

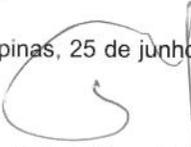
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ESTUDO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO PÓ DE CUPUAÇU**  
**(*Theobroma grandiflorum* Schum) ALCALINIZADO**

**PARECER**

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Daniela Arruda Marchese**, aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de junho de 2002.

Campinas, 25 de junho de 2002

  
Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia  
Presidente da Banca

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

**DANIELA ARRUDA MARCHESE**  
**Engenheira de Alimentos**

**Prof. Dr. NELSON HORACIO PEZOA GARCÍA**  
**Orientador**

**Dra. DENISE CALIL PEREIRA JARDIM**  
**Co-orientadora**

**CAMPINAS**  
**2002**

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FE  
CHAMADA T/UNICAMP  
M332e  
EX  
CÓDIGO DE BARRAS 50608  
CÓDIGO DE BARRAS 16.837/02  
D.X  
CÓDIGO R\$ 11,00  
DATA 28/08/02  
CPD

00172527-9

ID 253621

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

Marchese, Daniela Arruda  
M332e      Estudo do processo de obtenção do pó de cupuaçu  
(*Theobroma grandiflorum* Schum) alcalinizado / Daniela Arruda  
Marchese. – Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Nelson Horacio Pezoa Garcia  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de  
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Cupuaçu. 2.*Theobroma*. 3.Cor. 4.Sabor. 5.Solubilidade.  
I.Pezoa Garcia, Nelson Horacio. II.Universidade Estadual de  
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García**  
Universidade Estadual de Campinas  
Orientador



---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Hilary Castle de Menezes**  
Universidade Estadual de Campinas  
Membro



---

**Dr. Flávio Schmidt**  
Instituto de Tecnologia de Alimentos  
Membro

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Helena Maria André Bolini Cardello**  
Universidade Estadual de Campinas  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García pela orientação e pelo apoio dado durante a realização deste trabalho;

À Dra. Denise Jardim pela idéia do projeto, amizade, colaboração atenciosa, confiança e apoio;

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Hilary Castle de Menezes pelas correções e sugestões fornecidas na etapa final do projeto;

Ao Dr. Flávio Schmidt pelas sugestões e colaboração;

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Helena André Bolini Cardello pela importante ajuda na elaboração e execução da análise sensorial;

A Deus, por ter me dado a oportunidade de uma vida;

Aos meus pais, Domingos e Heloisa, pelo exemplo de vida, amor, apoio e incentivo na busca da realização dos sonhos;

À minha irmã Fabiola pelo carinho e preocupação;

Ao Luis Fernando pelo amor, paciência, apoio e preciosa colaboração durante esta etapa de nossas vidas;

À CHOCAM por ter fornecido as amêndoas de cupuaçu necessárias para a realização do estudo;

À minha amiga Ana Vânia pela amizade, apoio, companheirismo e ajuda no trabalho do dia-a-dia;

À Maria Eugênia pela amizade e apoio;

Às minhas companheiras e amigas, Anamaria e Fabi, pelo apoio e amizade sinceros;

Ao casal, Rosane e Flávio, pelas conversas e conselhos em momentos especiais;

À Kelly pela amizade e empréstimo rápido e eficiente de material bibliográfico;

Aos meus companheiros de laboratório: Carlinha, Niê, Cris, Ricardo (Fogo), Adriana, Marinalda, Rafaella, Alessandra, Valéria, Elisângela, Paulo Tavares, Gabi, Amanda, Lu, Gisele, Karina, Patrícia, Maria Fernanda, Marcus, Fábio, Vítor, Rodrigo e Leonel pelo apoio, ensinamentos e momentos de descontração; ao Flávio (CEREAL-CHOCOTEC) pelo apoio no estudo da etapa de prensagem;

Às técnicas Ana Koon e Priscila Ferraz pela paciência, amizade e ensinamentos fundamentais para a realização do trabalho;

Às técnicas Carol e Ana Lurdes pelos ensinamentos e empréstimos de equipamentos e do laboratório; ao Aauto pela ajuda em etapas do processamento; aos funcionários Jaime, Marlene, Cosme e Marcelo.

Enfim, a todos familiares, amigos e companheiros de trabalho cuja amizade e apoio foram fundamentais para a execução deste projeto.

## ÍNDICE GERAL

LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Gênero <i>Theobroma</i> .....	5
3.2. Cupuaçu.....	5
3.2.1. Considerações gerais.....	5
3.2.2. Pré processamento.....	12
3.2.3. Fermentação.....	13
3.2.4. Torração.....	17
3.3. Alcalinização.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1. Materiais.....	27
4.1.1. Amêndoas de cupuaçu.....	27
4.1.2. Equipamentos e aparelhos.....	27
4.1.3. Reagentes.....	28
4.2. Métodos.....	28
4.2.1. Recebimento das amêndoas fermentadas e secas e prova de corte (“cut test”).....	30
4.2.2. Torração.....	30
4.2.2.1. Determinação do tempo de torração.....	30
4.2.2.2. Tratamento térmico.....	31
4.2.3. Quebra das amêndoas e separação dos componentes.....	32
4.2.4. Caracterização físico-química dos “nibs” de cupuaçu.....	33
4.2.4.1. Teor de umidade.....	33
4.2.4.2. Teor de gordura.....	33

4.2.4.3. Teor de cinzas.....	33
4.2.4.4. Proteínas.....	33
4.2.4.5. Teor de fibras.....	33
4.2.4.6. pH.....	33
4.2.4.7. Acidez Total Titulável.....	33
4.2.5. Obtenção do liquor.....	33
4.2.6. Extração de gordura.....	34
4.2.7. Moagem da torta.....	35
<b>5. PROCESSO DE ALCALINIZAÇÃO DO PÓ DE CUPUAÇU.....</b>	<b>37</b>
5.1. Matéria prima.....	37
5.2. Processo de alcalinização do pó de cupuaçu.....	37
5.3. Delineamento estatístico.....	38
5.4. Descrição das etapas do processo.....	40
5.4.1. Alcalinização.....	40
5.4.2. Secagem.....	41
5.4.3. Moagem.....	41
<b>6. AVALIAÇÃO DO PÓ DE CUPUAÇU ALCALINIZADO.....</b>	<b>43</b>
6.1. Material.....	43
6.2. Métodos.....	43
6.2.1. Avaliação físico-química.....	43
6.2.1.1. Teor de umidade.....	43
6.2.1.2. pH.....	43
6.2.1.3. Teor de cinzas.....	43
6.2.1.4. Alcalinidade de cinzas solúveis e insolúveis.....	43
6.2.1.5. Proteína.....	43
6.2.1.6. Análise de compostos fenólicos totais.....	44
6.2.1.7. Análise de solubilidade.....	44
6.2.1.8. Teor de fibras.....	44
6.2.1.9. Teor de gordura.....	44
6.2.1.10. Cor.....	44
6.2.1.11. Sedimentação.....	45

6.2.1.12. Densidade aparente acomodada.....	45
6.2.1.13. Distribuição do tamanho de partículas.....	45
6.2.2. Análise sensorial.....	47
6.2.2.1. Amostras avaliadas.....	47
6.2.2.2. Determinação da formulação e método de preparo.....	47
6.2.2.3. Área de realização do teste.....	48
6.2.2.4. Teste de aceitação.....	48
6.2.3. Análise estatística dos resultados.....	48
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
7.1. Matéria prima.....	49
7.1.1. Prova de corte (“Cut Test”) .....	49
7.1.2. Determinação do tempo de torração.....	50
7.1.3. Tratamento térmico.....	51
7.1.4. Quebra e separação dos componentes.....	53
7.1.5. Análises físicas e químicas.....	55
7.1.6. Extração de gordura.....	57
7.2. Pós alcalinizados.....	57
7.2.1. Análises físicas e químicas.....	57
7.2.1.1. Umidade e pH.....	57
7.2.1.2. Cinzas, alcalinidade de cinzas solúveis e insolúveis.....	63
7.2.1.3. Proteínas e fenóis totais.....	66
7.2.1.4. Solubilidade.....	77
7.2.1.5. Fibras.....	81
7.2.1.6. Lipídeos.....	82
7.2.1.7. Cor L, Cor a*, Cor b*, Relação b*/a*.....	83
7.2.1.8. Sedimentação e densidade aparente acomodada.....	105
7.2.1.9. Distribuição do tamanho de partículas.....	107
7.2.2. Análise sensorial.....	109
7.2.2.1. Teste de aceitação.....	109
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>113</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>117</b>



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Constantes físicas e químicas da gordura de cupuaçu e cacau.....	<b>8</b>
<b>Tabela 2.</b> Composição em ácidos graxos livres das gorduras das sementes de cupuaçu e de cacau.....	<b>8</b>
<b>Tabela 3.</b> Composição química das amêndoas de cupuaçu e de cacau, em base seca.....	<b>9</b>
<b>Tabela 4.</b> Caracterização química e física dos pós de cacau natural e alcalinizado.....	<b>24</b>
<b>Tabela 5.</b> Condições de processo para a obtenção de pó de cacau alcalinizado a partir do pó de cacau natural.....	<b>25</b>
<b>Tabela 6.</b> Condições de processo para a obtenção do pó de cacau alcalinizado a partir do pó de cacau natural.....	<b>26</b>
<b>Tabela 7.</b> Binômios de tempo e força utilizados na prensagem do liquor e dos nibs de cupuaçu.....	<b>34</b>
<b>Tabela 8.</b> Faixas utilizadas nos ensaios preliminares.....	<b>37</b>
<b>Tabela 9.</b> Níveis de variação para as variáveis independentes.....	<b>39</b>
<b>Tabela 10.</b> Delineamento experimental para as variáveis independentes, sendo $X_1$ =%de $K_2CO_3$ e $X_2$ =tempo.....	<b>39</b>
<b>Tabela 11.</b> Balanço de massa da solução de carbonato de potássio.....	<b>41</b>
<b>Tabela 12.</b> Formulação utilizada para o preparo da bebida.....	<b>47</b>
<b>Tabela 13.</b> Classificação das amêndoas fermentadas de cupuaçu.....	<b>50</b>
<b>Tabela 14.</b> Defeitos encontrados nas amêndoas de cupuaçu.....	<b>50</b>
<b>Tabela 15.</b> Freqüência das notas atribuídas pelos provadores.....	<b>50</b>
<b>Tabela 16.</b> Valores médios para o atributo sabor global.....	<b>51</b>
<b>Tabela 17.</b> Composição física e química dos “nibs” das amêndoas fermentadas e torradas de cupuaçu, em base seca.....	<b>55</b>
<b>Tabela 18.</b> Valores médios de umidade e pH para os pós de cupuaçu alcalinizados.....	<b>58</b>
<b>Tabela 19.</b> Estimativa dos efeitos sobre o valor de pH.....	<b>59</b>
<b>Tabela 20.</b> Análise de variância (ANOVA) para o pH.....	<b>60</b>

<b>Tabela 21.</b> Valores médios do teor de cinzas e alcalinidade de cinzas solúveis e insolúveis para os pós de cupuaçu alcalinizados.....	<b>64</b>
<b>Tabela 22.</b> Valores médios do teor de proteínas e fenóis totais nos pós de cupuaçu.....	<b>66</b>
<b>Tabela 23.</b> Estimativa dos efeitos sobre o valor do teor de proteínas e fenóis totais.....	<b>67</b>
<b>Tabela 24.</b> Análise de variância (ANOVA) para o teor de proteínas e fenóis totais.....	<b>68</b>
<b>Tabela 25.</b> Valores médios de solubilidade para os pós de cupuaçu alcalinizados.....	<b>78</b>
<b>Tabela 26.</b> Valores médios para os teores de fibras dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	<b>81</b>
<b>Tabela 27.</b> Valores médios da análise de cor dos pós de cupuaçu alcalinizados..	<b>83</b>
<b>Tabela 28.</b> Estimativa dos efeitos sobre os parâmetros de cor do pó de cupuaçu alcalinado.....	<b>84</b>
<b>Tabela 29.</b> Análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de cor.....	<b>86</b>
<b>Tabela 30.</b> Valores médios de sedimentação e densidade aparente acomodada dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	<b>105</b>
<b>Tabela 31.</b> Tamanho médio das partículas e intervalos da curva de distribuição do tamanho das partículas dos pós alcalinizados de cupuaçu. ....	<b>107</b>
<b>Tabela 32.</b> Resultados obtidos na análise sensorial.....	<b>109</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fluxograma do rendimento em escala industrial do beneficiamento de amêndoas de cupuaçu para elaboração do <i>cupulate</i> em pó.....	11
<b>Figura 2.</b> Fluxograma para a obtenção do pó de cupuaçu alcalinizado.....	29
<b>Figura 3.</b> Fluxograma do processo de obtenção do pó de cupuaçu alcalinizado.	40
<b>Figura 4.</b> Perfil de torração das amêndoas de cupuaçu.....	53
<b>Figura 5.</b> Valores observados vs preditos para pH.....	60
<b>Figura 6.</b> Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o valor do pH dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	61
<b>Figura 7.</b> Valores observados vs preditos para o teor de proteínas.....	69
<b>Figura 8.</b> Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o valor do teor de proteínas dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	71
<b>Figura 9.</b> Valores observados vs preditos para o teor de fenóis totais.....	73
<b>Figura 10.</b> Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o valor do teor de fenóis totais dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	75
<b>Figura 11.</b> Curva de solubilidade dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	79
<b>Figura 12.</b> Valores observados vs. preditos para o parâmetro de cor L.....	87
<b>Figura 13.</b> Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o parâmetro de cor L dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	89
<b>Figura 14.</b> Valores observados vs. preditos para o parâmetro de cor a*.....	91
<b>Figura 15.</b> Efeito das variáveis tempo e concentração de álcali sobre o parâmetro de cor a* dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	93
<b>Figura 16.</b> Valores observados vs. preditos para o parâmetro de cor b*.....	95
<b>Figura 17.</b> Efeito das variáveis tempo e concentração de álcali sobre o parâmetro de cor b* dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	97
<b>Figura 18.</b> Valores observados vs. preditos para a relação $b^*/a^*$ .....	99
<b>Figura 19.</b> Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre a relação $b^*/a^*$ dos pós de cupuaçu alcalinizados.....	101

## RESUMO

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) é um fruto muito popular e promissor da região Amazônica. A sua polpa é industrializada e comercializada sob a forma congelada e suco e utilizada na fabricação de doces, geléias e sorvetes, sendo o seu sabor exótico muito apreciado. Por outro lado, vários estudos mostraram que a partir de suas sementes, com composição química semelhante a do cacau, pode-se obter um produto similar ao chocolate, com aroma e sabor característicos. O processo de industrialização das sementes de cupuaçu ocorre de modo semelhante ao das amêndoas de cacau, que inclui as etapas de fermentação, secagem e torração. Com o objetivo de modificar a cor, melhorar o sabor e aumentar a solubilidade e dispersibilidade do pó de cupuaçu parcialmente desengordurado, obtido de amêndoas fermentadas e torradas, foi estudado o processo de alcalinização. Para tal, seguiu-se um planejamento fatorial  $2^2$ , com 5 níveis ( $-\infty$ , -1, 0, +1,  $+\infty$ ), resultando em 11 tratamentos, tendo como variáveis independentes o tempo de processo e a concentração do álcali (carbonato de potássio) que variaram de 20 e 70 minutos e de 0 a 3%, respectivamente, mantendo-se a temperatura do processo a 60°C. As amostras provenientes dos diferentes tratamentos foram avaliadas físico-química e sensorialmente. Verificou-se que o processo de alcalinização promoveu modificações visíveis de cor, possivelmente ocasionado pela reação de Maillard e condensação de quinonas. A queda dos teores de proteínas e fenóis totais, sugere uma possível complexação entre ambos e formação de compostos menos solúveis, o que leva à diminuição da adstringência e do amargor e por conseqüência uma melhor percepção do sabor desenvolvido durante a torração, fato este observado na análise sensorial. O teor de fibras sofreu decréscimo, indicando possível ruptura de estruturas celulares. Este fato promoveu aumento da solubilidade e dispersibilidade dos pós, refletida na queda do índice de sedimentação. Os pós de cupuaçu alcalinizados por um tempo de 40 a 50 minutos, com uma concentração do álcali entre 1,2 e 2,1% e uma faixa de pH entre 6,8 e 7,2, apresentaram uma coloração mais escura e avermelhada e aumento da solubilidade e dispersibilidade.

