O índice de estabilidade foi calculado dividindo-se a expansão pela porcentagem de espuma coalescida. A expansão foi calculada a partir da Equação 2.

$$\% \text{ coalescencia} = \text{massa} \frac{\text{coalescida}}{\text{massa da amostra}} \quad (1)$$

$$\text{expansão} = \frac{\left[ \left( \frac{1}{D_e} \right) - \left( \frac{1}{D_p} \right) \right]}{\left( \frac{1}{D_p} \right)} \quad (2)$$

onde:

$D_e$  é a densidade da espuma e

$D_p$  é a densidade da mistura de polpas.

### 3.7 SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA

Após a seleção do melhor agente espumante foi realizada a secagem em leito de espuma. A espuma formada de acordo com a formulação definida no item 3.5 foi espalhada em uma bandeja de aço inox com 10 mm de altura. As bandejas foram colocadas em um secador convectivo e a cinética de secagem foi avaliada em 6 temperaturas (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C).

Foi medida a massa ao longo do tempo, até atingir peso constante. Para isso, as bandejas foram pesadas no tempo zero, e depois a cada 10 minutos até

1 hora, e de 30 em 30 minutos até a obtenção de massa constante. As bandejas foram giradas 180° a cada pesagem.

Após o processo de secagem o material desidratado foi triturado manualmente e, em seguida, armazenado em sacos laminados para evitar absorção de umidade assim como a exposição à luz. Para determinação da temperatura ideal de secagem foi medida a porcentagem de vitamina C no produto seco proveniente de cada temperatura. Considerou-se também o tempo de secagem em cada temperatura.

Uma vez definida a melhor condição para o processo foi realizado uma secagem da mistura de polpa sem adição de espumante e outra da espuma utilizando a temperatura considerada ideal. O modelo de Page foi utilizado para descrever a variação da umidade livre ao longo do tempo. Nesse caso, a razão de umidade livre é dada pela Equação 3:

$$RU = \frac{X_t - X_\infty}{X_0 - X_\infty} = e^{-k t^n} \quad (3)$$

Em que,  $RU$  é a razão de umidade livre,  $X_t$  é o valor da umidade em base seca do alimento no instante  $t$ ,  $X_\infty$  é o valor da umidade em base seca após o equilíbrio ser atingido, ou seja, é o valor para o qual tende a umidade do alimento quando se faz o tempo  $t$  tender a  $+\infty$ ,  $X_0$  é o valor da umidade em base seca do alimento no tempo zero,  $k$  e  $n$  são parâmetros do modelo.

De acordo com o modelo proposto, a razão de umidade livre varia de 1 (tempo zero) a zero (tempo tendendo a infinito). Uma vez que o valor zero para a razão de umidade livre é na realidade uma assíntota horizontal, jamais poderíamos definir o tempo final do processo como aquele no qual a razão de umidade livre seja zero, pois este tempo seria infinito. Sendo assim, o final do processo poderia ser definido como o tempo no qual a razão de umidade livre atingisse um valor suficientemente próximo de zero. Para comparar os diferentes tratamentos quanto ao tempo necessário para o processo de liofilização, adotou-se como critério o tempo final sendo aquele no qual a razão de umidade livre atinja o valor de 0,01. Assim, o tempo de liofilização pode ser calculado pela Equação 4:

$$t_l = \left( -\frac{\ln(0,01)}{k} \right)^{1/n} \quad (4)$$

em que,  $t_l$  é o tempo de secagem, segundo o critério adotado.

### **3.8 LIOFILIZAÇÃO**

Para liofilizar a polpa mista foi utilizado um liofilizador de bancada da marca LABCONCO.

Foram utilizadas 40 gramas de polpa mista *in natura*. Desta massa, 20 gramas foram colocados no frasco de vidro do liofilizador e inseridos no freezer a -80 °C por 24 horas. Com os 20 gramas restantes foi elaborada uma espuma que também foi pesada e congelada nas mesmas condições da polpa.

Após o congelamento, os frascos contendo as amostras congeladas foram retirados do freezer e foram imediatamente acopladas ao liofilizador. A temperatura utilizada foi de -55°C e a pressão 0,014 mBar. Foi medida a massa dos frascos ao longo do tempo, até atingir massa constante. Para isso, o frasco de vidro foi pesado a cada 2 horas até massa constante. O modelo de Page foi utilizado para descrever a variação da umidade livre ao longo do tempo e o tempo final do processo foi calculado de forma análoga à seção 3.7.

Finalizado o processo, a polpa e a espuma seca foram retiradas dos fracos e acondicionadas em sacos laminados.

### **3.9 ANÁLISE DE SOLUBILIDADE E UMIDADE DOS PÓS OBTIDOS APÓS SECAGEM**

#### **3.9.1 SOLUBILIDADE**

Após a liofilização e a secagem com ar quente foram determinadas a solubilidade e a umidade dos pós.

A solubilidade foi adaptada de Cruz (2013). Pesou-se 1 grama do pó e diluiu-se em 15 mL de água. Em seguida centrifugou-se a 2500 rpm por 15 minutos. Retirou-se uma alíquota de 5 mL do sobrenadante e transferiu-se para uma placa de Petri previamente tarada. Secou-se a 105 °C até massa constante.

A porcentagem de solubilidade foi calculada dividindo-se o peso da amostra seca na placa pela massa inicial de amostra e multiplicando por 100.

### **3.9.2 UMIDADE**

A umidade foi determinada em estufa a 105 °C até massa constante segundo IAL (2008).

Foi conduzido um experimento com 4 tratamentos:

- T<sub>1</sub> – Pó proveniente da liofilização da espuma;
- T<sub>2</sub> – Pó proveniente da liofilização da mistura de polpas;
- T<sub>3</sub> – Pó proveniente da secagem em leite de espuma à temperatura selecionada;
- T<sub>4</sub> – Pó proveniente da mistura de polpas seca à temperatura selecionada.

### **3.10 ESTUDO DO EFEITO DO TIPO DE PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DO SUCO RECONSTITUÍDO**

Para avaliar o efeito do tipo de processamento nas características físico-químicas do suco reconstituído foi conduzido um experimento com 6 tratamentos:

- T<sub>1</sub> – Suco misto natural;
- T<sub>2</sub> – Suco misto natural adicionado de 5% de albumina;
- T<sub>3</sub> – Suco reconstituído a partir da mistura de polpas liofilizadas;
- T<sub>4</sub> – Suco reconstituído a partir da espuma liofilizada;
- T<sub>5</sub> – Suco reconstituído a partir da mistura de polpa seca à temperatura selecionada;
- T<sub>6</sub> – Suco reconstituído a partir do pó proveniente do leite de espuma à temperatura selecionada.

Nos sucos preparados, foram realizadas as seguintes análises: pH, acidez total titulável, porcentagem de ácido ascórbico e sólidos solúveis. Também avaliou-se as coordenadas de cor do sistema CIELab L\*, a\*, b\*, que foram determinadas em colorímetro da marca Konica Minolta (modelo CM-5). As coordenadas de cor C\* (croma) e h\* (tonalidade) foram calculadas de acordo com as Equações 5 e 6.

$$C * = [(a *)^2 + (b *)^2]^{1/2} \quad (5)$$

$$h * = \tan^{-1}\left(\frac{b*}{a*}\right) \quad (6)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS POLPAS UTILIZADAS

Os resultados das avaliações físico-químicas das polpas de frutas utilizadas como matéria prima estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 – Valores de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e sólidos totais (ST) das polpas

	Polpas		
	açai	morango	Acerola
pH	4,46±0,005	3,25±0,005	3,03±0,032
Acidez titulável (% ácido cítrico)	0,12±0,012	1,02±0,081	1,43±0,091
Sólidos Solúveis (°Brix)	1,92±0,144	6,67±0,381	6,17±0,381
Sólidos Totais (g/ 100 g)	4,34±0,659	7,97±0,025	6,16±0,010

\*Dados referentes a média de três repetições ± desvio padrão.

Os valores de pH, acidez titulável, e sólidos solúveis determinados para a polpa de acerola estão dentro das faixas estabelecidas pela legislação brasileira. Porém o valor encontrado para sólidos totais está abaixo do estipulado (BRASIL, 2000). Resultados semelhantes foram encontrados por SILVA et al., 2012; CAETANO et al.; 2012, SOUSA, 2006, FARAONI, 2012 e SOARES et al., 2001).

A polpa de açai está de acordo com a legislação em relação ao valor de pH e acidez titulável (BRASIL, 2000). A porcentagem de sólidos totais está abaixo do estabelecido, porém outros autores encontraram resultados semelhantes para polpa de açai (TONON et al., 2009; FREGONESI et al., 2010). A mesma legislação não possui padrões para sólidos solúveis, entretanto, o valor encontrado está próximo do obtido por Santos (2007).

Os resultados encontrados para a polpa de morango não foram confrontados com a legislação, pois não foram encontrados padrões de identidade e qualidade estipulados para este produto. Porém, os valores estão próximos do obtido por Oliveira et al. (2012).

## 4.2 DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO DE AÇAÍ, MORANGO E ACEROLA

As respostas experimentais de cada tratamento estão resumidas na Tabela 3. Os valores das características físico-químicas se referem as médias de 3 repetições e os valores das características sensoriais se referem as médias das notas hedônicas dos 65 julgadores.

TABELA 3 – Características químicas e sensoriais dos 10 tratamentos

Formulação	Características Químicas		Características Sensoriais			
	Vit C	ST	IG	Consist	Sabor	Cor
1	37,42	3,09	7,23	7,10	6,86	7,84
2	91,22	3,87	6,86	7,10	6,86	7,43
3	529,23	3,35	6,12	6,70	5,63	6,64
4	91,81	3,48	7,43	7,00	7,43	7,72
5	273,09	3,29	6,76	7,16	6,50	6,84
6	309,35	3,32	7,23	7,13	6,90	7,78
7	135,67	3,12	7,47	7,23	7,32	7,78
8	146,78	3,83	7,15	7,13	6,93	7,30
9	375,43	3,10	6,46	6,92	6,41	6,92
10	273,09	2,76	7,10	6,90	6,96	7,32

\* Vit C (mg/100mL suco) e ST (°Brix).

\*Vit C = vitamin C; ST = sólidos totais; IG = impressão global.

Uma vez que fração mássica de cada polpa na mistura teve como limite inferior o valor de 0,1, foi utilizada uma codificação em termos de pseudo componentes para análise estatística dos resultados, como segue:

$c_1$  = fração mássica do componente açaí;

$c_2$  = fração mássica do componente morango;

$c_3$  = fração mássica do componente acerola;

$x_1$  = fração mássica do pseudo-componente açaí;

$x_2$  = fração mássica do pseudo-componente morango;

$x_3$  = fração mássica do pseudo-componente acerola;

Relação entre composições de pseudo-componentes e componentes (Equação 7):

$$x_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{j=1}^n a_j} \quad (7)$$

em que:

$a_i$  é o limite inferior do  $i$ -ésimo componente

$n$  é o número de componentes

A Figura 6 apresenta o planejamento experimental em termos de pseudo componentes.

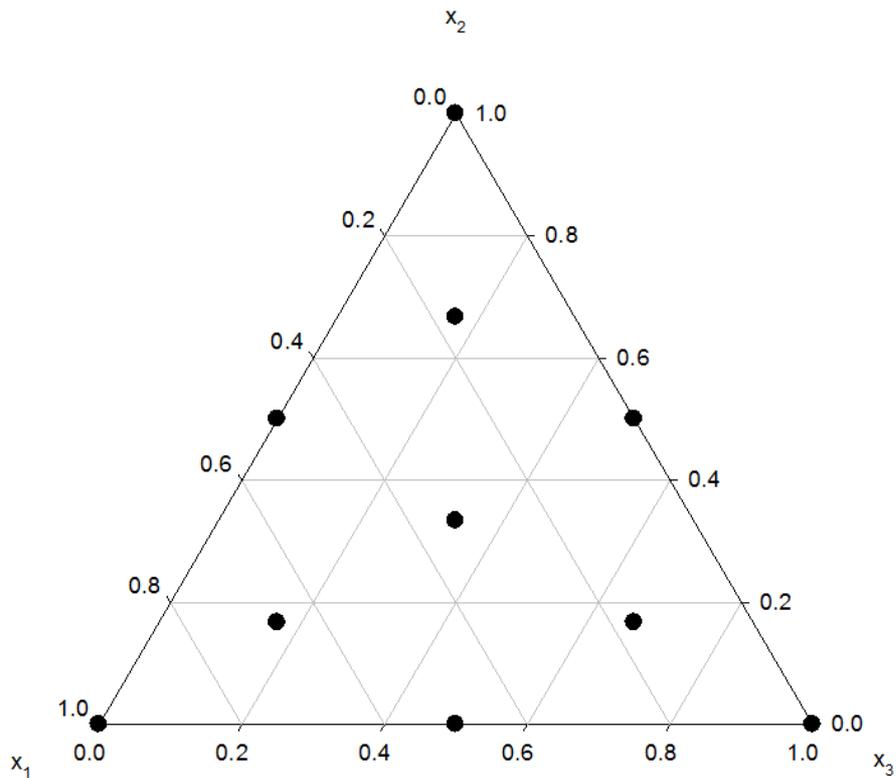


FIGURA 6 – Planejamento experimental em pseudo componentes.