## SUMMARY

Cupuasu (*Theobroma grandiflorum* Schum) is a very popular and promising fruit from the Amazon region. Its pulp is produced and marketed frozen or as a juice, but it can be used in the manufacture of desserts, jams, jellies and ice creams, since its exotic flavor is highly appreciated. On the other hand, several studies have shown that from its seeds, which have a similar chemical composition to that of cocoa, it is possible to obtain a chocolate-like product, with characteristic aroma and flavor. The process for the industrialization of cupuasu seeds occurs in a similar way to that of cocoa beans, including fermentation, drying and roasting. In order to modify the color, to improve the flavor and to increase the solubility and dispersability of the partially defatted cupuasu powder, obtained from fermented and roasted beans, the alkalization process was studied. For this purpose, a  $2^2$  factorial design with 5 levels ( $-\infty$ , -1, 0, +1,  $+\infty$ ) was used, resulting in 11 treatments. The independent variables were the time of process and the concentration of the alkali (potassium carbonate), which varied from 20 to 70 minutes and from 0 to 3%, respectively. The process temperature was 60°C. The resulting samples from the different treatments were evaluated by physical, chemical and sensorial analyses. It was shown that the alkalization process promoted visible modifications in the color, possibly caused by Maillard reaction and quinone condensation. The decrease in the protein and total phenol contents suggests a possible complexation between the two and the formation of less soluble compounds, which lead to a decrease in astringency and bitterness and consequently to a better perception of the flavor developed during roasting, a fact that was observed in the sensory analysis. The drop in the fiber content indicated a possible rupture of cellular structures. This promoted an increase in the solubility and dispersability of the powders, as shown by the decrease in the sedimentation index. The alkalized cupuasu powders obtained from 40 to 50 minutes of processing, with a concentration of alkali ranging from 1.2 to 2.1% and a pH range between 6.8 and 7.2, resulted in a darker and redder colored, and in an increase in the solubility and dispersability.

## 1. INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (família *Sterculiaceae*) é uma árvore frutífera típica da região amazônica, cultivada nos Estados do Pará e Maranhão, sendo considerada uma das melhores e mais promissoras fruteiras da Amazônia.

Acredita-se que o cupuaçu vem se destacando como um dos frutos regionais amazônicos de maior divulgação no território brasileiro com grande potencial para a industrialização. O seu valor econômico está baseado, principalmente, na industrialização e comercialização da polpa, aceita sob a forma de suco, creme, doces e outros. Apesar de constituírem cerca de 20% do peso do fruto, as sementes, que possuem alto valor nutritivo, são praticamente descartadas no beneficiamento do fruto. Entretanto, são consideradas valiosas pois possuem semelhança botânica com as sementes de cacau, o que permite a sua utilização na fabricação de produtos similares ao chocolate.

Com isto, estudos vêm sendo realizados com a finalidade de desenvolver tecnologias adequadas para o processamento das sementes de cupuaçu, baseando-se em tecnologias empregadas para o cacau. Sabe-se que o desenvolvimento do sabor inicia-se com a fermentação e secagem, que tem como principal objetivo o desenvolvimento de precursores de sabor. Segue-se a torração e a conchagem, responsáveis pelo desenvolvimento final do sabor, principalmente pela Reação de Maillard, através dos precursores formados durante a fermentação. No processamento ocorrem, ainda, o descascamento, a extração da manteiga através da prensagem e a posterior formulação dos produtos.

O processo de alcalinização, realizado com o intuito de intensificar o sabor, modificar a cor e aumentar a dispersibilidade dos pós, pode ser realizado em várias etapas do processamento, a partir dos nibs, da massa, da torta e do pó. Este processo consiste em aumentar o pH do produto que está sendo alcalinizado de valores iniciais em torno de 5 a

---

valores variáveis em torno de 7 e 7,5 numa alcalinização branda, podendo chegar a 8 quando o processo é mais intenso (Minifie, 1989).

O produto a ser alcalinizado é primeiramente aquecido em um equipamento fechado. Uma solução alcalina é adicionada ao produto, o tempo de reação é transcrito e, então, o excesso de umidade é retirado por secagem. O produto final possuirá um pH maior que o do natural, indicando mudanças significativas no perfil do sabor e da cor (Kostic, 1997). As variedades de coloração obtida podem ser bem amplas, obtendo-se tons claros, avermelhados e até escuros, dependendo da variedade das amêndoas, do agente alcalinizante e das condições do processo em geral. O sabor pode sofrer alterações diversas de acordo com o tratamento utilizado. De uma maneira geral, o sabor agressivo natural é reduzido e a percepção de aromas mais suaves pode ser notada.

Tendo em vista que o processo de alcalinização é uma etapa importante no desenvolvimento da cor e melhora do sabor do cupuaçu, torna-se necessário um estudo mais profundo acerca dos parâmetros que envolvem este processo para se obter dados científicos na busca de melhores alternativas para a produção de *cupulate* e outros produtos elaborados a partir do pó de cupuaçu.

Desta forma, buscou-se identificar as melhores condições de tempo e concentração alcalina a serem utilizadas na alcalinização do pó de cupuaçu com teor reduzido de gordura, através dos resultados obtidos com as análises físicas, químicas, físico-químicas e sensorial.

## 2. OBJETIVOS

- Estudar os parâmetros tempo e concentração de álcali no processo de obtenção do pó de cupuaçu alcalinizado, a partir da torta com teor reduzido de gordura.
- Caracterizar química, física e sensorialmente o pó de cupuaçu alcalinizado.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Gênero *Theobroma*

O gênero *Theobroma* é o que possui maior importância econômica na família *Sterculiaceae*. Possui cerca de 22 espécies, sendo que no Brasil podemos encontrar espécies como *T. bicolor*, *T. cacao*, *T. speciosum*, *T. Obovatum*, *T. subincanum*, *T. camargoanum*, *T. mariae*, *T. microcarpum*, *T. sylvestre* e *T. grandiflorum* (Aragão, 1992).

A espécie de maior valor comercial é o cacau (*Theobromona cacao* L.), cujas sementes são a base da indústria de chocolate (Cuatrecasa, 1964). Em segundo lugar, encontra-se o cupuaçu (*Theobromona grandiflorum* Schum), cuja polpa pode ser consumida na forma de sucos, sorvetes, geléias, cremes e doces (Venturieri & Aguiar, 1988). Segundo Nazaré (1997), pode-se utilizar as sementes para a fabricação de *cupulate* em pó, produto semelhante ao cacau em pó, *cupulate* em tabletes meio amargo, ao leite e branco, todos com cor, aroma e sabor similares aos do chocolate, porém com características muito peculiares.

#### 3.2. Cupuaçu

##### 3.2.1. Considerações gerais

O cupuaçuzeiro é uma árvore da floresta tropical úmida de terra firme, podendo ser encontrado, espontaneamente, nas regiões sul e sudeste do Pará e na parte noroeste do Maranhão. Atualmente, pode ser encontrado por toda a bacia Amazônica, em todo o Estado do Pará, Amazônia e Acre, norte do Maranhão e Tocantins. Em algumas cidades dos Estados de São Paulo, Bahia e Rio de Janeiro e em outros países como Colômbia, Venezuela, Equador, Costa Rica, Guiana, São Tomé, Trinidad e Gana, também se encontra deste fruto (Venturieri, 1993).

O cupuaçuzeiro é uma árvore que atinge cerca de 20m de altura e 45cm de diâmetro de caule, no estado silvestre. Quando cultivada, a altura pode variar de 6 a 8 metros (Venturieri, 1993).

O fruto é uma baga drupácea, elipsóide ou ablonga, variando de 15 a 35cm de comprimento por 10 a 15cm de diâmetro e com peso médio de 1500g. É constituído de casca rígida (epicarpo e mesocarpo), lenhosa, porém, facilmente quebrável (Venturieri, 1993).

Baseando-se na forma do fruto, o cupuaçu pode ser classificado em grupos, segundo suas características morfológicas (Calzavara, 1970; Venturieri, 1984):

- **Redondo:** É o tipo mais comum e possui extremo arredondado. A espessura da casca varia entre 6 a 7mm. As sementes possuem tamanho médio e o peso do fruto é de 1,5Kg.
- **Casca fina:** Possui formato cilíndrico, levemente anguloso nas laterais. A casca possui de 4 a 5mm de espessura.
- **Casca mamorana:** Fruto anguloso nas laterais e proeminente nas extremidades. A espessura da casca varia de 7 a 9mm. As sementes são grandes e o fruto pode atingir até 4Kg.
- **Colares:** Sem angulações nas laterais, largo na parte próxima ao pedúnculo e estreito na posterior. A casca possui espessura que varia entre 6 e 7mm. As sementes possuem tamanho médio. Os frutos possuem peso levemente superior ao tipo redondo.
- **Mamau:** É semelhante ao cupuaçu redondo porém, não possui sementes.

O rendimento dos frutos, em termos de polpa e sementes, varia de acordo com o tamanho, variedade, procedência, período de safra e o método de extração. De um modo geral, os frutos apresentam peso médio de, aproximadamente, 1300g, com 43,4% de casca, 38,5% de polpa, 17,2% de sementes e 2,9% de placenta (Venturieri, 1993).

A casca do fruto é utilizada, em alguns locais, como adubo orgânico (Calzavara et al., 1984). Possui 0,72% de Nitrogênio, 0,04% de Fósforo e 1,5% de Potássio em relação ao peso seco, constituindo, portanto, fonte rica em Potássio (Silva & Silva, 1986; citado por Venturieri, 1993).

O endocarpo, encontrado no fruto em quantidade abundante, é comestível e possui coloração amarela ou branca. O seu sabor é ácido e agradável, o cheiro é intenso e característico, o que o torna muito apreciado, constituindo um produto de exportação sob a forma de polpa, suco, doce, compota, sorvete e licor (Calzavara et al., 1984). De uma maneira geral, a polpa apresenta alta umidade (84,9 a 89%), baixo pH (3,2 a 3,6) e alta acidez titulável (2 a 2,15% expressa em ácido cítrico). O teor de açúcares redutores encontra-se na faixa de 2,8 a 3% enquanto o teor dos não redutores, entre 4 a 5,8%. O teor de pectinas encontra-se entre 0,39 e 0,85%. Apresenta baixos teores de amido (0,96%) e proteína (0,53 a 1,92%) (Chaar, 1980; Oliveira, 1981; citado por Queiroz, 1999).

As sementes possuem, aproximadamente, 2,5cm de largura e 0,9cm de espessura e são superpostas em 5 colunas em torno de um eixo central, denominado talo. O número de sementes aumenta de acordo com o tamanho do fruto e, em média, são encontradas 36 sementes por fruto, podendo chegar a ter 51 (Calzavara et al., 1984). A sua forma varia de abovada, ovalada ou levemente elíptica, achatada ou não (Venturieri, 1993).

Segundo Venturieri (1993) a polpa aderida à semente é macia e espessa (2 a 2,5 cm), apresenta coloração branca amarelada e é formada de células mucilaginosas. Em seguida, observa-se uma camada amarelada (0,4 mm) aderida ao embrião e que pode ser facilmente retirada. Logo após encontra-se uma camada bem mais fina (0,1 mm), flácida e de cor branco brilhante, onde é possível a percepção do enrugamento dos cotilédones. Essas três camadas formam o tegumento externo da semente ou testa. O endosperma, uma pele fina e transparente, envolve o embrião. Os cotilédones são finos e largos e apresentam-se comprimidos contra a testa, o que confere o aspecto similar ao cérebro. Quando frescos, apresentam coloração branco amarelada e, quando sofrem oxidação, apresentam coloração

marrom . As sementes de cupuaçu são muito ricas em gordura (57% de peso seco), com digestibilidade de 91,1% em humanos.

Segundo Vasconcelos et al. (1975), a gordura de cupuaçu, apesar de possuir semelhança com relação à manteiga de cacau considerando as constantes físicas e químicas (Tabela 1), apresentam composição química bastante diferenciada (Tabela 2).

**Tabela 1.** Constantes físicas e químicas de gordura de sementes de cupuaçu e cacau.

Constantes	Cupuaçu	Cacau
PH	5,7	6,3
Ponto de fusão (°C)	32-34	30-35
Densidade específica (25°C)	0,9074	0,973
Índice de refração	1,4583	1,4565-1,4570
Índice de acidez	4,2	1-4
Índice de iodo	45,9	32-42
Índice de saponificação	174,6	192-198
Insaponificáveis	0,6	0,3-0,8

Fonte: Vasconcelos et al., 1975.

**Tabela 2.** Composição em ácidos graxos livres das gorduras das sementes de cupuaçu e de cacau.

Ácidos Graxos	Cupuaçu (%)	Cacau (%)
Palmítico C 16/0	5,8	32,8
Estéarico C 18/0	38,3	35,5
Oléico C 18/1	42,8	29,6
Araquídico C 20/0	4,8	1,0
Linoleico C 18/2	8,3	1,1

Fonte: Vasconcelos et al., 1975.

Como pode ser observado pelas Tabelas 1 e 2, o alto teor de ácido oléico presente no cupuaçu em relação ao cacau, deveria lhe conferir um baixo ponto de fusão. Isto, porém, é compensado pelo maior teor de ácido araquídico, o que torna o seu ponto de fusão semelhante ao do cacau.

Segundo Berbert (1981), um outro ponto a se considerar é o fato da gordura de cupuaçu ser bem mais macia do que a de cacau, o que a torna inadequada para a fabricação de produtos como chocolates em barra, porém, é um potencial a ser usado, se modificado físico-quimicamente, na indústria de margarinas e produção de cosméticos. Segundo o autor, esta maciez é explicada, parcialmente, pelo alto teor de ácidos graxos insaturados (oléico e linoléico) presentes na amêndoa (Tabela 2), além da possível presença de alguns tipos de álcoois e ésteres superiores extraídos juntamente com a gordura.

Além da semelhança com relação à composição qualitativa dos ácidos graxos presentes nas amêndoas de cupuaçu e de cacau, há semelhança, também, com relação à composição química dos cotilédones. Segundo a Tabela 3, o cupuaçu apresenta mais de 10,65% de proteína e 5,25% de gordura em relação ao cacau.

**Tabela 3.** Composição química das amêndoas de cupuaçu e de cacau, em base seca.

Composição (%)	Cupuaçu	Cacau
Proteína	13,5	12,2
Gordura	60,1	57,1
Cinzas	2,5	3,1
Carboidratos	23,9	27,5
Energia (Kcal/100g)	672,1	573,8

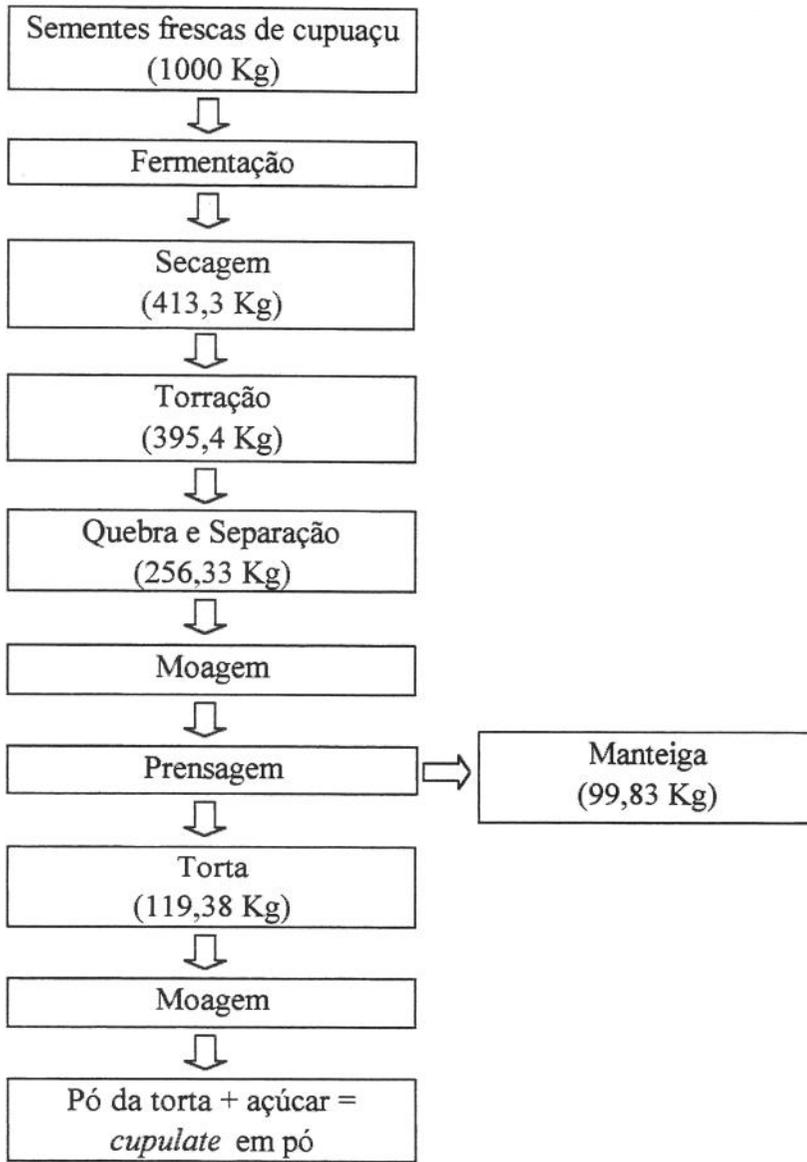
Fonte: Lima (1995).

Nazaré (1996) destaca que é possível obter produto em pó e em tabletes com características nutritivas e organolépticas semelhantes às do chocolate, a partir de sementes fermentadas, secas e torradas. Através de seu estudo, obteve *cupulate* em pó torrando as

amêndoas, descascando-as e prensando-as para a retirada parcial da manteiga. A torta obtida através da prensagem foi moída e adicionada de 10% de açúcar e assim, constituiu-se o *cupulate* em pó. Para a constituição do tablete meio amargo, incorporou-se manteiga e açúcar ao liquor. A incorporação de leite em pó a este produto estabeleceu a composição do tablete ao leite e a formulação feita com manteiga, açúcar e leite em pó deu origem ao tablete branco.

Em todos os casos, os produtos apresentaram características organolépticas semelhantes às do chocolate.

Segundo estudo realizado por Lima et al. (1995) visando a melhoria tecnológica do *cupulate* em pó, é possível obter um rendimento, em escala industrial, como mostra a Figura 1.



**Figura 1.** Fluxograma de rendimento em escala industrial do beneficiamento de amêndoas de cupuaçu, para elaboração do *cupulate* em pó.

Fonte: Lima et al., 1995.

### 3.2.2. Pré processamento

Segundo Calzavara et al. (1984), a primeira floração ocorre 3 anos após o plantio, iniciando-se no mês de junho e desaparecendo totalmente no mês de março do ano seguinte.

O amadurecimento do fruto ocorre entre 4 e 4,5 meses após a floração, iniciando-se em novembro e terminando em junho, sendo que o pico de produção fica entre os meses de fevereiro e março (Calzavara et al., 1984).

A safra coincide com o período das chuvas, ocorrendo de novembro a julho, em Manaus e de novembro a junho em Belém. A colheita é feita manualmente e os frutos são coletados somente após a queda. A cicatriz deixada no pedúnculo expõe a árvore ao ataque de fungos, bactérias e insetos (Calzavara et al., 1984).

Segundo Aragão (1992), o transporte dos frutos é feito de acordo com as condições do produtor e a localização do plantio em relação ao centro consumidor. Os frutos são transportados em sacos, via fluvial, rodoviária ou por qualquer outro meio de transporte.

Após a coleta e o transporte até o centro consumidor, os frutos são beneficiados, ou seja, a polpa que envolve as sementes é retirada. Esta etapa de processo pode ser realizada manualmente, com o auxílio de tesoura, ou através da despoldadeira mecânica. O despoldamento manual é realizado em indústrias caseiras; já o despoldamento mecânico é utilizado em indústrias de maior porte. Quanto ao rendimento, a operação manual apresenta-se mais eficiente, pois além de fornecer maior rendimento, oferece um produto com pedaços de polpa, ideal para a confecção de certos tipos de doces e, portanto, com maior aceitação no mercado (Calzavara et al., 1984). Por outro lado, o beneficiamento industrial proporciona segurança com relação à higiene do produto, o que constitui uma limitação para a ampliação do mercado consumidor. Logo, a polpa é utilizada na fabricação

dos mais diversos doces, como geléias, compotas, tortas, recheios para bombons, produção de licores e ainda pode ser congelada para uso posterior.

### 3.2.3.Fermentação

Apesar de constituírem cerca de 20% do peso do fruto, as sementes, que possuem alto valor nutritivo, são praticamente descartadas no beneficiamento do fruto. Entretanto, são consideradas valiosas pois possuem semelhança botânica com as sementes de cacau, o que permite a sua utilização na fabricação de produtos similares ao chocolate. Com isso, para o processamento das sementes de cupuaçu, empregam-se métodos utilizados no processamento das sementes de cacau.

A etapa de fermentação das sementes é essencial ao processamento, pois é a responsável pelo desenvolvimento dos precursores e inúmeros compostos de sabor. Neste processo, a polpa aderida às sementes fornece um meio rico em nutrientes, que, juntamente com o pH e temperatura adequados promovem as reações essenciais dentro dos cotilédones para que ocorra a produção de um bom sabor de chocolate (Minifie, 1989).

Em cacau, destacam-se três principais métodos de fermentação: em montes, em caixas de madeira e em bandejas (Chaar, 1980), sendo o de caixas com drenos em sua base o mais utilizado no Brasil. Para o cupuaçu, utilizam-se os mesmos métodos.

Segundo Beckett (1994), a fermentação inicia-se com as leveduras convertendo anaerobicamente os açúcares (sacarose, glicose e frutose) da polpa em etanol e CO<sub>2</sub>, o que pode ser facilmente detectado pelo intenso aroma de álcool. Isto proporciona o pequeno aumento do pH da polpa e, nesta fase, o etanol penetra na amêndoa. Com o consumo do ácido cítrico pelas leveduras, dominantes nas primeiras 24 a 36 horas do processo de fermentação, ocorre o aumento do pH da polpa, fator responsável pela inibição da população de leveduras e, conseqüentemente, de suas atividades. Nesta fase, o meio torna-se adequado para as bactérias lácticas, que são semi-anaeróbicas e produzem ácido láctico

(Urbanski, 1992). Estes sinais indicam o término da fase anaeróbica do processo fermentativo.

A segunda etapa da fermentação ocorre em condições aeróbicas e as bactérias lácticas são dominantes no início desta nova etapa. A atividade destas bactérias aumenta a produção de ácido láctico e o aumento da temperatura (cerca de 50°C), mantido pela ação das bactérias, cria condições favoráveis para o desenvolvimento de bactérias acéticas. Essas bactérias oxidam o etanol a ácido acético e, posteriormente, ocorre a oxidação deste a CO<sub>2</sub> e água, na presença de oxigênio. O aumento da temperatura e a presença de ácido acético promovem a morte do tecido da amêndoa, o que resulta na quebra de componentes celulares e no início de várias reações. Este fato é de fundamental importância para a formação de compostos que irão agir como precursores de sabor no desenvolvimento do aroma de chocolate durante o processo de torração das amêndoas (Urbanski, 1992).

Algumas mudanças químicas na semente dependem da morte das células dos cotilédones, o que geralmente ocorre no segundo dia de fermentação. A morte é causada pelos ácidos acético e láctico produzidos na polpa e pelo aumento da temperatura, eliminando o poder de germinação da semente (Beckett, 1994), motivo pelo qual, a partir desse momento, passa a ser chamada de amêndoa.

De um modo geral, as antocianinas e outros compostos polifenólicos, presentes nos pigmentos, difundem-se para certas regiões das células. Nesse local, encontram algumas enzimas que conduzem às reações hidrolíticas, enquanto as condições dentro da semente são anaeróbicas. Conforme o ar penetra nas sementes, reações de oxidação ou escurecimento predominam e o tecido adquire coloração mais escura. Ao mesmo tempo, alterações químicas essenciais ocorrem para que ocorra o desenvolvimento do aroma de chocolate (Beckett, 1994).

Segundo Urbanski (1992), dentro dos tecidos dos cotilédones, pode-se perceber 2 fases distintas: o estágio hidrolítico anaeróbico e a fase de condensação oxidativa. No

primeiro estágio, ocorrem numerosas reações enzimáticas dentro dos cotilédones. Os componentes dos pigmentos são atacados pela enzima glicosidase e convertidos, por hidrólise, a açúcares e cianidina. Outra reação enzimática é a conversão da sacarose a glicose e frutose pela ação da enzima invertase, a conversão de proteínas a peptídeos e aminoácidos pela proteinase e a conversão de polifenóis a quinonas pela ação da enzima polifenoloxidase (PPO). Durante estas reações, a coloração dos cotilédones é alterada, adquirindo um tom marrom (Urbanski, 1992).

Na fase aeróbica, as cianidinas e os complexos protéico-fenólicos sofrem reações oxidativas e propagam a coloração marrom por toda a superfície do cotilédone. Por outro lado, as quinonas reagem com compostos hidrogenados e formam complexos com aminas, aminoácidos e com compostos que contem enxofre. Estas reações são importantes pois diminuem a adstringência e o amargor nos nibs torrados (Urbanski, 1992).

É importante ressaltar que os cotilédones, durante a fermentação, ganham umidade e a textura é alterada, tornando-se uma estrutura com fissuras. Quando seca, essa estrutura torna-se friável e facilmente quebrável; os pedaços formados são chamados de nibs.

Venturieri & Aguiar (1988) realizaram a fermentação de sementes de cupuaçu, despulpadas manualmente com o auxílio de tesouras, em caixa de madeira com dimensões de 30 x 30 x 40 cm, durante 5 dias. A caixa possuía furos de 3/8 de polegadas localizados em seu fundo para facilitar o escoamento de eventuais líquidos exsudados e era coberta por saco de aniagem. Após o primeiro dia foi realizado um revolvimento para homogeneizar a fermentação. Este procedimento foi realizado mais 2 vezes, 24 e 72 horas após o primeiro revolvimento. As amêndoas foram secas ao sol, torradas, descascadas, apiloadas e moldada em bastões, que possuíram características semelhantes a de um chocolate duro.

Aragão (1992), estudou as alterações físicas e químicas das sementes de cupuaçu durante o processo de fermentação. Para tal estudo, utilizou caixas de madeira de 40cm x

40cm x 60cm para acondicionar as sementes despolpadas, descongeladas e frescas. A fermentação durou 7 dias e revolvimentos diários foram realizados.