As equações ajustadas que representam o resultado das análises químicas e sensorial estão expressas na Tabela 4. Os modelos para consistência, cor e sólidos totais não foram significativos, sendo utilizados apenas como indicadores de tendência.

TABELA 4 – Equações ajustadas para as variáveis químicas e sensoriais referentes as análises realizadas nas 10 formulações

Variável	Equação ajustada	R <sup>2</sup>
Vit C	$Y = 61,0709 x_1 + 88,5578x_2 + 529,3187x_3$	0,9778
ST	$Y = 3,0440x_1 + 3,7882x_2 + 3,1460x_3$	0,4658
Cor	$Y = 7,904x_1 + 7,4426x_2 + 6,5199x_3 + 1,9400x_1x_3$	0,9390
Sabor	$Y = 6,9228x_1 + 7,0176x_2 + 5,7053x_3 + 1,9607x_1x_2 + 2,5990x_1x_3$	0,9450
Consist	$Y = 7,1736x_1 + 7,2268x_2 + 6,8603x_3$	0,3790
IG	$Y = 7,4172x_1 + 7,1954x_2 + 6,1161x_3 + 1,9418x_1x_3$	0,8438

\*Vit C = vitamin C; ST = sólidos totais; IG = impressão global.

Nas Figuras 7 a 12 estão apresentadas as superfícies de resposta geradas pela projeção das equações num diagrama de coordenadas triangular.

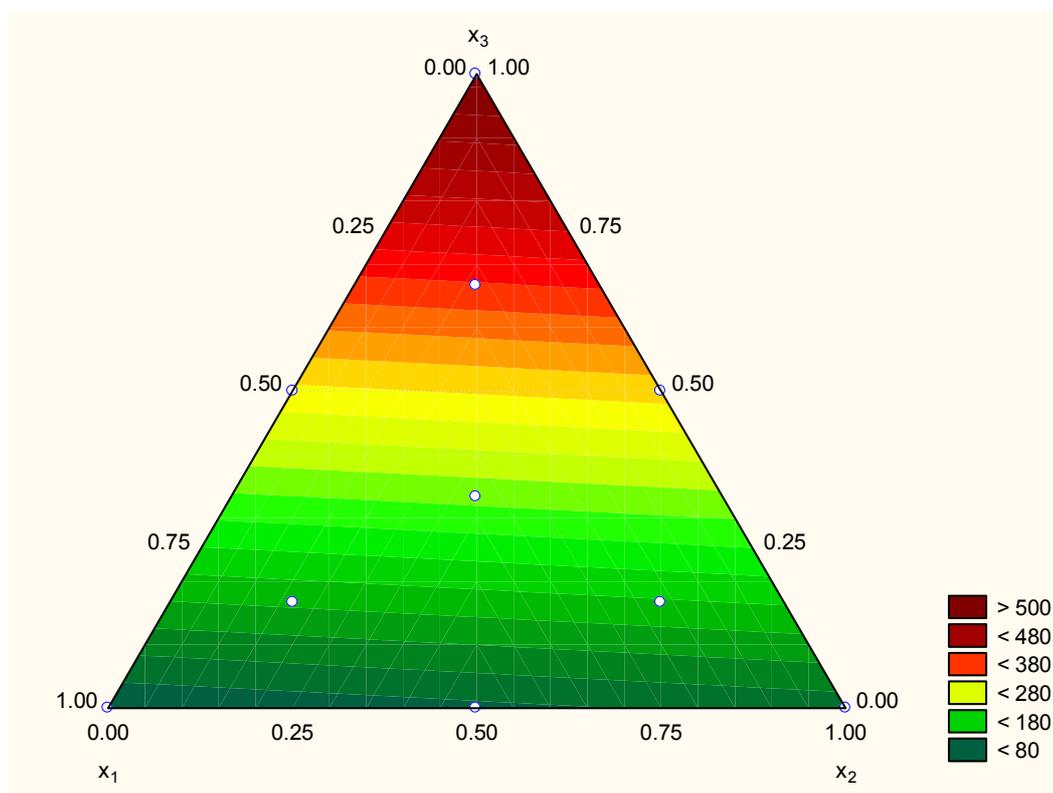


FIGURA 7 – Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear relativo ao teor de vitamina C.

A Figura 7 representa como as diferentes polpas interferem nos valores de vitamina C, e que o valor máximo ocorre no ponto P (0; 0; 1), resultando em um valor de 529,3 mg/100 g polpa. Isso indica que a polpa de acerola (x<sub>3</sub>) contribui para o aumento da vitamina C. Este resultado está coerente uma vez que de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO,

2011) a polpa de acerola congelada possui teores de vitamina C de 623,2 mg/100g, valor muito superior aos das polpas de morango (63,3 mg/100g) e açaí (traços). Resultados semelhantes foram encontrados por Matsuura e Rolin (2002) ao avaliarem a adição de suco de acerola em suco de abacaxi; Maciel et al. (2009), ao produzirem geleias mistas de acerola e manga; Faraoni et al. (2012), que desenvolveram um suco misto de manga, goiaba e acerola; e Pereira et al. (2009) que adicionaram polpa de abacaxi e acerola em água de coco. Os resultados do presente estudo, corroborados pelos trabalhos citados confirmam que a acerola pode ser utilizada como fonte natural de vitamina C a fim de aumentar o teor deste nutriente em bebidas a base de frutas.

O teor de ácido ascórbico das 10 formulações ficaram entre 37,4 e 529,3 mg em 100 mL de suco (Tabela 3). A resolução 269/05 (BRASIL, 2005) recomenda uma ingestão diária de 45 mg de vitamina C para um adulto, logo, uma dose de 100 mL de qualquer uma das formulações de suco, com exceção da formulação 1, já supriria essa necessidade.

Matsuura et al. (2004), ao elaborar um néctar misto de mamão, maracujá e acerola encontraram valores de vitamina C variando entre 52,4 e 64,99 mg de ácido ascórbico em 100 gramas. Esses valores são inferiores ao encontrados neste estudo, que pode ter acontecido devido à diferença na matéria prima utilizada e devido ao autor ter restringido a porcentagem de polpa de acerola a 5% em relação à mistura.

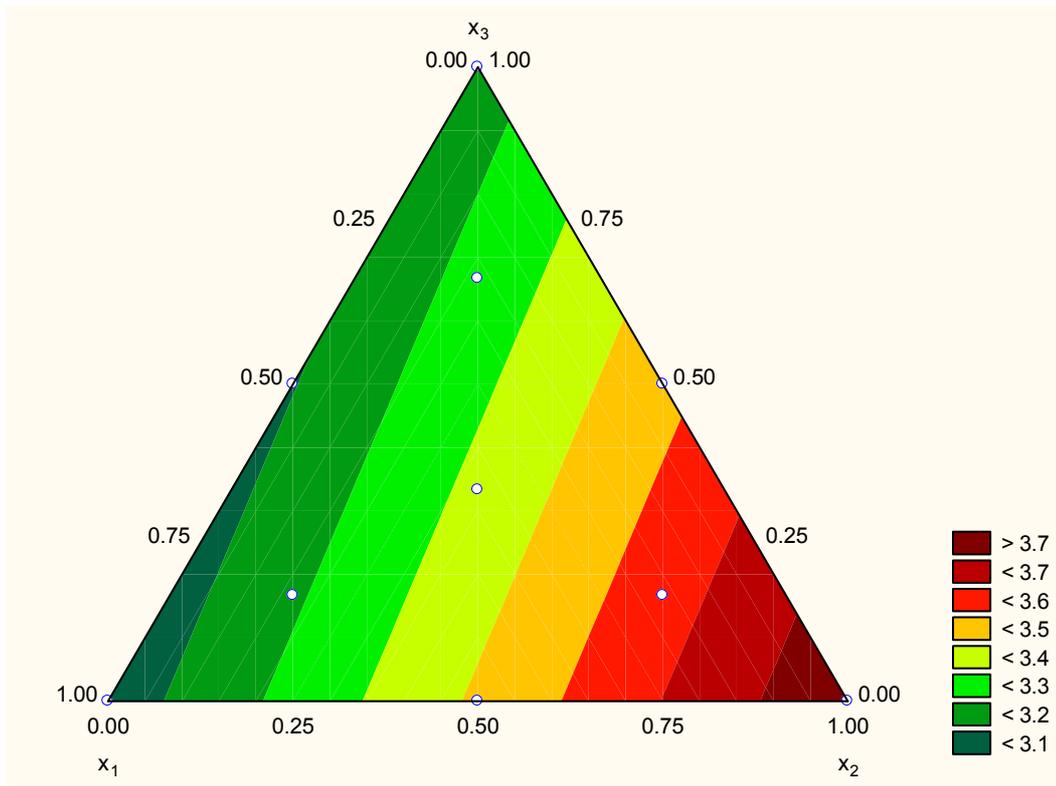


FIGURA 8 – Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear relativo ao teor de sólidos totais.

A Figura 8 representa como as diferentes polpas interferem nos teores de sólidos totais (ST), indicando que a polpa de morango ( $x_2$ ) contribui para o aumento desse valor, fato que pode ser observado no vértice  $x_2$ . Esse resultado pode ser confirmado pela polpa de morango ter apresentado maiores valores para sólidos totais do que a polpa de acerola e açaí (Tabela 2). Observa-se que o teor de sólidos totais variou pouco entre as formulações. Uma vez que não foi obtido ajuste significativo para os dados de ST, a Figura 8 apresenta apenas uma tendência expressa em modelo linear.

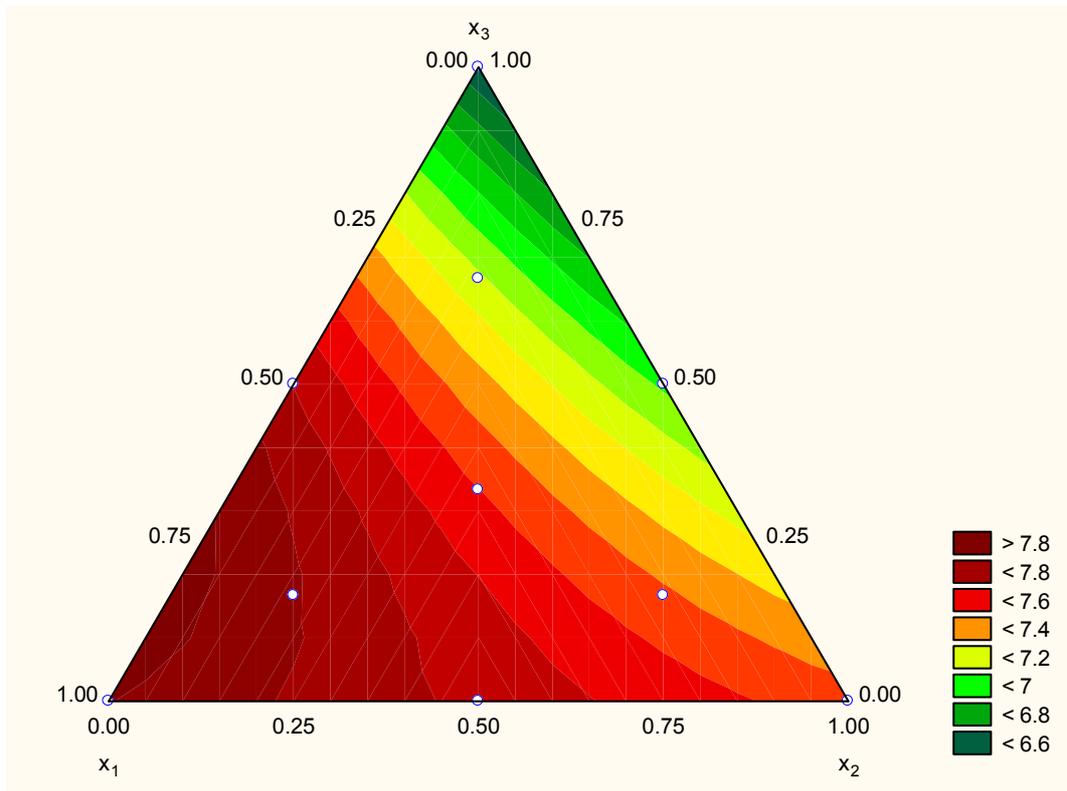


FIGURA 9 – Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear relativo ao atributo cor.