O processo de fermentação e as sementes foram avaliados diariamente. Percebeu-se que a temperatura máxima atingida foi de 40°C, no segundo dia, decrescendo e estabilizando até o final do processo. Algumas mudanças na testa puderam ser observadas, como: alteração na coloração interna e externa da testa de bege para violeta e marrom, respectivamente. Houve, ainda, redução do peso, teores de umidade, acidez titulável, açúcares redutores, fibras e compostos fenólicos totais e o aumento do valor do pH. Os cotilédones apresentaram aumento do teor de umidade, acidez titulável, compostos fenólicos totais e redução de pH (Aragão, 1982).

Os parâmetros avaliados por esse autor, mostraram que as sementes de cupuaçu podem ser utilizadas na fermentação, pois apresentam o mesmo padrão de temperatura de massa fermentante, mudanças físicas e químicas, além do desenvolvimento do aroma de chocolate e aceitabilidade do produto final junto ao consumidor.

Nazaré (1997) relatou um estudo de fermentação de sementes de cupuaçu, utilizando caixas de madeira com capacidade para 80 a 120 quilos de produto. Após 24 horas, adicionou-se solução de açúcar a 38°C contendo 30% de açúcar, na proporção de 1% de solução em relação ao peso das sementes. Foram realizados 2 revolvimentos diários das sementes na caixa, completando o processo entre o 5º e o 7º dia. As amêndoas foram secas ao sol, torradas a 150°C e obteve-se a matéria-prima para a produção do *cupulate*. A autora não mencionou o tempo de torração.

Vasconcelos (1999) estudou a fermentação de amêndoas de cupuaçu utilizando a caixa T-60, em madeira e com dimensões de 190cm x 120cm x 60cm de altura, e capacidade para 153 kg de sementes e com 3 compartimentos distintos. Segundo o autor, as sementes foram colocadas no primeiro compartimento da caixa, revestidas com folhas de bananeira e coberto com a mesma folha para ajudar na retenção do calor gerado durante a

fermentação. As sementes permaneceram nesse compartimento por 48 horas até serem revolvidas e transferidas para o segundo compartimento, onde permaneceram por mais 48 horas. Após esse período, as sementes foram transferidas para o terceiro compartimento e permaneceram por lá durante 72 horas, até o término da fermentação. O processo durou 168 horas, totalizando 7 dias.

Segundo o autor, após o estudo das transformações físicas e químicas que ocorreram nas amêndoas, essa metodologia para fermentação mostrou-se adequada para se obter um produto de sementes de cupuaçu com características similares a um produto obtido de sementes de cacau.

#### **3.2.4. Torração**

O processo de torração das amêndoas possui como principal objetivo o desenvolvimento do sabor característico de chocolate (Minifie, 1989). É um tratamento térmico que submete as amêndoas a uma temperatura do torrador em torno de 150°C, durante um período estabelecido de acordo com: origem das amêndoas, períodos de colheita, umidade e características de sabor desejadas (Bauermeister, 1981; citado por Pezoa, 1989).

Segundo Urbanski (1992), o processo de torração possui 2 fases distintas. A primeira é a fase de secagem, onde o teor de umidade da amêndoa cai de 7 para 1%. Com a queda do teor de umidade, a temperatura aumenta gradualmente. A segunda fase do processo, também chamada de fase de reação de escurecimento, inicia-se a 100°C. O desenvolvimento do aroma ocorre quando a temperatura atinge 110-140°C. Se houver aumento da temperatura além de 140°C, a temperatura do cotilédone ultrapassará 120°C e o material irá adquirir sabor torrado.

Durante a torração ocorrem algumas mudanças, como:

- Perda de umidade;
- Mudanças na textura dos cotilédones, que se tornam quebradiços e mais escuros;
- Inativação de enzimas capazes de degradar a manteiga de cacau;
- Degradação de aminoácidos e desnaturação parcial de proteínas;
- Perda de voláteis e outras substâncias que contribuem para a acidez e adstringência.
- Desenvolvimento do aroma pela Reação de Maillard, a partir de precursores formados durante a fermentação.

Segundo Urbanski (1992), acredita-se que o aroma de chocolate é o resultado da reação de escurecimento não enzimático (Reação de Maillard) que ocorre durante o processo. São reações entre açúcares redutores e aminoácidos. Poucos produtos desta reação são finais e a maioria dos deles sofrem uma segunda reação (caso dos aldeídos) e produzem um grande número de compostos de aroma.

Coutinho (1969) realizou a operação de torração das sementes de cupuaçu à temperatura de 110-120°C durante 4 horas, em sementes íntegras, ou seja, protegidas com cascas e inteiras. Durante a torração, o antociano presente na amêndoa, provavelmente o cianidin – 3 glucoside, difundiu-se por toda a amêndoa, tornando-a marrom. Ao mesmo tempo, foi possível perceber o aparecimento do aroma característico de chocolate. A manteiga extraída das amêndoas fermentadas e torradas apresentou aroma semelhante ao de chocolate, ao contrário da extraída das amêndoas fermentadas, que é praticamente inodora.

Venturieri & Aguiar (1988), após a fermentação das amêndoas de cupuaçu, realizaram a etapa de torração das mesmas, em tacho de fazer farinha de mandioca, sem mencionar os parâmetros do processo. Após a torração, as amêndoas foram descascadas manualmente e apiloadas até a formação de uma massa homogênea, moldada em bastões e postas a secar à sombra. Adquiriram uma consistência semelhante à de um chocolate duro, após 24 horas.

Queiroz (1999), realizou o estudo de torração em forno elétrico rotativo escala de laboratório, em lotes de 250g para as amêndoas de cupuaçu inteiras. Após as análises do teor de pirazinas e sensorial, a autora sugere que a torração mais indicada é a de 42 minutos a uma temperatura de 150°C na camisa do torrador, o que proporcionou um bom desenvolvimento de sabor.

### 3.3. Alcalinização

O pó de cacau alcalinizado possui grande interesse tecnológico e comercial devido às suas características de cor, sabor e dispersibilidade (Minifie, 1989), sendo que estas características diversificadas serão procuradas, também, no cupuaçu. Este processo possui grande influência no perfil de aroma de chocolate do pó e, conseqüentemente, no aroma dos produtos finais (Urbanski, 1992).

O processo de alcalinização foi desenvolvido no século XIX, na Holanda, por Van Houter. De acordo com Minifie (1989), este processo consiste em aumentar o pH do produto de valores iniciais em torno de 5 a valores variáveis em torno de 7 e 7,5 quando realiza-se uma alcalinização branda, podendo alcançar o valor 8 quando o processo é mais intenso, através do uso de alguns agentes alcalinos. Como conseqüência, a cor torna-se mais escura e o perfil do sabor é modificado. Pós com pH superiores a 7 são, geralmente, usados em produtos de panificação e pós com pH ao redor de 6 e 6,8 são mais apropriados para bebidas (Gutterson, 1969; citado por Bispo, 1999). Welch (1981) citado por Bispo (1999) afirma que o uso do pó de cacau em achocolatados confere melhor cor e sabor quando o valor de pH estiver entre 6,8 e 7,2, o que também é indicado para o uso em sorvetes.

As amêndoas de cacau são relativamente ácidas, resultado do processo de fermentação ao qual são submetidas. O pH da amêndoa fermentada irá depender, em grande parte, do grau de fermentação, responsável pela quantidade de ácido presente (Cook, 1972). A alcalinização irá proporcionar o aumento do pH e o produto se tornará

mais apropriado para o uso em produtos derivados do leite, onde o pH ao redor do valor neutro possibilita o melhor aproveitamento em produtos desta natureza (Urbanski, 1992).

O processo de alcalinização pode ser aplicado no tratamento dos nibs, massa ou torta de cacau. De uma maneira geral, uma solução alcalina é adicionada ao cacau, localizado em um recipiente fechado, o tempo de reação é transcorrido e, então, o excesso de umidade é retirado por secagem. O produto final possuirá um pH maior que o do natural e a coloração será variada, de acordo com as condições de processo, tipo de álcali e variedade de matéria prima a serem utilizados. Soluções de carbonato de potássio são as mais usadas pois promovem uma coloração marrom-avermelhada, um sabor de chocolate nos sólidos do cacau e um mínimo impacto na manteiga. Porém, outros sais podem ser utilizados, como, hidróxido de sódio e potássio (Kostic, 1997). O máximo permitido para uso é de 3 partes de  $K_2CO_3$  para 100 partes dos “nibs” do produto a ser alcalinizado (Minifie, 1989).

Kleinert (1998) (citado por Bispo, 1999) reportou que o processo de alcalinização apresenta maior eficiência quando aplicado nos nibs e não no liquor de cacau. Isto ocorre pois o liquor não se apresenta fragmentado e a manteiga de cacau envolve os sólidos não gordurosos resultando em uma camada protetora de água. Esta camada bloqueia o acesso do álcali ao material não gorduroso com o qual ele precisa reagir. Segundo Kostic (1997), em ambos os casos, a manteiga é afetada pois os ácidos graxos livres presentes na mesma são reduzidos, o que confere uma nota saponificável à gordura. Quando a alcalinização atinge níveis extremos, a coloração da manteiga torna-se mais escura e com tom avermelhado quando comparada com a natural. A manteiga obtida da prensagem de nibs ou liquor alcalinizados necessita sofrer o processo de desodorização.

Quando a alcalinização é realizada na torta, a solução alcalina é rapidamente absorvida e isto auxilia na reação química. Este processo obtém melhores resultados se for realizado em equipamento rotativo e aquecido, o que promove uma boa mistura no estágio

de alcalinização (Minifie, 1989). Segundo Urbanski (1992), esta escolha fornece um pó de alta qualidade.

A mudança do sabor resulta, primeiramente, da mudança de pH, que expressa a neutralização da acidez normal dos sólidos do cacau. Porém, a eficiência da alcalinização não pode ser avaliada somente pela medida da mudança de pH, mas também, pelo conteúdo de umidade e tempo da reação. De acordo com Kostic (1997), há um nível mínimo de umidade requerida pela reação, em torno de 20 a 30%. Além disso, se uma concentração um pouco maior de álcali for usada, pode ocorrer a presença destes álcalis nos sólidos finais do cacau, os quais podem ser detectados por um sabor metálico ou químico.

Segundo Martin (1987), os aspectos cor e sabor são fundamentais no processo de alcalinização. A cor pode variar de um tom marrom claro a um marrom avermelhado, podendo alcançar uma tonalidade muito escura dependendo da variedade das amêndoas, do agente alcalinizante e das condições do processo em geral. O sabor pode ser alterado drasticamente de acordo com o tratamento utilizado. O sabor agressivo natural do chocolate é reduzido e torna-se possível a percepção de aromas mais suaves.

Segundo Beckett (1994), a química da formação e intensificação da cor é baseada em uma classe de compostos: os polihidroxifenóis. Durante o desenvolvimento, fermentação, secagem, torração e alcalinização estes compostos oxidam, polimerizam e reagem com outros constituintes. Deste modo, o número de grupos cromofóricos nas moléculas aumenta, resultando em cores escuras, e também fornecendo coloração variada, de acordo com as condições de processo utilizadas.

Segundo Schekel (1973) (citado por Bispo, 1999), os compostos responsáveis pela formação da cor são os monômeros e polímeros de hidroxifenóis (taninos), sendo reconhecida a flavana. Através da adição de grupos  $\text{OH}^-$  nos anéis dos compostos, ocorre a formação de catecol. A cetonação de flavanas origina flavonas, flavonóides e flavonóis, compostos responsáveis pelas diferentes cores que variam de acordo com o pH, presença de

metais, etc. A condensação das leucocianidinas, durante o processo de alcalinização, produz compostos de cor marrom, contribuindo para a alteração de cor do pó alcalinizado.

No caso do sabor, o processo de alcalinização resulta em um sabor mais suave, possivelmente devido à neutralização da acidez natural das amêndoas (Cook, 1972). Segundo Kostic (1997), a melhor extensão do valor de pH para a produção de chocolate é de 6,8 a 7 pois, nesta faixa, há fortes notas de cacau. O aumento no valor de pH resulta na percepção de sabor saponificável.

O processo de alcalinização também promove a ruptura das estruturas celulares compostas de proteínas, pectinas, celulose e hemicelulose o que acarreta a redução nas diferenças de densidade entre as partículas de cacau e o solvente, com conseqüente queda da taxa de sedimentação (Schenkel, 1973; citado por Bispo, 1999).

Durante o processo de alcalinização o potencial zeta das partículas, ou seja, a diferença no potencial elétrico entre as partículas do pó e a solução, aumenta. Isto implica em um comportamento físico diferente do apresentado pelos pós de cacau não alcalinizados. Pode-se observar que o pó de cacau alcalinizado dispersa-se mais rapidamente na água, e também interage com as partículas dos outros ingredientes do alimento, dependendo de sua composição química (Kattenberg, 1995).

Segundo Clarke (1949) citado por Martin (1987), alguns efeitos ou reações observadas durante o processo de alcalinização, estão listadas abaixo.

- Absorção de água e hidratação das paredes das células, proteínas, amido e fibra.
- Neutralização de ácidos, como: acético, cítrico, tartárico, tânico e outros.
- Hidrólise de amidos, glicosídeos naturais e resinas, formando compostos simples, alguns dos quais possuem caráter ácido ou anfótero.
- Neutralização de compostos secundários e formação de sais.

- Redução dos taninos a substâncias menos adstringentes, algumas das quais agem como compostos de polihidróxibenzeno, absorvendo oxigênio do ar.
- Hidrólise de ésteres o que possibilita a interação entre compostos de aroma.
- Desnaturação e decomposição de proteínas e provavelmente outras reações protéicas.
- Dióxido de carbono liberta-se de agentes como carbonatos usados no processo.
- Reações de escurecimento (reação de Maillard) provavelmente ocorrem entre alguns açúcares redutores e proteínas, promovendo reações de cor e aroma.
- Degeneração da celulose a substâncias que sugerem aroma de baunilha e a substâncias com coloração vermelho amarronzado com aroma de caramelo.
- Neutralização de ácidos graxos livres para formar “sabões” alcalinos; provável hidrólise, decomposição ou parcial destruição de lecitina natural.

Algumas patentes de processos de alcalinização do cacau vêm sendo desenvolvidas buscando produtos com boas características de cor, sabor e dispersibilidade. Tais estudos envolveram variações de temperatura e tempo de processo, bem como variações nos tipos e concentrações do álcali utilizado.

Haney (1973) realizou um estudo com uma mistura de cacau e o álcali potássio, com concentração variando entre 1,5 e 2,5% em relação ao peso do cacau. Utilizou pequena quantidade de água, variando de 4,5 a 6 % em relação ao peso do cacau, na elaboração da solução. Submeteu esta mistura às forças de fricção e compressão. Com isto, a temperatura alcançou valores entre 93°C e 148°C, dentro de 5 a 9 segundos, na qual foi realizado o processo de alcalinização. O produto foi seco até atingir umidade final de 4%. Como resultado, melhorou a miscibilidade do cacau. O autor não relatou alterações nas características de sabor e cor do produto.

Eggen (1982) patenteou o processo de alcalinização do pó de cacau com teor reduzido de gordura onde, primeiramente, utilizou a enzima amilase para degradar o amido contido na massa fluída de pó de cacau, obtida com a adição de água, com a finalidade de aumentar a dispersibilidade do produto. Após a ação da enzima, adicionou-se a solução

alcalina de hidróxido de sódio, na concentração de 0,034% em relação ao peso do cacau, e o sistema foi aquecido durante 5 horas a 88°C. A massa fluida, após alcalinizada, foi preparada como um xarope através da adição de açúcar ou foi seca até se obter pó.

Terink et al. (1984) estudaram o processo de obtenção do pó de cacau alcalinizado, a partir do pó de cacau natural, utilizando hidróxido de sódio como agente alcalinizante, tempo e temperatura de reação de 4 horas e 75°C, respectivamente. Os pós naturais e alcalinizados foram comparados através de análises físicas e químicas (Tabela 4) quanto aos teores de gordura, umidade, cinzas, alcalinidade de cinzas, cor e pH. Não houve citação a respeito da concentração de álcali utilizada.

**Tabela 4.** Caracterização química e física dos pós de cacau natural e alcalinizado.

<b>Análises</b>	<b>Pó de cacau natural</b>	<b>Pó de cacau alcalinizado</b>
Gordura (%)	10,0	9,8
Umidade (%)	3,0	5,1
Cinzas (%)	7,0	11,08
Alcalinidade de cinzas (%)	93,2	162,3
Cor	L = 22,1 a = 10,2 b = 8,5	L = 12,0 a = 6,0 b = 4,0
pH	5,75	7,3

Fonte: Terink et al., 1981.

Wissgott (1988) buscando melhorar o sabor e a dispersibilidade do cacau e alcançar uma gama variada de cores com tons variando de vermelho a marrom, patenteou um processo de alcalinização realizado no pó e no liquor do cacau. Este processo baseou-se em misturar o cacau e o agente alcalinizante dissolvido em água em um recipiente fechado a temperatura inferior a 110°C, sob pressão de 1 a 3 atm dentro do recipiente para que não ocorresse a evaporação de água enquanto o O<sub>2</sub> era introduzido. O tempo de alcalinização variou de 30 minutos a 4 horas. Os agentes alcalinizantes utilizados foram hidróxidos e carbonatos de sódio, potássio, amônia e magnésio em quantidades que variaram de 1 a 3%

em relação ao peso do cacau. Quando o processo foi realizado no pó de cacau, a quantidade de água utilizada no preparo da solução alcalinizante variou de 10 a 100% em relação ao peso do cacau; no caso do liquor, a quantidade de água utilizada variou de 10 a 50%. Ao término do processo, a água foi evaporada a temperaturas variando de 70 a 120°C, até que a umidade final do produto alcançasse 2% em relação ao peso do mesmo. O pH do cacau alcalinizado variou de 6,8 a 8,5.

Wiant et al. (1991) estudaram as condições de processo de alcalinização para a obtenção de pós de cacau com coloração vermelho escuro e preto a partir da torta de cacau. A temperatura do processo variou entre 65°C e 148°C, a pressão foi estabelecida entre 10 e 200 psi e o tempo de reação entre 5 e 180 minutos. Os álcalis utilizados foram carbonato de potássio e bicarbonato de amônio (Tabela 5). Os autores não citaram as concentrações de álcali utilizadas.

**Tabela 5.** Condições de processo para a obtenção de pó de cacau alcalinizado a partir do pó de cacau natural.

Condições de processo	Resultado: coloração final dos pós de cacau	
	Vermelho escuro	Preto
Tempo (min)	5 a 60	60 a 180
Temperatura (°C)	65 a 104	110 a 148
Álcalis utilizados	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> e Bicarbonato de amônio
Hunter "L" value	15,5	< 14

Fonte: Wiant et al., 1991.

Outro processo foi patenteado por Ellis (1992) utilizando períodos curtos de processo (30 a 60 minutos), pressão atmosférica com injeção de ar comprimido (0,025 a 20 ft<sup>3</sup>/min), temperaturas variando entre 71°C e 82°C, alta quantidade de água (50 a 80%) e soluções alcalinas de carbonato de potássio, hidróxido de sódio ou a mistura deles em concentrações entre 1 e 6% em relação ao peso do pó de cacau. A finalidade era a de

produzir pós de cacau com diversas cores, variando entre marrom, vermelho e preto a partir de pó de cacau natural (Tabela 6).

**Tabela 6.** Condições de processo para a obtenção de pó de cacau alcalinizado a partir do pó de cacau natural.

Condições de processo	Resultado: coloração final do pó de cacau			
	Vermelho	Vermelho escuro	Preto	Marrom
Tempo (min)	30 a 60	60	60	30 a 60
Temperatura (°C)	73 a 79	82	87	85 a 97
Álcalis utilizados	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> NaOH	NaOH	Blend : 85% K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> e 15% NaOH	Blend: 50% K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> e 50% NaOH
Concentração do álcali	4 a 6%	4 a 10%	4 a 6%	1 a 6%

Fonte: Ellis, 1992.

---

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1. Amêndoas de cupuaçu

Para a realização do trabalho, foram utilizadas amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas provenientes de Manaus, Amazonas, fornecidas pela empresa CHOCAM seguindo a metodologia de fermentação proposta por Vasconcelos (1999).

#### 4.1.2. Equipamentos e aparelhos

O estudo foi realizado na Planta Piloto e no Laboratório de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados do Departamento de Tecnologia de Alimentos, na Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. Os equipamentos e aparelhos utilizados foram:

- Balança analítica MICRONAL S.A., modelo AB 204.
- Balança eletrônica semi-analítica GEHAKA, modelo BG 4000.
- Banho termostático com circulação MLW, modelo U4.
- Bloco digestor de proteínas SARGE, modelo 40-25.
- Bomba de vácuo DIAPUMP, modelo cal.
- Bomba de vácuo TECNAL, modelo TE – 058.
- Centrífuga FANEM, modelo 204 – N.
- Conjunto de chapas com condensadores FANEM, modelo 170-3.
- Conjunto de peneiras vibratórias PRODUTEST, modelo n.º 2326.
- Destilador de nitrogênio SARGE, modelo TE – 036.
- Equipamento para a quebra das amêndoas GAUTHIER S.A. , modelo DBR 800.
- Espectrofotômetro UV/V BECKMAN, modelo DU – 70.
- Estufa com circulação e renovação de ar TECNAL, modelo TE – 394/1.
- Estufa com circulação e renovação de ar TECNAL, modelo TE – 394/2.

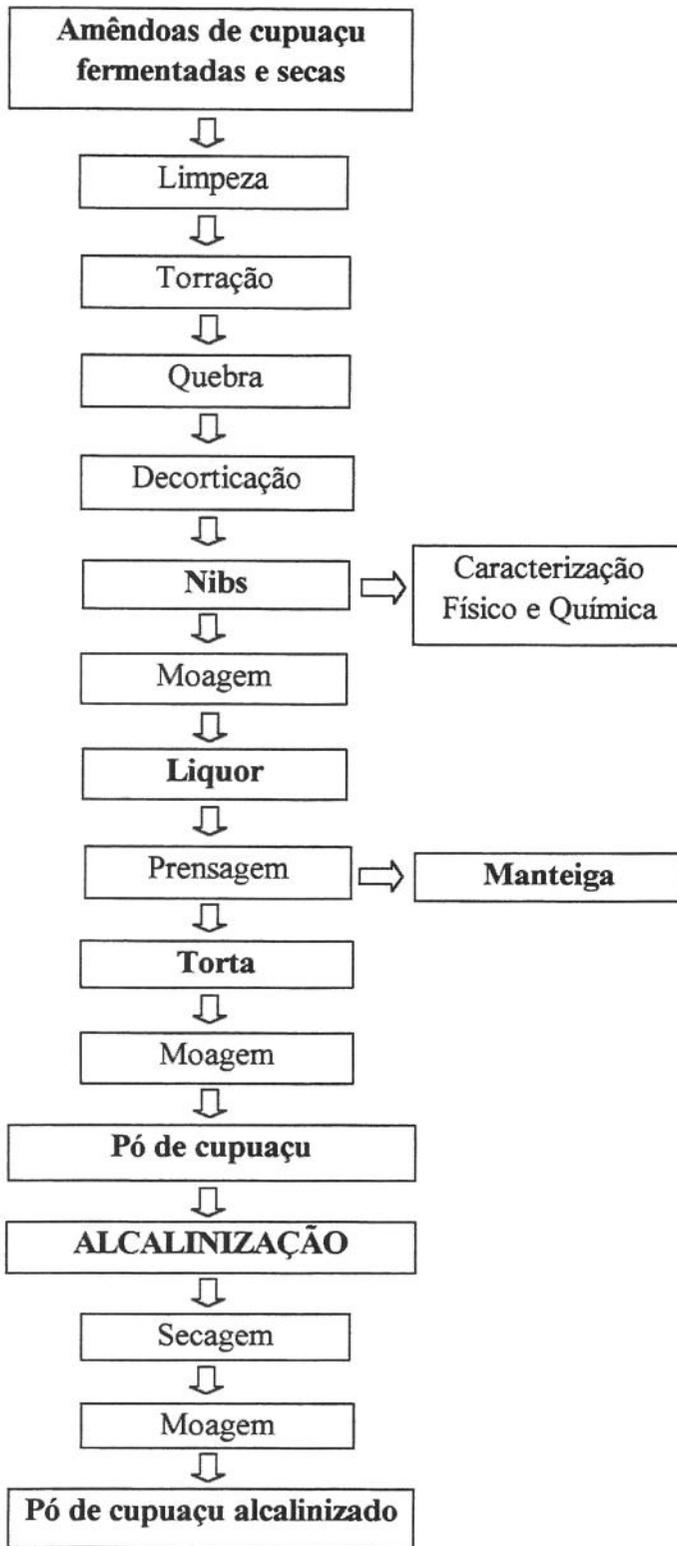
- Estufa FANEM Ltda., modelo 330.
- Estufa FANEM Ltda., modelo 315.
- Extrator de gorduras tipo Soxhlet FANEM Ltda., modelo 170-1.
- Foto sedimentômetro ANTON PAAR, modelo LUMOSSED n.º 166805.
- Misturador BRABENDER.
- Moinho de cilindros resfriados PILON.
- Mufla FORNITEC, modelo 1961.
- Prensa hidráulica CHARLOTT, modelo n.º 5991, com capacidade de 60 toneladas, com uma unidade de disco para separação da manteiga (n.º de discos igual a 20, diâmetro e altura iguais a 23 e 30cm, respectivamente).
- pHmetro MICRONAL, modelo B - 374 .
- Shaker MARCONI, modelo MA 830.
- Termômetros.
- Torrador rotativo a gás PINHALENSE, modelo SRM.
- Outros aparelhos e materiais comuns de laboratório e planta piloto.

#### **4.1.3 Reagentes**

Os reagentes utilizados nas análises químicas foram aqueles próprios para análises (p.a.).

#### **4.2 Métodos**

A partir das amêndoas fermentadas e secas, a metodologia empregada para a preparação e caracterização da matéria-prima seguiu o fluxograma apresentado na Figura 2.



**Figura 2.** Fluxograma para obtenção do pó de cupuaçu alcalinizado.

#### **4.2.1. Recebimento das amêndoas fermentadas e secas e Prova de Corte (“Cut Test”)**

Na recepção, as amêndoas foram avaliadas através da prova de corte (“Cut Test”). Foram recolhidos 3 lotes de 100 amêndoas fermentadas e secas retiradas aleatoriamente, as quais foram seccionadas longitudinalmente e analisadas conforme método descrito na Resolução nº 42 do Conselho Nacional do Comércio Exterior (CONCEX, 1968), com algumas adaptações para o cupuaçu, o qual admite a tolerância dos seguintes defeitos:

1. Amêndoas mofadas e danificadas por insetos: total máximo de 4% e não mais de 2% de cada defeito isoladamente, sem que a soma ultrapasse a tolerância máxima de 4%.
2. Amêndoas germinadas, achatadas e/ou outros defeitos: não ultrapasse a tolerância máxima de 2%.

Em seguida, foram limpas, torradas, quebradas, separando a testa e gérmen para obtenção dos nibs. Estes foram caracterizados quimicamente através da análise de pH e acidez e de composição centesimal (análises de umidade, teor de cinzas, lipídeos, proteínas, fibras). Foram, também, submetidos à etapa de moagem para obtenção do liquor. Este foi prensado para extração parcial da manteiga e obtenção da torta que passou pelo moinho de cilindros resfriados para a obtenção do pó, matéria prima do processo da alcalinização.

#### **4.2.2. Torração**

##### **4.2.2.1. Determinação do tempo de torração**

Amostras de 8Kg de amêndoas de cupuaçu foram torradas com temperatura de 150°C em tempos de 35, 40, 45 e 50 minutos. Foi acoplado um termopar no interior do

torrador rotativo a gás PINHALENSE, sendo registrado de 1 em 1 minuto o aumento da temperatura na cavidade interna, onde as amostras foram colocadas para torrar.

Após a torração, o produto foi resfriado a temperatura ambiente e acondicionado em sacos plásticos. Seguiu-se a quebra das amêndoas em equipamento com rolos de borracha e a separação da casca foi realizada manualmente com o auxílio de peneiras, como descrito no item 4.2.3. Os nibs obtidos foram submetidos ao processo de moagem em moinho de rolos resfriados para obtenção do liquor com partículas bem finas (item 4.2.6.), o qual foi utilizado para a realização da análise sensorial.

O produto em forma de tablete foi avaliado sensorialmente através do teste de ordenação-preferência, utilizando o sabor global como resposta. A ficha utilizada encontra-se no Anexo 1.

#### **4.2.2.2. Tratamento térmico**

A etapa de torração foi efetuada utilizando-se torrador rotativo a gás PINHALENSE, em lotes de 8Kg de amêndoas inteiras de cupuaçu.