A Figura 9 representa como as diferentes polpas interferem nos valores de notas hedônicas para cor sensorial. Observa-se que a polpa de açai é a que mais contribui para o aumento da aceitação em relação a esse atributo. O ponto de maior aceitação está próximo ao P (0,85; 0; 0,15), que apresenta nota de aproximadamente 7,94 na escala hedônica.

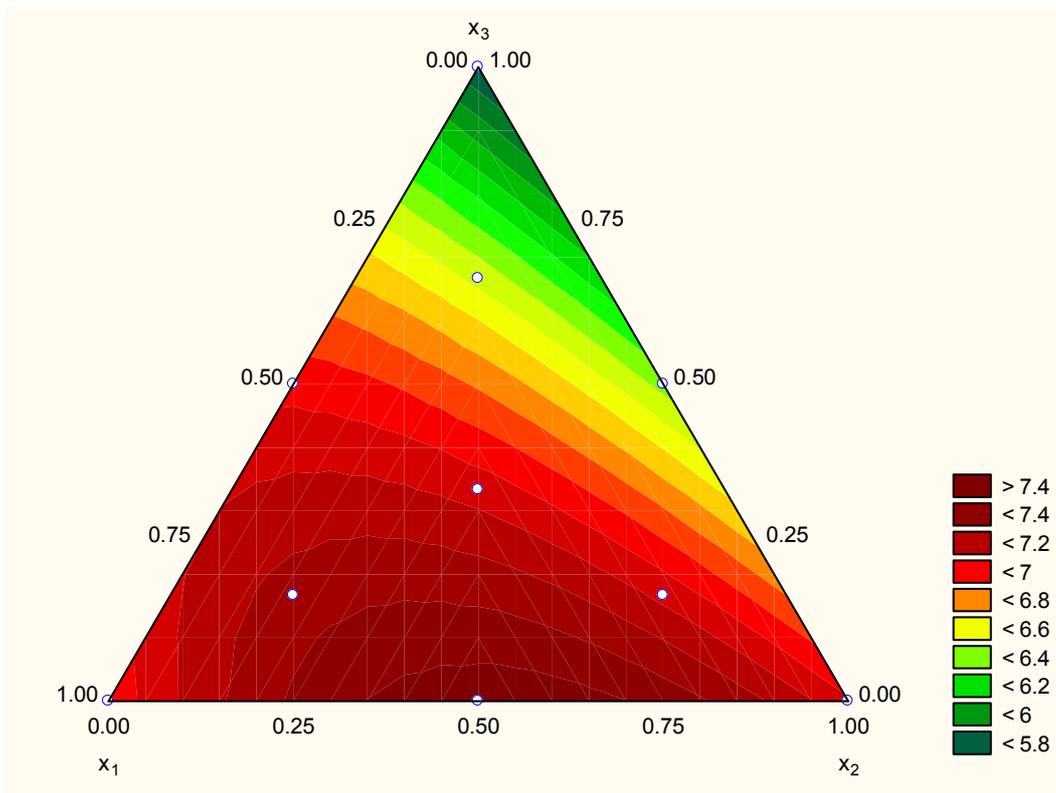


FIGURA 10 – Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear relativo ao atributo sensorial sabor.

Observa-se na Figura 10 que o atributo sabor adquire as melhores médias hedônicas em torno do ponto no qual tem-se uma mistura binária das polpas de açaí e morango na proporção de 50%. Ao observar o vértice  $x_3$  pode-se perceber que a polpa de acerola contribui para a diminuição da aceitação sensorial do suco em relação ao atributo sabor. Pereira et al. (2009) também observaram comportamento semelhante para bebida a base de água de coco, acerola e abacaxi, com as notas situando-se entre os termos “desgostei ligeiramente” e “nem gostei, nem desgostei”. Matsuura e Rolin (2002) observaram que adicionar mais de 10 % de suco de acerola no suco de açaí ocasiona numa diminuição significativa das notas hedônicas para o atributo sabor.

As 10 formulações obtiveram médias para sabor variando entre 5,6 e 7,4 (Tabela 3), situando-se entre os termos hedônicos “indiferente” e “gostei muito”. Analisando os dados constata-se que o ótimo seria próximo ao ponto de coordenadas P (0,5; 0,5; 0), que ocasionaria numa nota de aproximadamente 7,4.

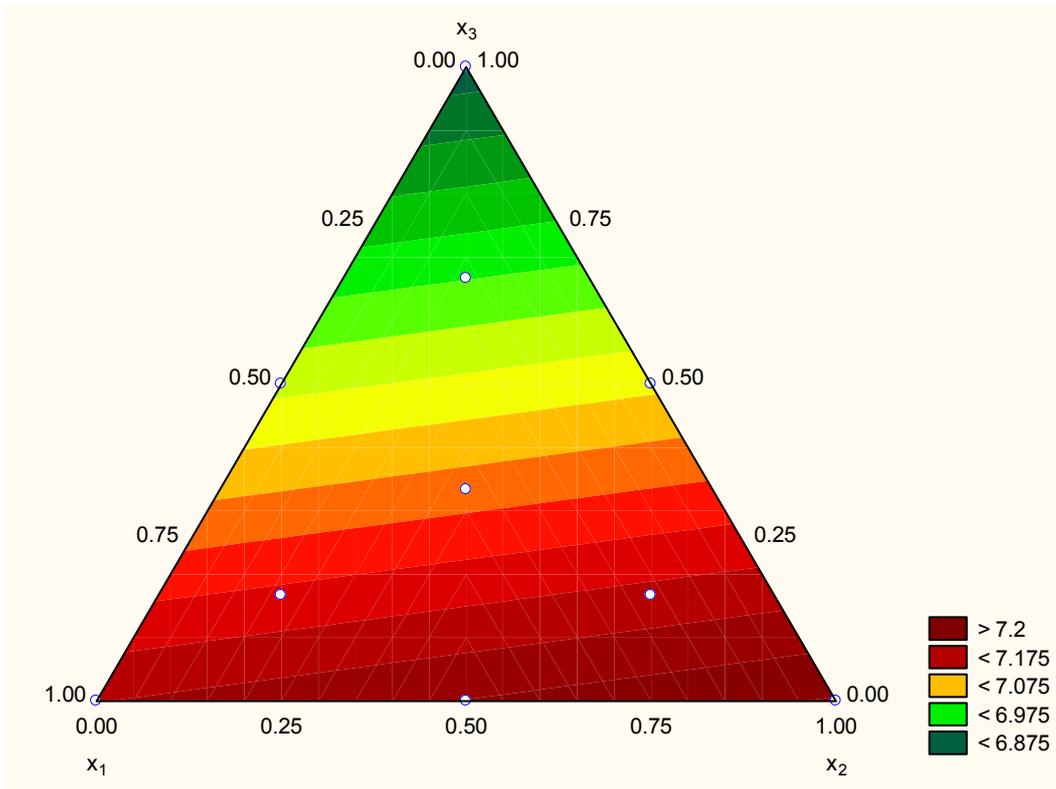


FIGURA 11 – Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear relativo ao atributo sensorial consistência.

Uma vez que não houve ajuste significativo do modelo para o atributo consistência, a Figura 11 mostra apenas a tendência da polpa de morango em melhorar a consistência sensorial.

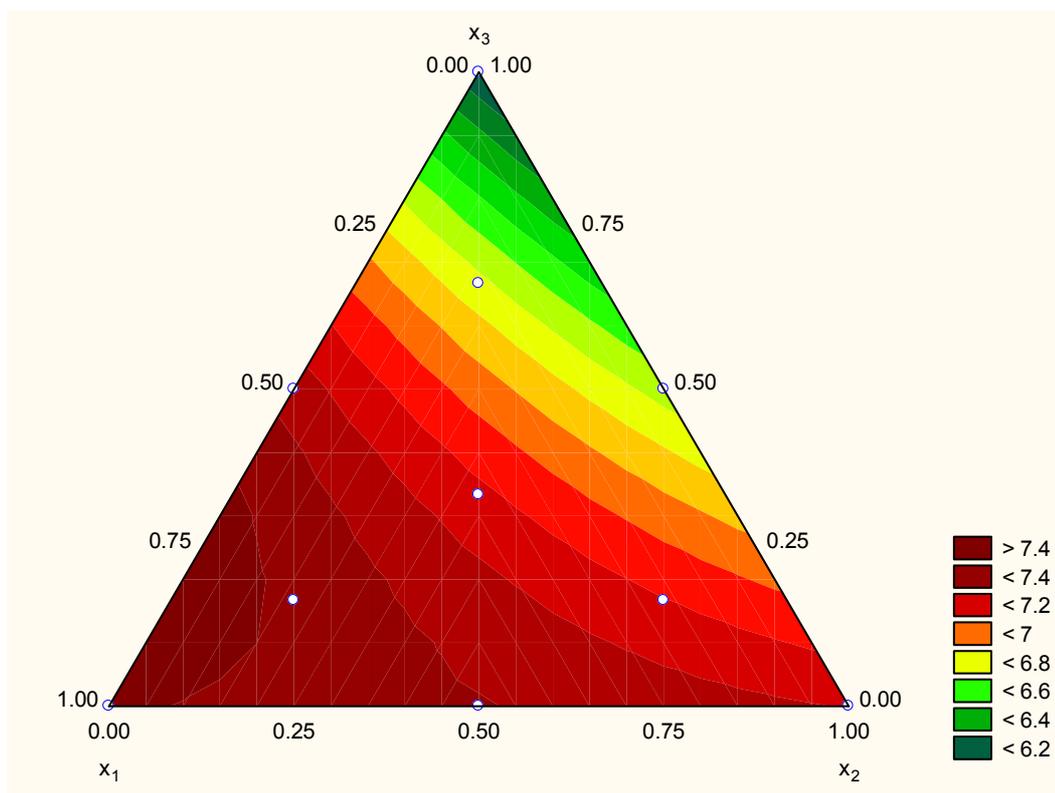


FIGURA 12 – Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear relativo ao atributo sensorial impressão global.

Em relação ao atributo impressão global todas as formulações foram aceitas sensorialmente, com médias entre 6,1 e 7,4, situando-as entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei muito” (Tabela 3). Na Figura 12 pode-se observar que o ponto de maior aceitação está próximo ao P (0,85; 0; 0,15) que apresenta nota de aproximadamente 7,94 na escala hedônica. A polpa de açaí contribui para o aumento da aceitação em relação a impressão global e a polpa de acerola para uma diminuição da mesma. A baixa aceitação do suco de acerola pode estar relacionada a sua alta acidez (FARAONI et al., 2012).

Faraoni et al. (2012) também constataram que a acerola contribuiu para menores notas de aceitação de suco misto de frutas tropicais, encontrando notas hedônicas entre 6,6 e 7,6 para o atributo impressão global.

Souza (2006), ao desenvolver néctares mistos, observou que a aceitação era maior em misturas com maior proporção de polpa de manga, seguida por caju, enquanto a acerola contribuiu para menores notas. O autor encontrou notas entre 7,7 e 6,6 para todas as formulações estudadas em relação ao atributo impressão global.

Matsuura et al. (2004) encontrou notas entre os termos 'nem gostei, nem desgostei' (5) e 'gostei muito' (8) para néctar misto de mamão, maracujá e acerola.

#### **4.3 CARACTERIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO SELECIONADA**

Para selecionar uma formulação que atendesse aos requisitos de boa aceitação sensorial e elevado teor de vitamina C foram considerados apenas os modelos significativos. O ponto que proporcionou o maior teor de vitamina C foi o de pseudocomponentes P (0; 0; 1). Neste ponto o teor de vitamina C foi de 529,3 mg/100 g polpa. Porém, as notas para os atributos sensoriais ficaram entre indiferente e gostei moderadamente. O ponto de pseudocomponentes P (0,5; 0,5; 0), que continha uma menor proporção de acerola, obteve notas para os atributos sensoriais entre gostei moderadamente e gostei muito porém o teor de vitamina C diminuiu cerca de 7 vezes. Comportamento semelhante ocorreu para o ponto P (0,85; 0; 0,15), que proporcionou notas hedônicas próximas a gostei muito e porcentagem de vitamina C cerca de 4 vezes menor.