Inicialmente, o torrador foi aquecido até 150°C e, quando esta temperatura foi alcançada, o equipamento foi alimentado com as amêndoas de cupuaçu. O processo foi realizado em tempo de 40 minutos, de acordo com os resultados obtidos pela análise sensorial para a determinação do tempo de torração.

Após a torração, o produto foi colocado em bandejas de alumínio até atingir a temperatura ambiente e, logo após, foi acondicionado em sacos plásticos.

### 4.2.3. Quebra das amêndoas e separação dos componentes

As amêndoas torradas de cupuaçu foram quebradas com o auxílio de um equipamento composto por 2 cilindros de borracha que giram com diferentes velocidades, facilitando a quebra, a separação dos componentes e a remoção da casca, realizada com o auxílio de peneiras.

Para isto utilizou-se 3 distâncias entre os rolos, sendo a primeira de 8mm, a segunda de 5mm e a terceira de 2mm.

As amêndoas sofreram 4 quebras consecutivas, sendo a 1<sup>o</sup> realizada com a distância entre os rolos igual a 8mm, a 2<sup>o</sup> quebra com a distância igual a 5mm e as 2 quebras seguintes foram realizadas com a distância de 2mm. O produto obtido foi separado com o auxílio de um jogo de peneiras com aberturas de 5mm, 3,5mm e 2mm.

A 1<sup>o</sup> separação foi realizada na peneira de 5mm. O material retido nesta era casca e foi separado, enquanto o material que passou sofreu a separação na peneira de 2mm. O material que passou por esta 2<sup>o</sup> peneira estava pronto para ser utilizado, pois não apresentava casca e gérmen. O material retido na mesma peneira, composto por cotilédones fragmentados, casca e gérmen, sofreu mais uma etapa de separação em uma peneira de 3,5mm. O material retido nesta peneira era casca e foi separado. O material que passou por ela sofreu uma nova etapa de quebra.

As 2 quebras seguintes foram realizadas com a distância entre os rolos igual a 2mm. O produto obtido passou pela peneira de 2mm. O material que passou por esta peneira estava pronto para ser utilizado; o que ficou retido na mesma era constituído de casca, gérmen e um pequeno percentual de cotilédones e foi separado.

#### **4.2.4. Caracterização físico-química dos nibs de cupuaçu**

Os nibs foram avaliados utilizando-se os métodos analíticos descritos a seguir, sendo cada análise realizada em triplicata.

**4.2.4.1. Teor de Umidade:** método gravimétrico n.º 931.04 da AOAC, 1997.

**4.2.4.2. Teor de Gordura:** método n.º 963.15 da AOAC, 1997.

**4.2.4.3. Teor de Cinzas:** método n.º 972.15 da AOAC, 1997.

**4.2.4.4. Proteína:** método n.º 970.22 da AOAC, 1997.

**4.2.4.5. Teor de fibras:** determinado utilizando-se o método Acid Detergent Fibre (ADF), segundo Goering & Van Soest (1970).

**4.2.4.6. pH:** método n.º 970.21 da AOAC, 1997.

**4.2.4.7. Acidez total titulável:** método 13.010 da AOAC/IOCC, 1984.

#### **4.2.5. Obtenção do Liquor**

Os nibs obtidos através do processo de quebra e separação foram submetidos à etapa de moagem, com o auxílio de moinho de cilindros resfriados, para obtenção do liquor de cupuaçu. O material sofreu 3 passagens pelo moinho e, em cada passagem, a distância entre

os rolos era ajustada com a finalidade de diminuir o espaçamento entre eles e garantir a obtenção do liquor com tamanho de partículas de 40  $\mu\text{m}$ .

#### 4.2.6. Extração da Gordura

Em estudo preliminar realizado com os nibs e o liquor de cupuaçu, definiu-se os binômios tempo e força com o aumento gradual desta até atingir o valor de 50 ton., em um período de tempo de extração de 50 minutos (Tabela 7) de maneira a otimizar o processo de prensagem.

**Tabela 7.** Binômios de tempo e força utilizados na prensagem do liquor e dos nibs de cupuaçu.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Força (ton)</b>
10	10
10	20
10	30
10	40
10	50

Deve-se ressaltar que a prensagem realizada no liquor apresentou maior rendimento de extração, ou seja, menor teor residual de gordura no produto. Além de ser uma característica desejada, isto facilita a etapa de moagem para a obtenção do pó de cupuaçu. Logo, optou-se por realizar a prensagem no liquor.

O liquor obtido na etapa de moagem foi submetido à prensagem em prensa hidráulica CHARLOTT, com capacidade de 60 toneladas, para a extração parcial da manteiga e obtenção da torta de cupuaçu.

Foram aquecidos 3,5 Kg de liquor à temperatura de 80°C e acondicionados em sacos de lona. Estes sacos foram colocados no interior do compartimento formado por 15 discos com 16cm de diâmetro interno e 27cm de altura total. Em seguida, foram submetidos à pressão através do êmbolo com 15,8cm de diâmetro que penetrava na matriz. A gordura liberada pelas paredes da matriz foi acondicionada em baldes plásticos e a torta obtida foi submetida ao processo de moagem, para obtenção do pó de cupuaçu.

#### **4.2.7. Moagem da torta**

Após a prensagem, a torta de cupuaçu foi, primeiramente, moída em moinho de rolos estriados e logo após, foi submetida à passagem pelo moinho de cilindros resfriados marca PILON, obtendo-se o pó de cupuaçu, material utilizado no processo de alcalinização.

## 5. PROCESSO DE ALCALINIZAÇÃO DO PÓ DE CUPUAÇU

### 5.1. Matéria-prima

O estudo de alcalinização foi realizado no pó obtido de amêndoas de cupuaçu fermentadas, torradas e parcialmente desengorduradas, seguindo as etapas descritas nos itens 4.2.2., 4.2.3., 4.2.5., 4.2.6. e 4.2.7.

### 5.2. Processo de alcalinização do pó de cupuaçu

O processo de alcalinização seguiu o delineamento experimental baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), proposto por Thompsom (1982).

Os fatores estabelecidos, de acordo com a literatura consultada, como os que provocam maior influência no processo de alcalinização são: tipo e concentração da solução de álcali, tempo e temperatura de reação. Neste caso, o álcali usado foi o carbonato de potássio ( $K_2CO_3$ ) e as faixas de variação estudadas nos testes preliminares para cada um dos fatores, baseando-se em dados da literatura, podem ser observadas na Tabela 8.

**Tabela 8.** Faixas utilizadas nos ensaios preliminares.

<b>Fatores</b>	<b>Faixas de Estudo</b>
Temperatura (°C)	53 a 87
Tempo (min)	20 a 70
Concentração de álcali (%)	1,32 a 4,68

Para este estudo, utilizou-se um planejamento experimental composto rotacional central de 2 níveis, com 8 pontos fatoriais, 6 pontos axiais e 2 pontos centrais, totalizando 16 ensaios. A resposta observada foi o valor de pH.

Após a análise dos resultados, com o auxílio do programa STATISTICA, optou-se por fixar a temperatura à 60°C, pois o seu incremento desfavoreceu o rendimento do processo, nesta faixa de valores estudada. Portanto, passou-se a considerar somente dois fatores: tempo e concentração de álcali na solução.

### 5.3. Delineamento Estatístico

Para os testes finais, foi utilizado um planejamento experimental do tipo composto rotacional central de 2 níveis, com os ensaios divididos em:

- Pontos fatoriais em número igual a  $2^n$  e níveis codificados como +1 e -1. Este número  $n$  corresponde ao número de variáveis independentes, neste caso, 2. Portanto, para os testes finais, existirão 4 pontos fatoriais.
- Pontos axiais em número igual a  $2n$ , o que corresponde a 4 pontos axiais (com um nível em  $+\alpha$  ou  $-\alpha$  e os demais no nível zero). O cálculo de  $\alpha$  é baseado no número de pontos do modelo fatorial ( $F$ ) e no número de fatores ( $n$ ), de acordo com a equação:  $\alpha = (F)^{1/4} = (2^n)^{1/4}$ . Neste caso, temos  $\alpha = 1,4142$ .
- Pontos centrais em número igual a 3 (nível zero).

Portanto, o delineamento para a realização dos testes finais constou de 11 ensaios.

As faixas de interesse experimental foram estabelecidas após análise de literatura e dos resultados obtidos através de testes preliminares e estão discriminadas na Tabela 9.

**Tabela 9.** Níveis de variação para as variáveis independentes.

Níveis Codificados	Tempo (min)	Concentração de álcali (%)
- $\alpha$ (- 1,42)	20	0
- 1	27,5	0,45
0	45	1,5
+ 1	62,5	2,55
+ $\alpha$ (+ 1,42)	70	3,0

Os valores codificados e reais das variáveis estudadas são mostradas na Tabela 10.

**Tabela 10.** Delineamento experimental para as variáveis independentes, sendo  $X_1$ =%de  $K_2CO_3$  e  $X_2$ =tempo.

Ensaio	$X_1$	$X_2$	Concentração de álcali (%)	Tempo (min)
1	-1	-1	0,45	27,5
2	+1	-1	2,55	27,5
3	-1	+1	0,45	62,5
4	+1	+1	2,55	62,5
5	0	0	1,5	45
6	0	0	1,5	45
7	0	0	1,5	45
8	-1,42	0	0	45
9	+1,42	0	3,0	45
10	0	-1,42	1,5	20
11	0	+1,42	1,5	70

#### 5.4. Descrição das etapas do processo

O processo de alcalinização do pó de cupuaçu foi realizado na planta piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, de acordo com o fluxograma descrito na Figura 3.

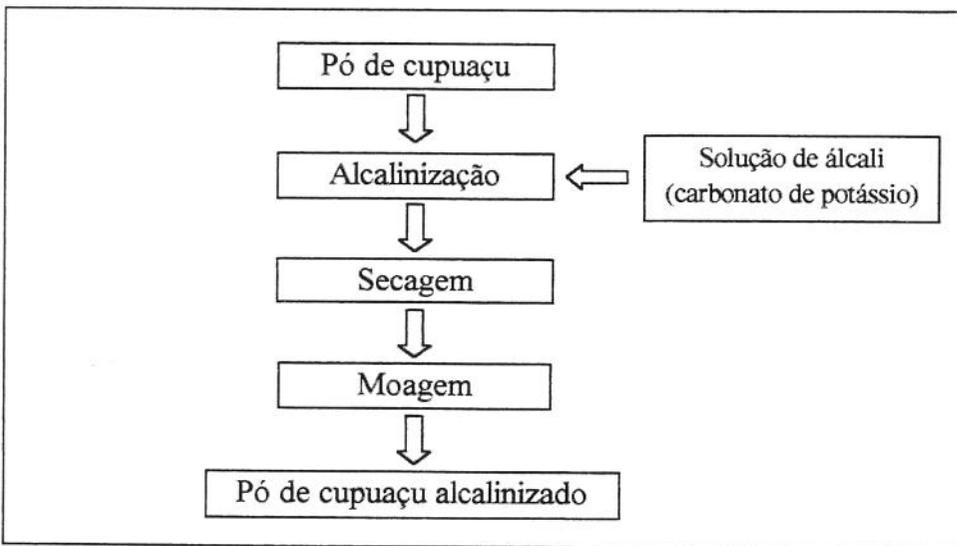


Figura 3. Fluxograma do processo de obtenção do pó de cupuaçu alcalinizado.

##### 5.4.1. Alcalinização

O sistema para a realização da alcalinização foi composto de um misturador munido de camisa dupla para aquecimento, com 2 agitadores perpendiculares entre si, que giram em sentidos opostos. A este equipamento foi acoplado um banho termostático de alta precisão com sistema de circulação de água. Cento e cinquenta gramas de amostra receberam a solução alcalinizante de carbonato de potássio, pré-aquecida a 80°C, com diferentes concentrações, sendo o sistema misturado durante 5 minutos para uma melhor homogeneização da distribuição da solução alcalina no pó. Os testes foram realizados nas variações de tempo de reação previamente estabelecidas pelo delineamento experimental e a temperatura foi mantida fixa a 60°C.

O preparo das soluções alcalinas, nas concentrações específicas, foram baseadas em balanço de massa, chegando-se a uma umidade de reação de 40% para 150g de pó de cupuaçu, como pode ser observado na Tabela 11.

**Tabela 11.** Balanço de massa da solução de carbonato de potássio.

<b>% de álcali adicionado</b>	<b>Água (g)</b>	<b>Carbonato de Potássio (g)</b>	<b>% de álcali na solução</b>
0	55,5	0	0
0,45	55,5	0,675	1,22
1,5	55,5	2,25	4,05
2,55	55,5	3,825	6,89
3,0	55,5	4,5	8,10

#### 5.4.2. Secagem

Após a alcalinização, as amostras, acondicionadas em bandejas, foram secas em estufa com circulação de ar a 45°C por 15 horas até atingir umidade final de, aproximadamente, 4%.

#### 5.4.3. Moagem

Utilizou-se o moinho de cilindros resfriados para a redução do tamanho das partículas e obtenção do pó de cupuaçu alcalinizado.

## **6. AVALIAÇÃO DO PÓ DE CUPUAÇU ALCALINIZADO**

### **6.1. Material**

Foram avaliados os pós de cupuaçu alcalinizados provenientes de cada ensaio do delineamento experimental, totalizando 11 ensaios.

### **6.2. Métodos**

As amostras dos pós de cupuaçu alcalinizados foram avaliadas físico-química e sensorialmente.

#### **6.2.1. Avaliação físico-química**

**6.2.1.1. Teor de Umidade:** método gravimétrico nº 931.04 da AOAC, 1997.

**6.2.1.2. pH:** método nº 970.21 da AOAC, 1997.

**6.2.1.3. Teor de Cinzas:** método nº 972.15 da AOAC, 1997.

**6.2.1.4. Alcalinidade de cinzas solúveis e insolúveis:** métodos nº 975.11-12, AOAC, 1990.

**6.2.1.5. Proteína:** método nº 970.22 da AOAC, 1997.

#### **6.2.1.6. Análise de Compostos Fenólicos Totais**

O processo de extração dos fenóis foi realizado segundo a metodologia de Price & Butler (1997) adaptada por Fernandez Barbery (1999). Meio grama da amostra triturada, seca e desengordurada foi extraída com 15ml de solução de acetona/água (70:30). A extração foi realizada a 4°C com agitação durante 20 minutos. Finalmente, houve a centrifugação a 3200xg por 10 minutos. Aliquotas de 0,5ml do sobrenadante foram completadas com água destilada e submetidas à determinação, seguindo-se a metodologia descrita por Amerine & Ough (s.d.). Acrescentou-se 60ml de água destilada às alíquotas, 5ml da solução de Folin-Ciocalteu e, por fim, 15ml da solução de carbonato de sódio anidro 20%. As amostras permaneceram em repouso a 20° C por 2 horas.