Diante disso, foi necessário encontrar um ponto intermediário para atender os requisitos. Dentre os pontos que obtiveram notas hedônicas entre 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito), foram avaliados os que apresentaram a menor redução nos teores de vitamina C quando comparado com o máximo obtido (529,3 mg/100 g polpa).

Dentre esses pontos, a formulação 10, referente ao ponto central P (0,33; 0,33; 0,33), foi a escolhida para dar prosseguimento ao trabalho uma vez que ela possui uma boa aceitação sensorial e um teor elevado de vitamina C. Os valores obtidos nas análises químicas e sensoriais para caracterização da formulação selecionada estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – Caracterização química e sensorial da formulação selecionada

Determinação	Valores
Sólidos solúveis (°Brix)*	3,20 ± 0,1
pH*	3,31 ± 0,01
Acidez titulável (%)*	0,36 ± 0,07
SS/ATT*	8.90 ± 1,76
Vitamina C (mg/100 mL)**	273,09
Sólidos Totais (%)**	3,32
Cor**	7,49
Sabor**	7,04
Consistência**	7,07
Impressão global**	7,11

\*Dados referentes a média de três repetições ± desvio padrão.

\*\*Dados calculados a partir do modelo.

Comparando os resultados obtidos com os encontrados por SOUSA et al. (2006) observa-se que a mistura de polpas obteve uma relação SS/ATT maior do que o suco de açaí puro (1,8). Esse fato mostra-se interessante uma vez que os maiores valores de *ratio* estão associados a melhor aceitação em relação ao sabor (BERILLI et al., 2011). Além disso, a mistura pode-se complementar com vitamina C o suco de açaí que não é considerado uma boa fonte dessa vitamina, uma vez que o ácido ascórbico não é detectado na polpa *in natura* (SCHERER et al., 2008), fato que também pode ser verificado na Figura 7, que demonstra que o suco elaborado com maiores proporções de açaí teve menores teores da vitamina.

A elaboração do *blend* pode também balancear a elevada acidez do suco de acerola puro. De acordo com Caetano et al. (2012) a acidez titulável para o suco de acerola é de 0,84%, valor 2 vezes maior do que o encontrado para o *blend* de frutas (0,36%).

As médias para os atributos sensoriais de cor, sabor, consistência e impressão global estão entre 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito). Isso indica a boa aceitação por parte dos provadores do presente estudo.

Portanto, a utilização de mais de uma fruta para a elaboração de sucos proporciona vantagens no que diz respeito a aceitação e composição nutricional quando comparado com o suco convencional. Além disso, é uma alternativa para agregar valor a frutas que não são muito apreciadas pelos consumidores.

#### 4.4 DEFINIÇÃO DO MELHOR AGENTE ESPUMANTE PARA A ELABORAÇÃO DA ESPUMA

A espuma foi elaborada a partir da mistura de 33 % de polpa de açaí, 33% de polpa de morango e 33% de polpa de acerola. A Tabela 6 apresenta as medias das densidades obtidas para os diferentes tratamentos.

TABELA 6 – Médias de densidade para cada concentração de aditivo

Concentração de agente espumante (%)	Densidade (g/mL)	
	Albumina	Emustab®
0,0	1,02	1,02
2,5	0,46	1,02
5,0	0,28	0,98
7,5	0,23	0,66
10,0	0,29	0,66

Observa-se que todas as concentrações de albumina foram eficientes para reduzir a densidade da espuma de 1,02 g/mL para valores dentro da faixa recomendada (0,1 a 0,6 g/cm<sup>3</sup>) (SOARES et al., 2001). A utilização de Emustab® não ocasionou uma redução suficiente nos valores da densidade.

Para os valores de densidade em função da concentração foi ajustado um modelo exponencial (5) dado por:

$$\frac{\rho_c - \rho_{min}}{\rho_o - \rho_{min}} = e^{-kC^n} \quad (5)$$

em que,

$\rho_o$  é a densidade quando a concentração de agente espumante é zero;

$\rho_{min}$  é o valor mínimo de densidade que se atinge com a adição do agente espumante;

$\rho_c$  é a densidade na concentração C;

C é a concentração do agente espumante;

k e n são parâmetros do modelo.

TABELA 7 - Parâmetros ajustados para o modelo exponencial

Agente espumante	$\rho_o$	$\rho_{min}$	$k$	$n$	$r^2$
A	1,020	0,2586	0,3344	1,524	0,9957
E	1,021	0,6558	$1,122 \times 10^{-6}$	7,471	0,9999

\*A = Albumina; E = Emustab®.

Observa-se a partir do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) que o modelo teve um bom ajuste aos dados (Tabela 7). A albumina provocou uma redução de 75% no valor da densidade e o Emustab® apenas 35%. A albumina foi mais eficaz na redução da densidade da mistura de polpa enquanto o Emustab® não apresentou resultados satisfatórios.

Este resultado diverge de SOUZA (2011) que obteve uma redução satisfatória da densidade da polpa de cupuaçu com concentrações de 2,5 % de Emustab®, enquanto a albumina não provocou a redução necessária. Essa divergência pode ter ocorrido pois a formação, a densidade e a estabilidade da espuma não variam apenas com o tipo e concentração de agente espumante, mas também com a natureza química do fruto, teor de sólidos totais e fração de celulose (HART et al., 1963). Logo, resultados diferentes podem ser encontrados ao variar a matéria prima. Redução satisfatória da densidade de pasta de feijão fradinho só foi obtida ao utilizar 15% (m/m) de albumina (FALADE et al., 2003). Barreto (2011) obteve espumas de pitanga roxa com densidade entre os valores desejados com ambos os aditivos (albumina e Emustab®), porém foram necessárias menores concentrações de Emustab® do que de Albumina para se obter um resultado satisfatório. Na Figura 13 está ilustrado as espumas obtidas com a utilização de albumina e Emustab® na concentração de 5%.

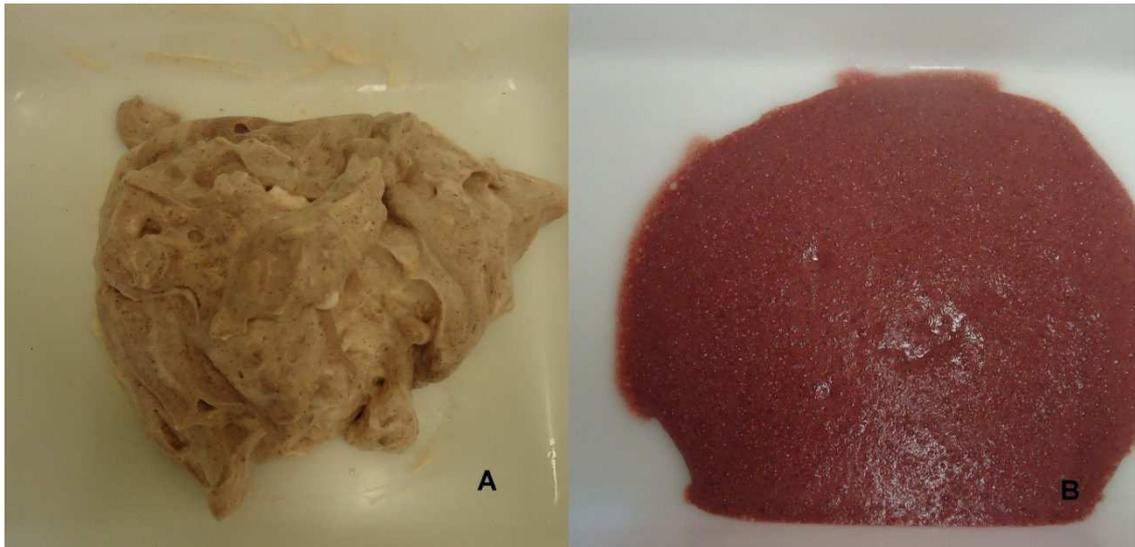


FIGURA 13 – Espumas obtidas ao utilizar Albumina (A) e Emustab® (B).

A Figura 14 mostra a densidade da mistura de polpas em função da concentração de albumina e Emustab®.

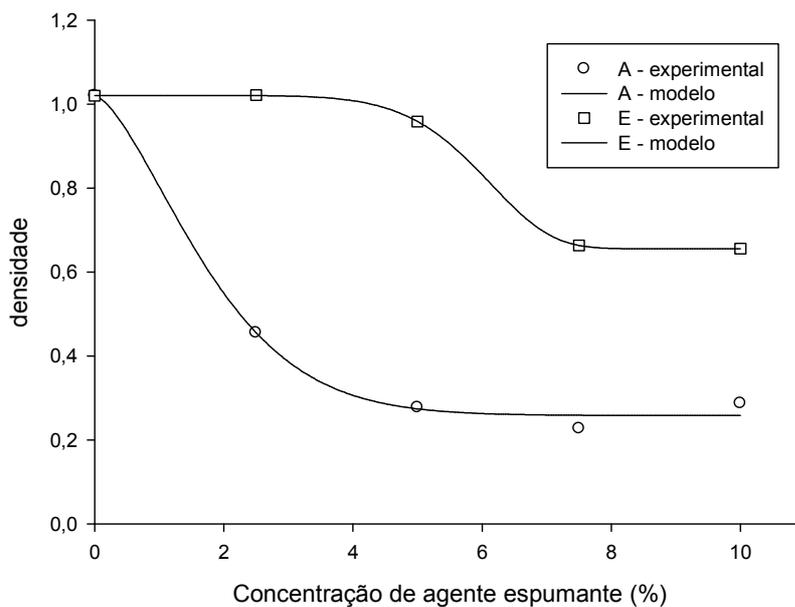


FIGURA 14 – Densidade da espuma de polpa mista em função da concentração de aditivo. (A = albumina, E = Emustab®)

A densidade da mistura de polpas, após agitação por 20 minutos diminuiu com o aumento da concentração de agente espumante, sendo que a albumina foi mais eficiente em promover maior diminuição na densidade da espuma e portanto, proporcionou melhor formação de espuma. Até valores de 5% de albumina, observa-se uma redução da densidade. Em concentração

acima desse valor, a redução na densidade da espuma não foi significativa (Figura 14). O Emustab® só provocou redução significativa na densidade da espuma em concentrações entre 5% e 7,5%.

A redução da densidade da polpa ocorre devido ao aumento da taxa de cisalhamento durante agitação com consequente incorporação de ar à mistura (CRUZ, 2013). Porém, o aumento da viscosidade do líquido em decorrência da adição de agente espumante acima de um valor crítico pode impedir a incorporação de ar durante agitação mecânica (BIKERMAN, 1973), logo, este valor limita maiores reduções da densidade em função do aumento da concentração do aditivo.

Cruz (2013) também observou redução na densidade da polpa de goiaba ao adicionar uma mistura de compostos emulsificantes e estabilizantes. A densidade da espuma diminuiu com um aumento da concentração de emulsificante até 5%, sob agitação por 5 minutos. Acima dessa concentração, não houve redução significativa. Bag et al. (2011) observou que a densidade da espuma de bael diminuiu com o aumento da concentração de glicerol mono esterese até uma concentração de 5%, aumentando a partir desse valor.

A espuma deve ser estável durante todo o processo de secagem para garantir a qualidade produto final. A estabilidade consiste na capacidade de resistir a perdas de bolhas de ar (LAU e DICKINSON, 2004). O índice de estabilidade em função do tempo está apresentado na Figura 15. As equações ajustadas e o coeficiente de determinação estão apresentados na Tabela 8.

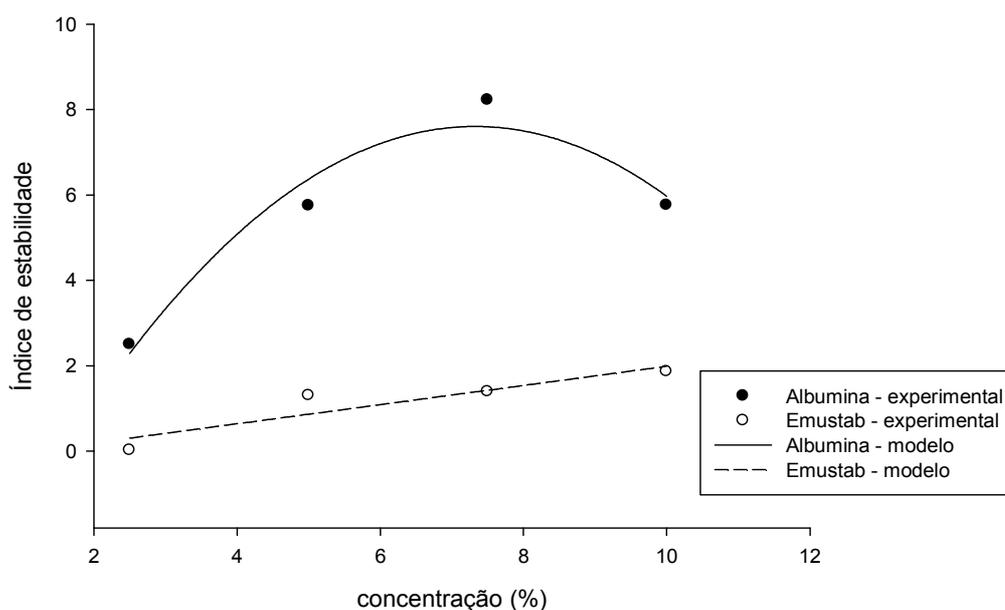


FIGURA 15 – Índice de estabilidade da espuma em função da concentração de agente espumante.