A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro com absorvância de 765nm. Foi construída uma curva de calibração com diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200, 250, 500, 750 e 1000mg/ml) expressas em equivalentes de ácido tânico.

**6.2.1.7. Análise de Solubilidade:** método n. 973.21, AOAC, 1997.

**6.2.1.8. Teor de fibras:** determinado utilizando-se o método Acid Detergent Fibre (ADF), segundo Goering & Van Soest (1970).

**6.2.1.9. Teor de Gordura:** método nº 963.15 da AOAC, 1997.

#### **6.2.1.10. Cor**

Para a realização desta análise, foram dissolvidos 2,5g de pó de cupuaçu em 100ml de uma solução aquosa de 5% de ágar. Aproximadamente 30ml desta dispersão foi colocada em placa de Petri para solidificar à temperatura ambiente. Após a solidificação, as

amostras foram retiradas das placas e as leituras das 3 replicatas da cor dos pós foram determinadas em espectrofotômetro triestímulo Color QUEST II, marca HunterLab, com reflectância especular incluída (RSIN) e sistema CIELab com ângulo de observação de 10° e iluminante D65 (Commission Internationale de l'Eclairage – CIE).

#### **6.2.1.11. Sedimentação**

Este teste consiste em utilizar 2,5g de pó livre de grumos e deixá-los suspenso em um tubo de Inhoff de 500ml com água destilada a 82°C. Após transcorrido o período de repouso de 5 minutos, procede-se a leitura do volume do sedimento (Minifie, 1989).

#### **6.2.1.12. Densidade aparente acomodada**

A amostra foi colocada em uma proveta tarada e graduada de 100ml por meio de um funil de abertura larga, permitindo que ela fluísse normalmente até atingir o volume de 100 ml da proveta. A proveta é tampada e a amostra agitada até que o volume fosse constante. Os resultados foram expressos em gramas do produto/ml (Kramer & Twigg, 1970; citado por Bispo, 1999).

#### **6.2.1.13. Distribuição dos tamanhos das partículas**

A análise foi realizada por meio de foto-sedimentômetro (marca Lumosed) que consiste de 3 foto-sensores com feixes de luz localizados a 1,5 15 e 150mm abaixo do nível superior de uma cubeta de 150ml. Este aparelho consegue analisar partículas da ordem de 1 a 250µm, podendo ser estendido para 0,5 a 500µm.

O sistema utiliza o princípio da sedimentação e requer a preparação da suspensão das partículas em baixa concentração em um líquido dispersante. Para isto, a amostra de

cupuaçu deve ter a densidade conhecida e esta deve ser maior que a densidade do líquido de suspensão. É importante ressaltar que a amostra não deve reagir, dissolver ou dar cor ao líquido e não deve formar uma suspensão transparente. O líquido de sedimentação deve ser transparente com densidade e viscosidade conhecidas. Neste caso, o líquido de sedimentação escolhido foi a acetona (Synth) p.a., com densidade igual a  $791 \text{ Kg/m}^3$  e viscosidade equivalente a  $0.000327 \text{ Pa.s}$ , a temperatura de  $20^\circ\text{C}$ .

Sessenta miligramas da amostra foram colocadas em uma cubeta de quartzo de 150ml juntamente com a acetona. A cubeta foi agitada para que ocorresse uma distribuição homogênea das partículas e a medida da distribuição iniciou-se. No decorrer da sedimentação, o aparelho usa a variação da intensidade luminosa percebidas pelos 3 foto-sensores para gerar a distribuição do tamanho das partículas das amostras. No início da sedimentação, a transmissão de luz através da amostra será igual nos 3 foto-sensores. À medida que ocorre a sedimentação, a transmissão da luz na cubeta aumenta de acordo com a velocidade de sedimentação. O valor observado depende da concentração das partículas em suspensão e varia de 0 a 100%. É importante ressaltar que para a obtenção de um bom resultado, faz-se necessário uma perfeita dispersão do pó na acetona, além desta permanecer estável durante todo o tempo de realização da análise.

A variação da intensidade luminosa percebida pelos foto-sensores durante a sedimentação do pó de cupuaçu alcalinizado gera a distribuição do tamanho das partículas das amostras estudadas. Com o auxílio de um software, os resultados são expressos em formas de tabelas, gráficos e diagramas de distribuição que contêm o tamanho médio das partículas, a distribuição acumulada, o histograma e a frequência acumulada do tamanho das partículas.

## 6.2.2. Análise Sensorial

### 6.2.2.1. Amostras avaliadas

As amostras de pó de cupuaçu alcalinizados provenientes dos 5 ensaios foram avaliadas sensorialmente através do teste de aceitação. Os ensaios escolhidos foram: 1, 2, 6, 8 e 10.

### 6.2.2.2. Determinação da formulação e método de preparo

Alguns testes preliminares foram realizados a partir de formulações descritas por Meursing (1983) e Lopes (2000). A formulação final empregada para o preparo da bebida está descrita na Tabela 12.

Para o preparo de 1L de amostra, primeiramente, ocorreu a pesagem e mistura dos ingredientes (pó de cupuaçu alcalinizado, açúcar e leite em pó desnatado). A esta mistura foi adicionado 500ml de água quente misturando-se em homogeneizador durante 2 minutos, e em seguida foram adicionados mais 500ml de água quente e a homogeneização ocorreu por mais 2 minutos. As amostras foram servidas em copos plásticos descartáveis de 30ml, codificados com 3 dígitos, a 50°C. Utilizou-se para este teste, 30 provadores para cada amostra a ser avaliada.

**Tabela 12.** Formulação utilizada para o preparo da bebida.

<b>Ingredientes</b>	<b>Proporção (%)</b>
Pó de cupuaçu	5
Açúcar refinado	7
Leite em pó desnatado	8
Água	80
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

### **6.2.2.3. Área de realização do teste**

Os testes foram conduzidos no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. Este laboratório possui uma área para a preparação das amostras e uma área com cabines individuais providas de luzes branca e vermelha e uma área individual onde é possível a discussão aberta com os provadores.

### **6.2.2.4. Teste de Aceitação**

As amostras foram submetidas à análise de aceitação e avaliadas por 30 provadores não treinados. Utilizou-se uma ficha com escala hedônica não estruturada de 9 pontos, como mostra o Anexo 2.

## **6.2.3. Análise estatística dos resultados**

Os resultados obtidos das análises físicas e físico-químicas foram analisados com a utilização do programa SAS. Foi realizado um estudo comparativo das médias aplicando-se a ANOVA e o Teste de Tukey para verificar se houve diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% entre os ensaios. As médias de cada ensaio foram tratadas pela Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), com o emprego do programa STATISTICA, para os resultados das análises de pH, teor de proteínas, compostos fenólicos totais e cor.

Os resultados obtidos na análise sensorial foram avaliados por ANOVA e Teste de Tukey a fim de verificar se há diferença significativa entre as amostras, ao nível de 5% de significância. Para isso, utilizou-se o programa estatístico SAS.

---

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1. Matéria Prima

#### 7.1.1. Prova de Corte (“Cut test”)

A Resolução n.º 42 do CONCEX, apesar de ser utilizada somente para a classificação das amêndoas fermentadas de cacau, também auxiliou a classificação das amêndoas de cupuaçu. O teste foi realizado em triplicata, considerando 100 amêndoas em cada teste.

Segundo os resultados apresentados na Tabela 13, as amêndoas de cupuaçu podem ser classificadas como de boa qualidade, indicando que o processo de fermentação foi bem conduzido. Isto pode ser observado através da porcentagem de amêndoas bem fermentadas e parcialmente fermentadas, totalizando 73,2%. As amêndoas bem fermentadas são identificadas pela coloração marrom mais escura e a presença de sulcos bem profundos. As amêndoas parcialmente fermentadas possuem coloração marrom um pouco menos intensa e os sulcos são menos profundos. É importante ressaltar que as amêndoas parcialmente fermentadas sofreram o processo de fermentação e estão aptas a desenvolver boas características de sabor no produto final. As amêndoas mal fermentadas apresentaram coloração marrom bem clara e presença de poucos ou nenhum sulco na amêndoa. A quantidade de defeitos não ultrapassou 2% de cada defeito (amêndoas mofadas, achatadas e quebradas) isoladamente e a somatória alcançou o valor de 2%, menor que 6% (Tabela 14). Isto classifica as amêndoas como de boa qualidade (Tipo I) com relação a este parâmetro. Portanto, são amêndoas que apresentam qualidade para serem torradas.

**Tabela 13.** Classificação das amêndoas fermentadas de cupuaçu.

Produto	Prova de Corte			
	BF*(%)	PF*(%)	MF*(%)	Defeitos(%)
Cupuaçu	26,6	46,6	24,8	2,0

\*BF: bem fermentadas, \*PF: parcialmente fermentadas, \*MF: mal fermentadas.

**Tabela 14.** Defeitos encontrados nas amêndoas de cupuaçu.

Amêndoas	N.º de defeitos	% de defeitos
Mofadas	0	0
Danificadas por insetos	0	0
Germinadas	0	0
Achatadas	4	1,33
Outros defeitos (quebradas)	2	0,67
Total	6	2,0

### 7.1.2. Determinação do tempo de torração

O tempo de torração foi determinado segundo o item 4.2.2.1. A frequência das notas atribuídas pelos provadores encontram-se na Tabela 15.

**Tabela 15.** Frequência das notas atribuídas pelos provadores.

Preferência (%)	Tempo de Torração (min)			
	35	40	45	50
1	59,1	4,5	20,4	15,9
2	27,3	34,1	29,5	9,1
3	6,8	27,3	27,3	38,6
4	6,8	34,1	22,7	36,4

Esses valores foram atribuídos de forma crescente (1 = menos preferida, 2 = ..., 3 = ..., 4 = mais preferida)

As amêndoas de cupuaçu torradas por 40, 45 e 50 minutos obtiveram valores superiores de preferência para o atributo sabor global, não apresentando diferença estatística no nível de 5% (Tabela 16). Portanto, optou-se pelo processo de torração por 40 minutos, que se mostrou suficiente para o desenvolvimento de sabor de análogo ao chocolate, além de proporcionar economia significativa no tempo de processo.

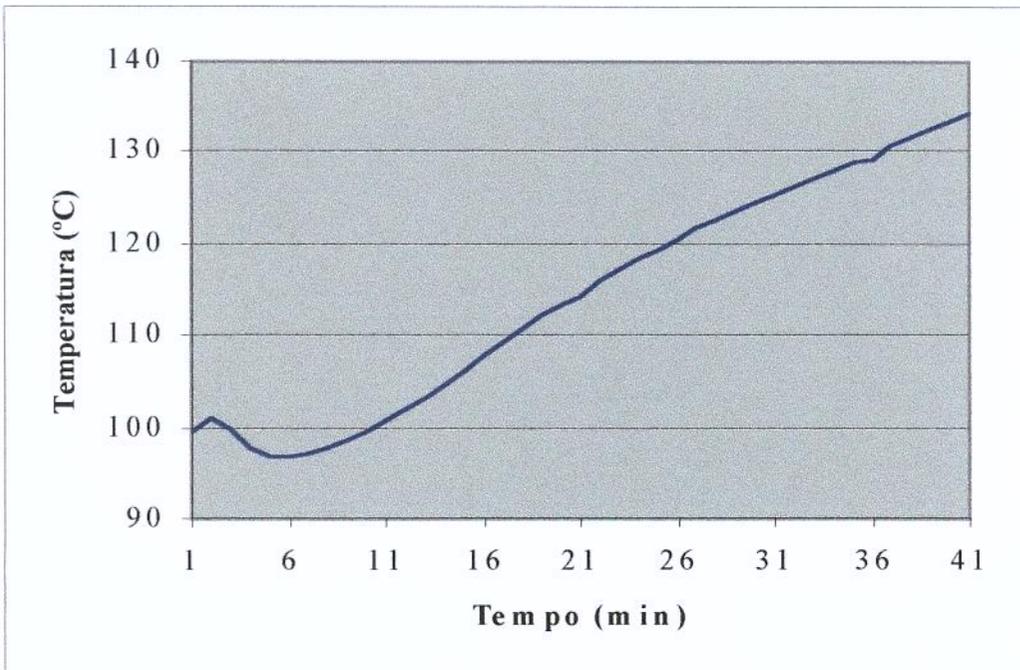
**Tabela 16.** Valores médios para o atributo sabor global.

<b>Amostra</b>	<b>Média</b>
35	1,61 <sup>b</sup>
40	2,91 <sup>a</sup>
45	2,52 <sup>a</sup>
50	2,95 <sup>a</sup>

Letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5%.

### 7.1.3. Tratamento térmico

A etapa de torração seguiu o procedimento descrito no item 4.2.2.2. O perfil da temperatura das amêndoas de cupuaçu dentro do torrador pode ser observado na Figura 4.



**Figura 4.** Perfil de torração das amêndoas de cupuaçu.

A característica da curva é uma queda da temperatura no interior do equipamento nos primeiros 5 minutos, alcançando a temperatura mais baixa em torno de 96°C, seguida de uma subida acentuada da temperatura até aproximadamente 134°C durante o período restante do processo.

#### 7.1.4. Quebra e separação dos componentes

O processo de quebra das amêndoas e separação dos componentes mostrou um rendimento, em relação à massa total de cotilédones, de 76,93%. Os nibs obtidos possuíram uma quantidade de casca igual a 1,7%.

### 7.1.5. Análises físicas e químicas

Na Tabela 17 encontram-se os resultados da caracterização física e química dos “nibs” das amêndoas fermentadas e torradas de cupuaçu, em base seca. O teor de umidade obtido foi de 2,28%.

**Tabela 17.** Composição física e química dos “nibs” das amêndoas fermentadas e torradas de cupuaçu, em base seca.

Análises	Cupuaçu
Lipídeos (%)	57,21 ± 0,04
Cinzas (%)	2,12 ± 0,01
Proteínas (%)	7,71 ± 0,14
Fibras (%)	8,12 ± 0,04
Outros compostos e carboidratos (%)	24,84
pH	5,48 ± 0,10
Acidez (meq de NaOH/100g)	14,45 ± 0,50

O teor de proteína encontrado é inferior ao relatado por Venturieri & Aguiar (1988) que analisaram o liquor de cupuaçu obtido através de amêndoas fermentadas, torradas, descascadas e moídas. Os seus resultados mostram teor de proteína igual a 13,10%. Os autores não citam o teor de fibras. No entanto, os teores de umidade, lipídeos e cinzas são semelhantes e correspondem a 2,70%, 58,50% e 2,40%, respectivamente.