TABELA 8 – Equações ajustadas e coeficiente de determinação para índice de estabilidade

Espumante	Equação ajustada	R <sup>2</sup>
Albumina	$Y = -4,642 + 3,344c - 0,2283c^2$	0,9476
Emustab®	$Y = -0,2546 + 0,2243c$	0,8447

Nota-se que independente da concentração testada a albumina proporcionou maiores índices de estabilidade do que o Emustab®.

O índice de estabilidade cresceu até um valor de 7,60 quando a concentração de albumina foi de 7,29% e em seguida decresceu. Cruz (2013) constatou que a estabilidade da espuma elaborada com polpa de goiaba aumentou até a concentração de 7,5% e depois diminuiu. O autor atribui o decréscimo ao efeito que a maior viscosidade pode causar na capacidade de retenção de ar na espuma.

Quando foi utilizado Emustab® no presente estudo a estabilidade cresceu linearmente com o aumento da concentração, neste caso o valor máximo foi de 1,98. Karim e Wai (1999) observaram que para as espumas de carambola, a estabilidade aumentou com a elevação da concentração de metilcelulose. Pereira (2008) constatou que a estabilidade da espuma elaborada a partir de extrato aquoso de própolis aumentou exponencialmente com o

aumento da concentração da mistura de aditivos (Emustab® e Super Liga Neutra).

Diante dos resultados apresentados, a formulação contendo 5% de albumina foi escolhida uma vez que este aditivo proporcionou bons resultados para densidade e estabilidade. Concentrações acima de 5% não provocaram redução da densidade que justificasse seu uso, além disso a espuma com essa quantidade de aditivo apresentou um bom índice de estabilidade.

#### 4.5 SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA

As curvas de secagem para as temperaturas de 40, 45, 50, 55, 60, 65 e 70 ° C estão representadas na Figura 16.

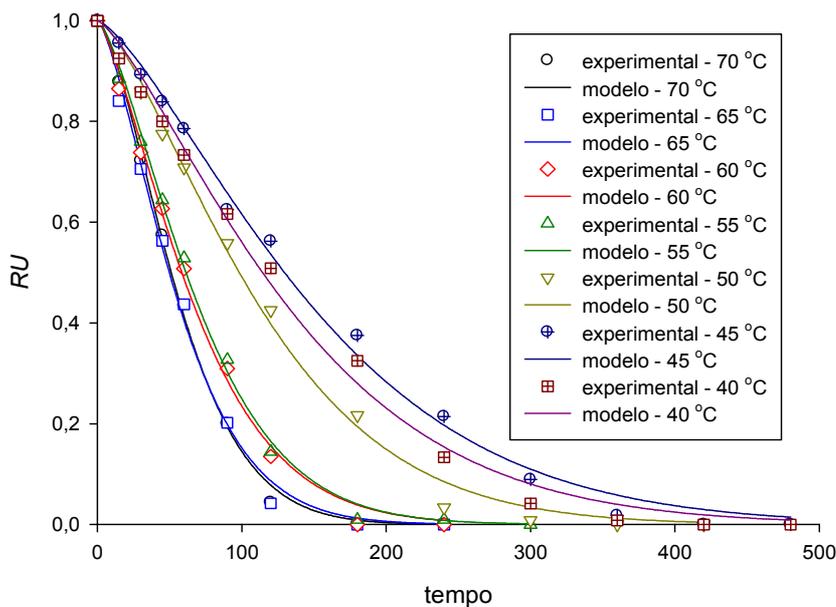


FIGURA 16 – Curvas de secagem para o leito de espuma em diferentes temperaturas.

O modelo de Page foi utilizado para descrever a variação da umidade livre ao longo do tempo. A Tabela 9 apresenta os parâmetros ajustados para o modelo referente as curvas de secagem em diferentes temperaturas.

TABELA 9 – Parâmetros ajustados para o modelo de Page referente as curvas de secagem em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	k	n	R <sup>2</sup>
40	1,211 x 10 <sup>-3</sup>	1,340	0,9950
45	8,364 x 10 <sup>-4</sup>	1,381	0,9959
50	1,025 x 10 <sup>-3</sup>	1,420	0,9961
55	1,996 x 10 <sup>-3</sup>	1,421	0,9974
60	2,585 x 10 <sup>-3</sup>	1,374	0,9958
65	2,541 x 10 <sup>-3</sup>	1,434	0,9954
70	1,687 x 10 <sup>-3</sup>	1,529	0,9979

Todos os modelos se ajustaram aos dados, apresentando um coeficiente de determinação superior a 0,99 (Tabela 9). Observa-se a partir da Figura 16 que as curvas de secagem apresentam-se de forma bem definida, ou seja, sem grandes flutuações nos pontos. Elas possuem taxa de secagem decrescente, comportamento que também foi relatado por Karim e Wai (1999).

A utilização de temperaturas mais elevadas reduz o tempo de secagem, ou seja, aumenta a taxa de perda de água. O tempo de secagem diminui de 420 minutos para 180 minutos quando a temperatura aumenta de 40°C para 70°C. Observação semelhante foi feita por Cruz (2013) que verificou que a polpa de goiaba atingia o equilíbrio higroscópico mais rapidamente a 80°C do que a 60°C. Krasaekoopt e Bhatia (2012) também observaram redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura ao secar iogurte em leito de espuma. As espuma antes e depois de secas a 60°C estão representadas na Figura 17.

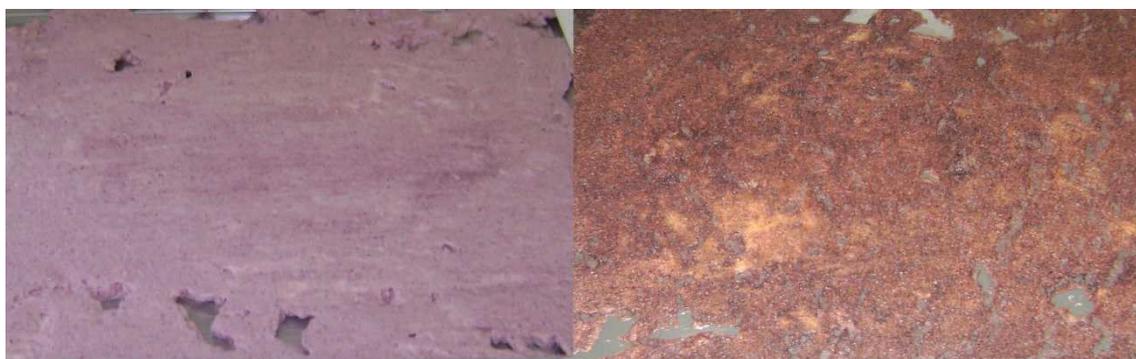


FIGURA 17 – Espuma antes da secagem (esquerda) e depois da secagem (direita).

A Tabela 10 apresenta os dados referentes à análise de vitamina C dos pós obtidos a partir da secagem das espumas nas diferentes temperaturas utilizados para definir a temperatura ideal para secagem. Não foi possível ajustar um modelo para os dados de vitamina C em função do tempo.

TABELA 10 – Tempo de secagem e teor de vitamina C em função da temperatura de secagem

Temperatura (° C)	Tempo de secagem (min)	Vitamina C (mg/ 100 g de pó) *
40	420	928,54
45	420	1275,00
50	360	1267,19
55	180	1334,48
60	180	1488,74
65	120	974,38
70	120	984,66

\*Dados calculados em base seca.

Nota-se que o teor de ácido ascórbico retido foi maior quando a secagem ocorreu na temperatura de 60 ° C do que em temperaturas mais baixas. Isso pode ter acontecido devido ao efeito do tempo de processamento ser mais significativo do que o da temperatura, ou seja, os nutrientes dos alimentos são melhor preservados em maiores temperaturas por menores tempos (FELLOWS, 2006). Furtado et al. (2010) relataram que a secagem de seriguela em temperaturas de 80°C reteve maior quantidade de vitamina C do que quando realizada em 70 e 60°C. Maharaj e Sankat (1996) encontrou comportamento semelhante para inhame e atribuíram esse fato a inativação de algumas enzimas oxidativas que colaboram com a degradação do ácido ascórbico em altas temperaturas.

No entanto, observa-se na Tabela 10 que ocorreu uma mudança de comportamento nas temperaturas de 65 e 70°C. Cruz (2013) secou polpa de goiaba em leito de espuma nas temperaturas de 60, 70 e 80°C e constatou maiores valores de ácido ascórbico quando a desidratação foi realizada na temperatura de 70°C. Uma possibilidade é que exista uma temperatura crítica acima da qual o efeito da mesma seja mais significativo do que a redução do tempo, e essa temperatura seria diferente para cada tipo de matéria prima. Porém, outros estudos devem ser realizados para confirmar esta hipótese.

Tendo em vista que a vitamina C remanescente após a secagem a 60°C foi superior ao encontrado nos outros tratamentos esta temperatura foi escolhida para dar prosseguimento ao trabalho.

A Figura 18 apresenta a curva de secagem a 60°C para a espuma e para a mistura de polpas sem agente espumante. A umidade inicial da espuma foi de 87,30% e da polpa de 92,56% e a final foi respectivamente 7,76% e 9,88%.

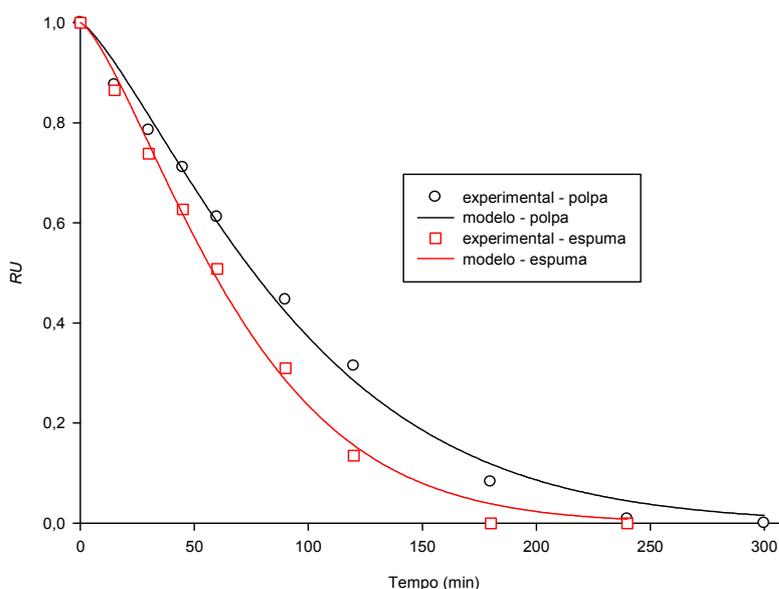


FIGURA 18 – Curvas de secagem a 60 °C para espuma e polpa mista.

A Tabela 11 apresenta os tempos de secagem bem como outros parâmetros do processo.

TABELA 11 - Parâmetros ajustados para o modelo referente às curvas de secagem a 60 °C

Material	$k$	$n$	$r^2$	$t_s$ (min)
Polpa	$2,405 \times 10^{-3}$	1,307	0,9941	324,24
Espuma	$2,585 \times 10^{-3}$	1,374	0,9958	232,08

Observa-se pela Tabela 11 que os modelos se ajustaram bem aos dados, apresentando um  $r^2$  igual a 0,99. Constata-se que a elaboração de uma espuma para posterior secagem diminuiu o tempo do processo de aproximadamente 324,24 minutos para 232,08 minutos. Isso ocorre pois há formação de espaço poroso devido a espuma formada, que aumenta a superfície

de contato com o ar aprimorando o processo de difusão de umidade durante a secagem (RAJKUMAR et al., 2007). Kandasamy et al. (2012) encontrou comportamento semelhante ao secar espuma e polpa de mamão. Logo, a elaboração de uma espuma a partir da mistura de polpas diminuiu o tempo de secagem convencional.

#### 4.6 SECAGEM EM LIOFILIZADOR

Na literatura, as curvas de secagem que utilizam ar quente estão bem documentadas. Por outro lado, há poucos trabalhos que estabelecem estas curvas para o processo de liofilização. Observa-se que as curvas de secagem por liofilização se assemelham as curvas de secagem convencional (Figura 16). Este fato é esperado haja vista que trata-se de um processo de secagem, sendo que a diferença consiste basicamente na temperatura e pressão empregados. A Figura 19 ilustra a curva de liofilização obtida nesse trabalho ajustada para o modelo de Page.

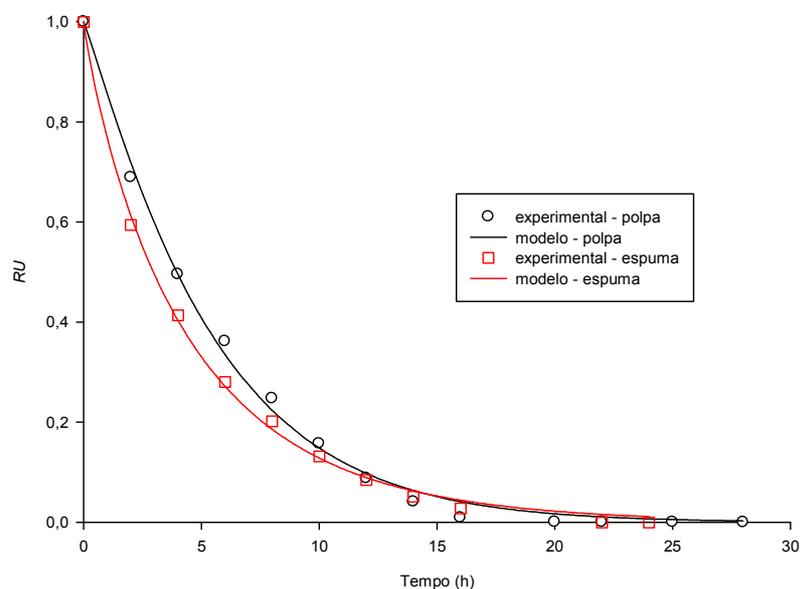


FIGURA 19 – Curva de secagem para a liofilização da polpa e da espuma.

A umidade inicial era de 87,66% para a espuma e 92,92% para a polpa e após a secagem a umidade de equilíbrio foi 3,25% e 11,11%, respectivamente. A Tabela 12 apresenta os tempos de secagem bem como outros parâmetros do processo de liofilização.

TABELA 12 - Parâmetros ajustados para o modelo de Page relativo às curvas de liofilização

Material	$k$	$n$	$r^2$	$t_L$ (h)
Polpa	0,1543	1,091	0,9964	22,41
Espuma	0,2636	$8,913 \times 10^{-1}$	0,9983	24,76

Observa-se que os modelos se ajustaram bem aos dados, apresentando coeficiente de determinação de 0,99 (Tabela 12). O tempo para secar 20 gramas de espuma (24,76 horas) foi maior do que aquele necessário para secar a mesma massa da mistura de polpas (22,41 horas). Logo, a elaboração de uma espuma para secagem em liofilizador não proporcionou vantagem em relação ao tempo total de secagem. Uma vez que o teor de umidade encontrado para a espuma liofilizada (3,25%) foi menor do que o encontrado para a polpa liofilizada (11,11%), um resultado diferente poderia ser encontrado caso o processo fosse interrompido com teores de umidade iguais. Desta forma, a espuma seca poderia alcançar a mesma umidade atingida pela polpa seca em um menor tempo.

Raharitsifa et al. (2010) liofilizaram espuma e polpa de maçã e encontraram uma redução considerável no tempo de processo ao secar a espuma. Porém, essa divergência pode ter ocorrido pois no referido trabalho foi mantida constante a espessura da camada de material a ser liofilizado e não a massa do material. Logo, para uma mesma espessura, a massa de polpa foi muito superior à massa de espuma, o que justifica o maior tempo gasto para liofilização da polpa.

A maioria dos trabalhos envolvendo liofilização estabelecem previamente um tempo superior a 48 horas para garantir que o produto atinja os teores de umidade desejados (MENEZES et al., 2009; RAHARITSIFA e RATTI, 2010; CATELAM et al., 2011). Porém, o presente estudo mostra que pode-se utilizar tempos de secagem menores sem perder a eficácia. Resultados semelhantes foram encontrados por Beer et al. (2009) utilizando as espectrometrias de infravermelho e Raman para monitorar o processo de liofilização. O autor obteve tempos de secagem próximos de 23 horas para soluções-modelo de manitol. Vieira et al. (2012) constatou que 27 horas eram suficiente para se secar fatias de maçã. Logo, torna-se importante a determinação das curvas de liofilização

para cada tipo de matéria prima, a fim de se determinar o tempo de processo necessário e com isso reduzir custos devido a tempo adicionais de secagem desnecessários. Cabe ressaltar ainda que o tempo de secagem dependerá da capacidade operacional do equipamento, da quantidade de produto que se deseja liofilizar, da sua umidade inicial, dentre outras variáveis.

#### **4.7 ANÁLISE DE SOLUBILIDADE DOS PÓS OBTIDOS POR LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO**

Os produtos secos obtidos após os processos de secagem estão apresentados na Figura 20.

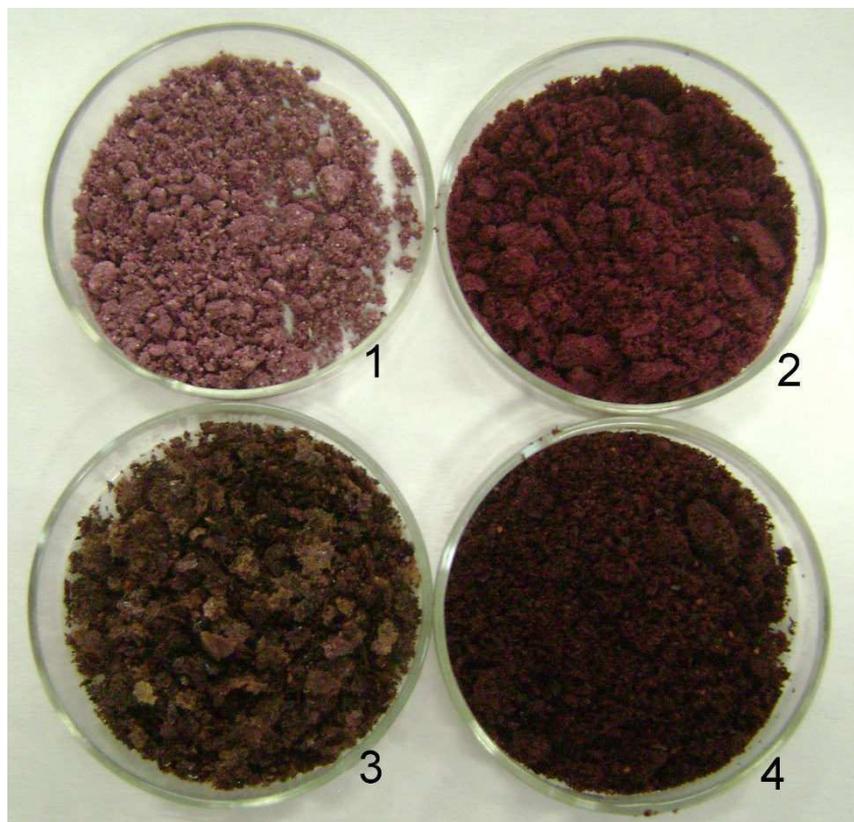


FIGURA 20 – Produtos secos. (1 – espuma liofilizada; 2 – polpa liofilizada; 3 – Espuma desidratada com ar quente; 4 – polpa desidratada com ar quente)

Não houve diferença significativa entre dos tratamentos, a nível de 5% de probabilidade, em relação a solubilidade dos pós. Logo, o tipo de tratamento não influenciou nesta característica. A solubilidade média foi de 46,5%. Esse valor é muito inferior ao encontrado por Dantas (2010) para pós de abacaxi (98%) e manga (91%) desidratados em leite de espuma; e por Ceballos et al. (2012)

para polpa de graviola liofilizada (81,51% a 85,75%). Essa diferença pode ter ocorrido devido ao alto teor de lipídeos presentes no pó de açaí (40,75%) (MENEZES et al., 2008) que pode ter conferido um caráter lipofílico.

Em relação à umidade a ANOVA mostrou que houve diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5% de significância. A Tabela 13 apresenta o resultado do teste de Tukey para esta variável.

TABELA 13 – Resultado do teste de Tukey para a variável umidade

Tratamento	% Umidade *
1	3,25 <sup>c</sup>
2	11,11 <sup>a</sup>
3	7,76 <sup>b</sup>
4	9,88 <sup>a</sup>

\*Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa a nível de 5% de significância. Tratamentos: 1 – espuma liofilizada; 2 – polpa liofilizada; 3 – Espuma desidratada com ar quente; 4 – polpa desidratada com ar quente.

A espuma liofilizada foi a que apresentou menor média para umidade seguida pela espuma desidratada por leite de espuma. A polpa liofilizada e seca a 60 °C apresentaram as maiores médias e não diferiram significativamente entre si. Logo, pode-se afirmar que a adição de agente espumante contribui para a obtenção de menores valores de umidade. Isso pode ter acontecido devido ao aumento do teor de sólidos totais pela adição do agente espumante.

A umidade da polpa liofilizada (T<sub>2</sub>) está acima do encontrado por outros autores para produtos liofilizados (CORREA et al., 2011; MENEZES et al., 2008). Porém, está de acordo com o encontrado por Menezes et al. (2009) para acerola verde liofilizada (10,67%) e Oliveira et al. (2011) para sapoti liofilizado (12,30%).

O teor de umidade encontrado para a secagem em leite de espuma (T<sub>3</sub>) está próximo aos encontrados por: Pereira (2008), para extrato aquoso de própolis em pó; Krasaekoopt e Bhatia (2012), para iogurte em pó; e Soares (2009), para araçá boi em pó.

Menezes et al. (2009) encontraram umidade igual a 11,37% para pó de acerola verde seco em estufa a 70 °C. Esse resultado está próximo ao encontrado neste estudo para polpa desidratada a 60 °C (T<sub>4</sub>).

#### 4.8 EFEITO DO PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

Foram realizadas análises de cor (coordenadas L\*, a\*, b\*, C\* e h\*), acidez titulável, vitamina C, pH e sólidos solúveis nos sucos reconstituídos após secagem em liofilizador e leite de espuma.

Os resultados da ANOVA realizada para os dados referentes a cor (coordenadas L\*, a\*, b\*, C\* e h\*) e acidez titulável mostraram que não existe diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5% de significância. Logo, o tipo de processamento não influencia nestas características. Porém, houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) em relação a porcentagem de sólidos solúveis, pH e teor de vitamina C. A Tabela 14 apresenta o resultado do teste de Tukey para as médias dessas variáveis.

TABELA 14 – Resultado do teste de Tukey para as variáveis vitamina C, pH e Sólidos solúveis

Tratamento	Vitamina C	pH	Sólidos solúveis
1	291,83 ± 12,587 <sup>b</sup>	3,31 ± 0,010 <sup>a</sup>	3,20 ± 0,100 <sup>a</sup>
2	296,09 ± 32,046 <sup>b</sup>	4,07 ± 0,015 <sup>d</sup>	5,23 ± 0,231 <sup>b</sup>
3	263,76 ± 2,013 <sup>b</sup>	3,38 ± 0,001 <sup>b</sup>	2,96 ± 0,153 <sup>a</sup>
4	262,01 ± 16,748 <sup>b</sup>	4,10 ± 0,006 <sup>e</sup>	4,70 ± 0,346 <sup>b</sup>
5	184,02 ± 32,961 <sup>a</sup>	3,44 ± 0,006 <sup>c</sup>	2,83 ± 0,379 <sup>a</sup>
6	142,94 ± 12,655 <sup>a</sup>	4,11 ± 0,006 <sup>e</sup>	4,53 ± 0,252 <sup>b</sup>

\*Médias ± desvio padrão seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Tratamentos: 1 - suco natural; 2 - suco natural adicionado de albumina; 3 - suco reconstituído da mistura de polpa liofilizada; 4 - suco reconstituído da espuma liofilizada; 5 - Suco reconstituído a partir da mistura de polpas seca a 60 °C; 6 - Suco reconstituído a partir do pó proveniente do leite de espuma a 60 °C.

Pode-se constatar que não houve diferença significativa entre o teor de vitamina C do suco in natura (1 e 2) e liofilizado (3 e 4). Logo, o processo de liofilização não ocasionou perdas significativas desta vitamina. Esse fato pode ser atribuído ao uso de baixas temperaturas e vácuo (LIAOTRAKON et al., 2012).

O suco reconstituído a partir do pó resultante do processo de secagem em leite de espuma (6) obteve teor de ácido ascórbico significativamente menor

do que o suco reconstituído da espuma liofilizada (4). Isso se deve possivelmente às reações de oxidação que são aceleradas pelo aquecimento e aeração que ocorrem no processo em leito de espuma (SOUZA, 2011). O mesmo comportamento ocorreu para o suco reconstituído a partir da mistura de polpas secas a 60° C (5).

Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram relatados por Joshi et al. (2011) que utilizaram diferentes métodos para secar pedaços de maçã. Os autores concluíram que as maçãs secas à vácuo e a baixas temperaturas não apresentaram perdas de ácido ascórbico quando comparadas com as maçãs frescas. Entretanto o produto seco a 70° C sem utilização de vácuo teve uma redução de aproximadamente 69% no teor de vitamina C.

Souza (2011) obteve teores de vitamina C 30,85% maiores no pó de cupuaçu liofilizado quando comparado com o desidratado em leito de espuma. Entretanto, diferente do presente trabalho o autor constatou que a liofilização reduziu em 18,82% o teor da vitamina quando comparada com a polpa *in natura*. Essa diferença acontece pois pequenas perdas durante a liofilização podem ocorrer devido à exposição a luz e umidade (LIAOTRAKOON et al., 2012).

Alguns autores obtiveram perdas de vitamina C superiores às encontradas no presente estudo. Maharaj e Sankat. (1996) registrou uma perda de 70,3% em inhame secos em leito de espuma à temperatura de 60°C. Kadam et al. (2012) ao secarem espuma de abacaxi elaborada com albumina obteve 52,28% de perda de ácido ascórbico.

A adição do agente espumante não alterou o teor de vitamina C dos sucos *in natura* e reconstituídos. Comportamento semelhante foi observado por Pinto (2009) ao adicionar albumina em polpa de jenipapo.

Em relação ao valor de pH observa-se que o tipo de tratamento ocasionou em aumento significativo no pH dos sucos reconstituídos quando comparados com os *in natura*. Apesar de significativa essa diferença foi pequena, variando em 0,13 unidades para os tratamentos sem adição de albumina e 0,04 para os tratamentos adicionados desta. Estas pequenas variações podem ser consideradas normais e inerentes ao processo e podem justificar a acidez não ter apresentado diferença significativa entre os tratamentos. O aumento do pH pelos processos de desidratação por liofilização

e ar quente foi relatado por Corrêa et al. (2011). Esse comportamento pode ter ocorrido devido a perdas de compostos voláteis durante a secagem.

A adição de agente espumante contribuiu para um aumento do valor de pH dos sucos natural e reconstituídos quando comparados com os tratamentos que não foram adicionados de espumante. Outros autores observaram que a adição de albumina à polpa de frutas eleva o valor do pH, e este aumenta linearmente com o aumento da concentração do aditivo (SOUZA, 2011; SOARES, 2009; PINTO, 2009; KADAM et al., 2011). Este fato é esperado pois a albumina do ovo tem pH maior do que a das frutas utilizadas.

A média para sólidos solúveis totais dos tratamentos 3 e 5 não apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento 1, bem como as médias dos tratamentos 4 e 6 não foram significativamente diferente do tratamento 2. Isso significa que o tipo de processo não altera o teor de sólidos solúveis presentes na polpa. Estes constituem principalmente os açúcares e ácidos orgânicos, responsáveis pelo sabor e aceitação sensorial (LIMA, 2011). Souza (2011) encontrou uma redução de sólidos solúveis totais no pó de cupuaçu liofilizado e desidratado em leite de espuma em relação à polpa in natura, diferença que pode ter ocorrido devido o emprego de fluxo ascendente de ar a 4 m/s.

A adição de agente espumante aumentou o teor de sólidos solúveis presentes no suco reconstituído em relação ao in natura. Outros autores constataram que a adição de agentes espumantes aumenta o teor de sólidos solúveis da polpa (SOUZA, 2011; SOARES, 2009; PINTO, 2009) e segundo Pinto (2009), isso ocorre pois os aditivos tem um elevado valor de sólidos solúveis.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados conclui-se que:

Todas as formulações, obtidas a partir de açaí, morango e acerola tiveram boa aceitação sensorial em relação aos atributos de cor, sabor, consistência e impressão global.

O aumento da proporção de acerola provoca uma diminuição da aceitação sensorial, porém ela é uma boa fonte natural de vitamina C e portanto, um forma natural de aumentar o teor desta vitamina em sucos mistos.

O Morango contribuiu para aumentar o teor de sólidos solúveis do suco misto.

A formulação com 33,33% de polpa de açaí, 33,33% de polpa de morando e 33,33% de polpa de acerola foi a escolhida, pois apresentava uma boa aceitação sensorial e um elevado teor de vitamina C.

A albumina foi mais eficiente do que o Emustab® como agente espumante proporcionando menor densidade e melhor índice de estabilidade em todas as concentrações testadas. Baseando-se nessas características, foi selecionado a formulação contendo 5% de albumina para formação da espuma e subsequente secagem.

A temperatura de secagem em leito de espuma influencia tanto o tempo de secagem quanto o teor de ácido ascórbico, sendo que a temperatura de 60 °C foi a que proporcionou menor perda desta vitamina.

A elaboração da espuma antes do processo de secagem diminuiu o tempo de processo para a secagem em leito de espuma mas não ocasionou redução nos tempos de liofilização quando considerado a mesma massa de produto. Contudo, o teor de umidade no pó liofilizado em leito de espuma foi menor do que na polpa mista liofilizada.

Foi possível obter suco misto em pó a partir de leito de espuma e liofilização. Porém, os produtos secos não apresentaram uma boa solubilidade em água.

Não houve diferença entre o processo de liofilização e leito de espuma, com ou sem adição de agente espumante, para as variáveis acidez titulável e cor. O processo de liofilização foi mais eficiente na preservação da vitamina C

do que o leite de espuma. O tipo de processo não modificou o teor de sólidos solúveis e ocasionou em uma alteração pequena no valor de pH. A adição de agente espumante não alterou o teor de ácido ascórbico, porém proporcionou um aumento do valor de pH e teor de sólidos solúveis das formulações.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIR - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS**. Dados de mercado 2011. Disponível em: < <http://abir.org.br/2011/10/24/dados-de-mercado-2011/> > Acesso em: 10/04/2011.

ABREU, D. A.; SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. 2A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA, P. H. M. desenvolvimento de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adicionadas de prebióticos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 197-203, 2011.

AKINWALE, T. O. Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 3, p. 205-207, 2000.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2012. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2012. 138 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2013. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2013. 132 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **AOAC Official Method 967.21 Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices**, 1998.

ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos. Viçosa: Editora UFV. 2011. 601p.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**. v. 4, p.1450–1458, 2011.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de misturas de frutas obtido por spray drying**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

BARRETO, I. M. A. **Caracterização de polpa de pitanga roxa (*Eugenia uniflora*) desidratada em leito de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUMS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995. 299p.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 317p.

BATES, R. P.; MORRIS, J. R.; CRANDALL, P. G. **Principles and practices of**

**small - and medium - scale fruit juice processing.** FAO Agricultural Services Bulletin, 146. Food Science and Human Nutrition Department. University of Florida, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2515E/y2515e00.htm#toc>>. Acesso em: 17/04/2013.

BEER, T. R. M.; VERCRUYSSSE, P.; BURGGRAEVE, A.; QUINTEN, T.; OUYANG, J.; ZHANG, X.; VERVAET, C.; REMON, J. P.; BAEYENS, W. R. G. In-Line and Real-Time Process Monitoring of a Freeze Drying Process Using Raman and NIR Spectroscopy as Complementary Process Analytical Technology (PAT) Tools. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 98, n.9, 2009.

BERILLI, S. D. S.; ALMEIDA, S. B.; CARVALHO, A. J. C.; FREITAS, S. J.; BERILLI, A. P. C. G.; SANTOS, P. C. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo in natura. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.Especial, p. 592-598, 2011.

BIKERMAN, J. J. **Foams**. New York, USA: Springer-Verlag, 1973.

BRANCO, I. G.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SILVA, M. M.; PAULA, T. M. Avaliação sensorial e estabilidade físico-química de um blend de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.7-12, 2007.

BRASIL – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Estatísticas. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas> > Acesso em: 09 /04/ 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – Ministério da Saúde. Resolução DCR nº 269 de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Decreto nº 2.314 de 5 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 1997.

BRASIL. Instrução Normativa nº 12 de 04 de setembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical; e os Padrões de Identidade e Qualidade para Néctares. **Diário Oficial da União**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Aprova os padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2000.

CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 191-197, 2012.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.813-818, 2005.

CATELAM, K. T.; TRINDADE, C. F. S.; ROMERO, J. T. water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1196-1203, 2011.

CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 360–365, 2012.

CHEBROLU, K. K., JAYAPRAKASHA, G. K., YOO, K. S., JIFON, J. L., & PATIL, B. S. An improved sample preparation method for quantification of ascorbic acid and dehydroascorbic acid by HPLC. **Food Science and Technology**, v.47, p.443-449, 2012.

CHEN, X. D., MUJUMDAR, A. S. **Drying Technologies in Food Processing**. Blackwell Publishing Ltd, 2008. 326p.

COHEM, K. O.; ALVES, S. M. **Sistema de Produção de açaí**. Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de Produção, 4 - 2ª Edição. Versão eletrônica. 2006.

CORRÊA, S.C.; CLERICI, M.T.P.S.; GARCIA, J.S.; FERREIRA, E.B.; EBERLIN, M.N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, n.44, p.2385–2390, 2011.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais**. Rio de Janeiro: Editora Rubio. 2010. 536p.

SILVIA, M.; COZZOLINO, F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3 ed. Barueri, SP: Editora Manole. 2009. 1172p.

CRUZ, C. W. F. **Obtenção de polpa de GOIABA (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

DAMODARAN, S.; PAKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2010. 900p.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

DELLA LUCIA, S.M.; POLA, C.C.; SARAIVA, S.H.; SILVA, P.I.; DE CARVALHO, R.V. Elaboração e aceitabilidade de sucos preparados a partir de frutas produzidas no estado do Espírito Santo. *Enciclopédia Biosfera*. Goiânia, v.7, n.12, p.1, 2011.

FALADE, K. O.; ADEYANJU, K. I.; UZO-PETERS, P. I. Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. **European Food Research and Technology**. v.217, p.486–491, 2003.

FARAONI, A. S. **Desenvolvimento de sucos mistos de frutas tropicais adicionados de Luteína e Epigalocatequina galato**. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES D. B.; OLIVEIRA, A. D. N.; DE LIMA, T. H. S. F.; DE SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p. 911-917, 2012.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FOLEGATTI, M. I. S.; FERREIRA, D.C.; MATSUURA, F. C. A. U. Otimização da aceitação de néctar de mamão e acerola através de metodologia de superfície de resposta. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 17, Fortaleza, 2000. **Anais...** Campinas: SBCTA, v.1, p.319, 2000.

FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2 Ed., New York: John Wiley & Sons, v.1, 2000. 2907p.

FREGONESI, B. M.; YOKOSAWA, C. E.; OKADA, I. A.; MASSAFERA, G.; BRAGA COSTA, T. M.; PRADO, S. D. P. T. Polpa de açaí congelada: características nutricionais, físico-químicas, microscópicas e avaliação da rotulagem. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 3, n.69, p.387-95, 2010.

FREITAS, D. G. C.; MARTTIETTO, R. A. Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**., Campinas, v. 33, p. 148-154, 2013.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.9-14, 2010.

GEORGE, J. P.; DATTA, A. K. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices, **Journal of Food Engineering**, v.52, p. 89-93, 2002.

GONZÁLEZ-MOLINA, E.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C. A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. **Food Chemistry**, v.115, p.1364–1372, 2009.

HARE, L. B. Mixture designs applied to food formulation. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 3, p. 50-62, 1974.

HART, M. R., GRAHAM, R. P., GINETTE, L. E. AND MORGAN, A. I. Foams for foam-mat drying. **Food Technology**, v.17, n. 10, p. 90-92, 1963.

IAL. **Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo, 2005.

IBGE. **Tabela de composição de alimentos**. Rio de Janeiro, 5 ed, 1999.

IBRAF. **Instituto Brasileiro de Frutas**. Disponível em: <[http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est\\_frutas.asp](http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp)>. Acesso em: 09 /04/ 2013.

INYANG, U. E.; ABAH, U. J. Chemical composition and organoleptic evaluation of juice from steamed cashew apple blended with orange juice. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 50, n. 4, p. 295-300, 1997.

JENNINGS, T. A. **Lyophilization: Introduction and Basic Principles**. New York: Informahealthcare, 2008. 646p.

JORGE, Z. L. C.; TREPTOW, R. O.; ANTUNES, P. L. avaliação físico-química e sensorial de suco de maçãs cultivares fuji, granny smith e seus “blends”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.4, n.1, 15-19, 1998.

JOSHI, A.P.K.; RUPASINGHE, H.P.V.; KHANIZADEH, S. impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin c and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. p. 453–457, 2011.

KADAM, D. M.; BALASUBRAMANIAN, S. Foam mat drying of tomato juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, p. 488–495, 2011.

KADAM, D. M.; RAI, D. R.; PATIL, R.T.; WILSON, R. A.; KAUR, S; KUMAR, R. Quality of fresh and stored foam mat dried Mandarin powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 793–799, 2011.

KADAM, D. M.; WILSON, R. A.; KAUR, V.; CHADHA, S.; KAUSHIK, P.; KAUR, S.; PATIL, R. T.; RAI, D. R. Physicochemical and microbial quality evaluation of foam-mat-dried pineapple powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 1654–1659, 2012.

- KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHI, D. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**. August 2012.
- KARAMAN, S., YILMAZ, M. T., KAYACIER, A. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1319-1326, 2011.
- KARIM, A. A; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola L.*) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**. v.64, n.3, p. 337–343, 1999.
- KAUSHAL, M.; SHARMA, P. C.; SHARMA, R. Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (*Hippophae salicifolia*) leather. **Journal of Food Science Technology**, v. 50, n.1, p. 78–85, 2013.
- KOROISHI, E. T.; BOSS, E. A.; MACIEL, R. M. W.; MACIEL FILHO, R. Process development and optimization for freeze-drying of natural orange juice. **Journal of Food Process Engineering**, n.32, p.425–441, 2009.
- KRASAEEKOOPT, W.; BHATIA, S. Production of Yogurt Powder Using Foam-Mat Drying. **AU Journal of Technology**, v.15, n.3, p.166-171, 2012.
- KROKIDA, M. K. Volatility of apples during air and freeze-drying. **Journal of Food Engineering**, n.73, p.135–141, 2006.
- KUMAR, S. B.; RAVI, R.; SARASWATHI, G. Optimization of Fruit Punch Using Mixture Design. **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**, v.75, n.1, 2010.
- LAU, K.; DICKINSON, E. Structural and Rheological Properties of Aerated High Sugar Systems Containing Egg Albumen. **Journal of Food Science**, v.69, n.5, p.232–239, 2004.
- LEONE, R. S. **Desenvolvimento de suco misto de frutas e hortaliças para melhoria da qualidade nutricional e funcional**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- LEONE, R. S.; RAMOS, A. M.; ROCHA, F. I. G. Assessment of bioactive components in blend by fruits and vegetable during 100 days of storage. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, p. 480-489, 2011.
- LIAOTRAKOON, W.; CLERCQ, N.; LEWILLE, B.; DEWETTINCK, K. Physicochemical properties, glass transition state diagram and colour stability of pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus spp.*) as affected by freeze-drying. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 2, p. 743-750, 2012.

LIMA, M. A. C. Teor de sólidos solúveis. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01\\_147\\_24\\_112005115227.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_147_24_112005115227.html)>, acesso em: 05 de julho de 2013.

MACIEL, M. I. S.; MELO, E. D. A.; DE LIMA, V. L. A. G.; DA SILVA, W. S.; MARANHÃO, C. M. C.; DE SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **Boletim do Centro Pesquisa Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.

MAHARAJ, V.; SANKAT, C. K. Quality changes in dehydrated dasheen leaves: effects of blanching pre-treatments and drying conditions. **Food Research International**, Barking, v.29, n.5/6, p 563-568, 1996.

MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; LIMA, A. S.; CARVALHO, J. M. FIGUEIREDO, R. W. **Processamento de Frutas tropicais**. Fortaleza: Editora UFC, 2009. 277p.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leite de espuma e avaliação sensorial do produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARTINS, B. R.; DE ARAUJO, I. S.; JACOB, S. C. A propaganda de Alimentos: orientação, ou apenas estímulo ao consumo ?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.16, n.9, p. 3873-3882, 2011.

MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M. I. D. S.; CARDOSO, R. L.; FERREIRA, D. C. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. **Scientia Agricola**, v. 61, n.6, p.604-608, 2004.

MATSUURA, F.C.A.U.; ROLIN, R. B. avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 24, n.1, p. 138-141, 2002.

MEGÍAS, M. S.; LÓPEZ, A. J. P.; DELICADO, E. N.; BELTRÁN, F.; NICOLÁS, J. M. L. Optimization of tropical juice composition for the spanish market. **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**, v.70, n.1, 2005.

MENEZES, A. R. V.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R. A.; Sampaio, D. D. S. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

MENEZES, E. M. S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea Mart*) liofilizada. **Acta Amazonica**, v. 38, n.2, p. 311 – 316, 2008.

- MENEZES, E. M. S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (*Euterpe oleracea*, Mart.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- MOREIRA, C. F. F.; LOPES, M. L. M.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Impacto da estocagem sobre atividade antioxidante e teor de ácido ascórbico em sucos e refrescos de tangerina. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.25, n.6, p.743-752, 2012.
- MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUNPÇÃO, C. F.; BOAS, B. M. V. Desenvolvimento e avaliação sensorial de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis Sims*) e araticum (*Annona crassiflora*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.2, p.131-135, 2011.
- MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUNPÇÃO, C. F.; FLORES, J. C. J.; OLIVEIRA, K. A. M. Agregação de valor a frutos de ata através do desenvolvimento de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis sims*) e ata (*Annona squamosa l.*). **Alimentos & Nutrição**, Araraquara, v.20, n.3, p. 389-393, 2009.
- MONTGOMERY, D.C. Design and Analysis of Experiments. New York: John Wiley & Sons. 2001. 684p.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **LEHNINGER: princípios de bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Editora Sarvier, 2006, 1202 p.
- NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; TOSIN, J. M.; CHAGAS, E. A.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A.S.; ROBERTO, S. R. Produção de blends a partir de frutos tropicais e nativos da Amazônia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 187-197, 2011.
- OETTERER, Marília. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 664p.
- OLIVEIRA R. C.; ROSSI, R. M.; DE BARROS, S. T. D. Estudo reológico da polpa de morango (*Fragaria vesca*) em diferentes temperaturas. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 283-288, 2012.
- OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.
- OLIVEIRA, J. E.D.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Editora Sarvier. 2006. 403p.
- ORDÓÑEZ, Juan A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

- PENTEADO, M. V. V. C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. Barueri, SP: Editora Manole. 2003. 612p.
- PEREIRA, A. C. D. S.; SIQUEIRA, A. M. D. A.; DE FARIAS, J. M.; MAIA, G. A.; DE FIGUEIREDO, R. W.; DE SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 59, n. 4, p. 141-147, 2009.
- PEREIRA, D. A. **Extração aquosa de própolis e secagem em leite de espuma para uso em alimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008.
- PHILLIPS, K. M.; TARRAGÓ-TRANI, M. T.; GEBHARDT, S. E.; EXLER, J.; PATTERSON, K. Y.; HAYTOWITZ, D. B.; PEHRSSON, P. R.; HOLDEN, J. M. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. **Journal of Food Composition and Analysis**, Vol. 23, p. 243-259, 2010.
- PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.
- PITOMBO, R. N. M. **Comportamento higroscópico do suco de laranja liofilizado**. Tese (Doutorado em Ciência dos alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- QUINATO, E.E.; DEGASPARI, C.H.; VILELA, R.M. Aspectos nutricionais e funcionais do morango. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.8, n.1, 2007.
- RAHARITSIFA, N.; RATTI, C. FOAM-MAT FREEZE-DRYING OF APPLE JUICE PART 1: EXPERIMENTAL DATA AND ANN SIMULATIONS. **Journal of Food Process Engineering**, v.33, p. 268–283, 2010.
- RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed *alphonso* mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, n.79, p. 1452–1459, 2007.
- RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high value foods: a review. **Journal and food Engineering**, 49, pp. 311-319, 2001.
- RATTI, C.; KUDRA, T. Drying of Foamed Biological Materials: Opportunities and Challenges. **Drying Technology**, v. 24, p. 1101–1108, 2006.
- REIS, C.; ANDRADE, J.C. Planejamento experimental para misturas usando cromatografia em papel. **Química nova**, v.19, n.3, p. 313-319, 1996.
- ROCHA, E. A.; ABREU, C. P.; CORREA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

ROCHA, M. M. R. M. **Liofilização como método para agregar valor ao camarão marinho (*Litopenaeus vannaei*)**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

SANTOS, G. M. **Contribuição da vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos no potencial antioxidante de produtos comerciais de açaí e cupuaçu**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SCHERER, R.; RYBKA, A. C. P.; GODOY, E. T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1137-1140, 2008.

SEAG - SECRETARIA DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA. Fruticultura e desenvolvimento regional. Agricultura em movimento, v. 27, n. 4, p. 4, 2012.

SHIBY, V. K., RADHAKRISHNA, K., BAWA, A. S. Development of whey-fruit-based energy drink mixes using D-optimal mixture design. **International Journal of Food Science and Technology**, v.48, p.742–748, 2013.

SILVA, L.M.R.; LIMA, A.S.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUSA, P.H.M.; LIMA, J.S.S. desenvolvimento de néctares mistos à base de manga e cajá enriquecidos com frutooligossacarídeos ou inulina. **Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 149-154, 2011.

SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; DE FIGUEIREDO, R. W.; DE SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. D. C.; DE FIGUEIREDO, E. A. T. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 237-248, 2012.

SILVIA, M.; COZZOLINO, F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3 ed. Barueri, SP: Editora Manole. 2009. 1172p.

SIPOLI, C. C.; PEIREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. Produção do suco em pó solúvel da acerola por processo de liofilização. Anais do XVI Encontro Anual de Iniciação Científica. Universidade Estadual de Maringá, 2007.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, J. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA JR., A.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata*

d.c.) pelo processo “foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.164-170, 2001.

SOUSA, M. A. C.; YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; PANTOJA, L. Suco de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): avaliação microbiológica, tratamento térmico e vida de prateleira. **Acta Amazonica**, v.36, n.4, p. 483 – 496, 2006.

SOUSA, P. H. M. **Desenvolvimento de néctares mistos de frutas tropicais adicionados de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng***. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SOUSA, P. H. M.; RAMOS, A. M.; MAIA, G. A.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S.; FONSECA, A. V. V. Adição de extratos de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng* em néctares mistos de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.2, p.463-470, 2010.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

SPÍNOLA, V.; MENDES, B.; CÂMARA, J. S.; CASTILHO, P. C. Effect of time and temperature on vitamin C stability in horticultural extracts. UHPLC-PDA vs iodometric titration as analytical methods, **LWT - Food Science and Technology**, 2012.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP-NEPA, 2011. 161 p.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. **Food Science and Technology**, v.47, p.348-357, 2012.

TONON, R. V.; BRABET, C.; PALLET, D.; BRAT, P.; HUBINGER, M. D. Physicochemical and morphological characterisation of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.1950–1958, 2009.

VENTURINI FILHO, W, G e colaboradores. **Bebidas não alcoólicas**. São Paulo: Editora Bluncher, 2010, v.2, 385p.

VERNON-CARTER, E.J.; ESPINOSA-PAREDES, G.; BERISTAIN, C.I.; ROMEROTEHUITZIL, H.R. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavor retention of tamarind foam-mats. **Food Research international**, n.34, p.587-598, 2001.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

VIEIRA, A.F.C.; DAL BELLO, L. H. A.. Experimentos com mistura para otimização de processos: uma aplicação com respostas não normais. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 3, p. 605-623. 2006.

WILLS, R.B.H., WIMALASIRI, P., GREENFIELD, H. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. N.32, p.836–838, 1984.