Os resultados obtidos para a caracterização física e química dos “nibs” fermentados e torrados de cupuaçu mostram-se similares aos valores encontrados por Aragão (1992), com relação aos teores de umidade, lipídeos e cinzas. O autor determinou a composição físico-química dos cotilédones do cupuaçu fermentados e torrados, caracterizando o produto com umidade de 2,43%, teores de lipídeos e cinzas iguais a 56,42% e 2,18%, respectivamente. O teor de proteína é inferior ao valor encontrado por Aragão (1992), que

obteve 10,56%. Por outro lado, o teor de fibras é superior ao resultado encontrado pelo mesmo autor. Estas pequenas diferenças encontradas sugerem que a variação do teor de proteínas e fibras podem ocorrer segundo alguns fatores como variedade do fruto, condições climáticas, época de colheita, estágio de maturação, etc.

Queiroz (1999) obteve, na caracterização de amêndoas de cupuaçu, teores de proteínas e cinzas de 7,81% e 2,30%, respectivamente, sendo similares aos encontrados neste trabalho. No entanto, o teor de lipídeos encontrado pela autora é superior e corresponde a 61,50%, sendo que o oposto ocorre com as fibras, cujo teor de 5,56% é inferior ao obtido para os “nibs” das amêndoas fermentadas e torradas de cupuaçu.

Mattietto (2001) realizou a composição físico-química das amêndoas fermentadas de cupuaçu e obteve teores de lipídeos e proteínas iguais a 60,25% e 9,76%, respectivamente. Estes resultados são bem semelhantes aos encontrados por Vasconcelos (1999) e Lopes (2000). No entanto, são ligeiramente diferentes aos valores encontrados neste trabalho. O teor de fibras encontrado pela autora (3,44%) é inferior, por outro lado, o teor de cinzas é similar.

O valor do pH encontrado para os “nibs” das amêndoas fermentadas e torradas de cupuaçu é similar ao encontrado por Vasconcelos (1999) e Lopes (2000), cujos valores são 5,34 e 5,74, respectivamente. Segundo Aragão (1992), o valor final do pH para as amêndoas fermentadas e secas deve ficar em torno de 5,0, indicando que o produto possua bom potencial para o desenvolvimento do sabor.

A análise da acidez total titulável mostrou o valor de 14,45 meq de NaOH/100g, superior ao encontrado por Lopes (2000) que registrou o valor de 11,20 meq de NaOH/100g para as amêndoas fermentadas e secas de cupuaçu. A faixa de acidez desejada pela indústria encontra-se entre 12 e 15 meq de NaOH/100g, o que mostra que o material utilizado neste trabalho encontra-se dentro do padrão esperado. Sabe-se que fatores como

variedade, maturação do fruto, época da colheita, região de plantio e condução do processo de fermentação podem acarretar variações na acidez do produto.

#### **7.1.6. Extração de gordura**

A extração parcial da gordura presente no liquor foi realizada segundo o item 4.2.6. O teor de gordura inicial era de 57,21% e, após a etapa de prensagem e extração, o teor alcançou o valor de 31,28%, expressos em base seca. Este resultado mostra uma redução de 45,32% no teor de gordura.

### **7.2. Pós alcalinizados**

#### **7.2.1. Análises físicas e químicas**

Os pós de cupuaçu obtidos através do processo de alcalinização foram submetidos às análises físicas e químicas que se seguem. Somente os resultados obtidos para pH, teor de proteínas, compostos fenólicos totais e cor foram submetidos à análise de superfície de resposta. Porém, todos os resultados obtidos, com exceção da distribuição do tamanho de partículas, foram submetidos à análise estatística das médias, com o auxílio do programa SAS, para verificar a existência de diferença significativa entre as média dos diferentes tratamentos.

##### **7.2.1.1. Umidade e pH**

Os teores de umidade e os valores de pH encontrados para os pós de cupuaçu alcalinizados estão na Tabela 18.

**Tabela 18.** Valores médios de umidade e pH para os pós de cupuaçu alcalinizados.

Ensaio	Umidade	pH
1	5,37 ± 0,06 C	5,91 ± 0,00 G
2	5,18 ± 0,16 CD	7,75 ± 0,02 B
3	4,94 ± 0,07 E	5,87 ± 0,02 H
4	4,84 ± 0,05 E	7,68 ± 0,00 C
5	5,06 ± 0,02 DE	6,71 ± 0,01 F
6	5,04 ± 0,11 DE	6,71 ± 0,01 F
7	5,22 ± 0,01 CD	6,71 ± 0,00 F
8	6,09 ± 0,05 A	5,36 ± 0,01 I
9	5,39 ± 0,03 C	8,15 ± 0,00 A
10	5,86 ± 0,06 B	6,87 ± 0,02 D
11	6,24 ± 0,03 A	6,83 ± 0,01 E

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

Os valores médios de umidade encontram-se entre 4,84 (tratamento n.º4) e 6,24 (tratamento n.º11), permanecendo dentro do padrão estabelecido pelo CODEX ALIMENTARIUS (1994), que limita o valor máximo de 7% de umidade no pó de produtos alcalinizados.

Através do Teste de Tukey, observa-se que há diferença estatística ao nível de 5% entre os ensaios, provavelmente ocasionadas pelo manuseio das amostras durante as etapas posteriores de refino e armazenamento.

Segundo a Tabela 18, os valores para pH variaram de 5,36 para o ensaio n.º 8, que não foi submetido ao processo de alcalinização, até 8,15 para o ensaio n.º 9, cujas condições de processo foram: concentração de álcali de 3% e tempo de reação de 20 minutos. Os ensaios n.º 5, 6 e 7, que representam os pontos centrais do planejamento

experimental com concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de processo de 45 minutos, apresentaram pH igual a 6,71, diferindo estatisticamente dos demais ensaios.

Na Tabela 19 encontram-se o efeito das variáveis independentes sobre o pH e os níveis de significância relativos ao teste t. Pode-se observar que a interação das variáveis tempo e concentração não foi significativa a  $p \leq 0,05$ . As demais variáveis foram estatisticamente significativas, porém, a concentração linear foi a variável mais representativa, exercendo maior influência no comportamento do pH, nas condições do processo de alcalinização estudado.

**Tabela 19.** Estimativa dos efeitos sobre o valor de pH.

Variável dependente	Fator	Efeito	Erro Puro	t(2)	p
	Variável/Média	6,713351	0,003333	2014,050	0,000000
pH	Concent. (L)	1,892690	0,004074	464,562	0,000005
	Concent. (Q)	0,042910	0,004832	8,880	0,012446
	Tempo (L)	-0,044020	0,004074	-10,805	0,008458
	Tempo (Q)	0,137137	0,004832	28,380	0,001239
	1L by 2L*	-0,010000*	0,005774*	-1,732*	0,225403*

\* Variável não significativa ( $p \geq 0,05$ ).

Após a retirada do parâmetro não significativo, um novo modelo foi ajustado e através da análise de variância ANOVA (Tabela 20) obteve-se um coeficiente de correlação  $R^2=0,9985$  e valor de F significativo a 5%. Isto explica alta validade e poder discriminativo do modelo ajustado.

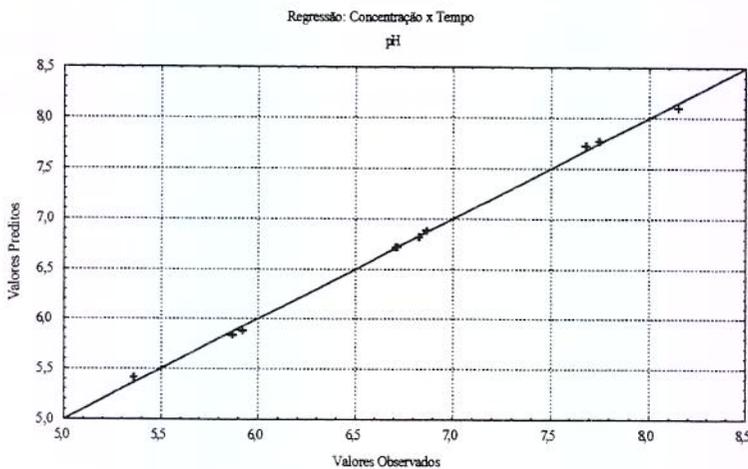
**Tabela 20.** Análise de variância (ANOVA) para o pH.

Variável dependente	Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F (calc.)	F (tab.)	R <sup>2</sup>
	Regressão	7,11477	5	1,422954	639,76	5,05	0,9985
	Resíduo	0,011121	5	0,022242			
	Falta de Ajuste	0,011054	3	0,00368			
	Erro Puro	0,000067	2	0,0000335			
	Total	7,235891	10				

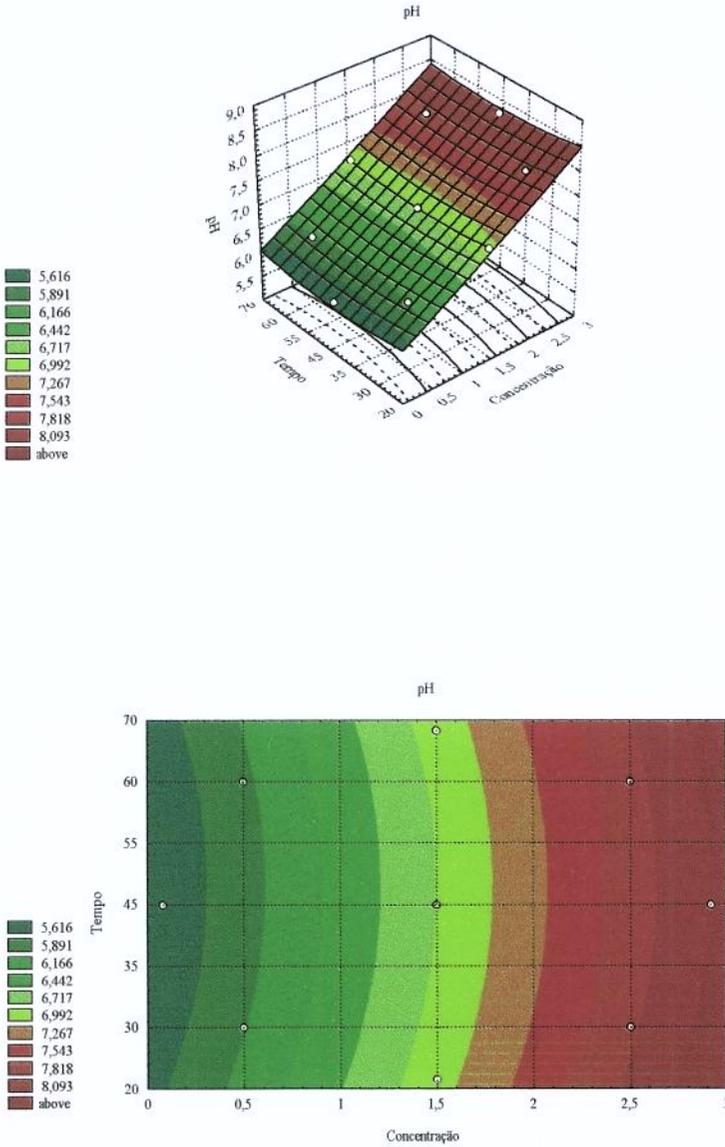
O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor de pH em função do tempo (T) e da concentração de álcali (C) é:

$$\text{pH} = 6,71 + 0,95 C + 0,021 C^2 - 0,022 T + 0,068 T^2$$

A Figura 5 apresenta os valores observados nos experimentos versus os valores preditos. Os pontos observados encontram-se, praticamente, sobre a reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação ajustada, confirmando que não existe região onde o modelo da regressão não pode ser aplicado.

**Figura 5.** Valores observados vs preditos para pH

A Figura 6 ilustra os efeitos das variáveis tempo e concentração de álcali no pH do produto. De acordo com o gráfico, observa-se que o maior efeito foi o da concentração de álcali e que o tempo exerceu pouca influência.



**Figura 6.** Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o valor do pH dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Os efeitos positivos dos parâmetros linear e quadrático da variável concentração imprimem ao pH o seguinte comportamento: o aumento da concentração, em toda a faixa estudada, faz com que o pH aumente. Para a variável tempo, o efeito negativo do parâmetro linear implica em uma leve queda do pH a medida que o tempo aumenta. Isto ocorre até aproximadamente 45 minutos de processo. A partir deste ponto, nota-se o aumento do pH, indicando o efeito positivo do parâmetro quadrático desta variável.

Observa-se ainda, que a faixa para o valor de pH entre 6,8 e 7,2 pode ser obtida trabalhando com a concentração de álcali entre 1,2 e 1,7, aproximadamente. Segundo Welch (1981) está é a melhor faixa de pH para o uso do pó em achocolatados, pois confere melhor cor e sabor, o que também é indicado na fabricação de sorvetes. Kostic (1997) reporta que para a produção de chocolate uma faixa de pH entre 6,8 e 7 é a melhor. Neste intervalo, ainda se pode perceber notas de amargor e adstringência, porém, se o valor do pH for maior, ocorrerá a percepção de sabor saponificável proveniente da gordura presente na massa. Urbanski (1992) relata que o produto alcalinizado se tornará mais apropriado para o uso em produtos derivados do leite devido ao pH ao redor da neutralidade.

Por outro lado, a faixa de concentração de álcali escolhida para o estudo forneceu valores de pH bem amplos, os quais sofreram incremento com o aumento da concentração de álcali utilizada. Geralmente, pós com pH superior a 7 são usados na elaboração de produtos de panificação (Gutterson, 1969; citado por Bispo, 1999).

#### **7.2.1.2. Cinzas, Alcalinidade de Cinzas Solúveis e Insolúveis**

Os resultados obtidos para o teor de cinzas, alcalinidade de cinzas solúveis e insolúveis estão na Tabela 21.

**Tabela 21.** Valores médios do teor de cinzas e alcalinidade de cinzas solúveis e insolúveis para os pós de cupuaçu alcalinizados.

Ensaio	Cinzas (%)	Alcalinidade de Cinzas	
		Solúveis (g de HCl/100g de amostra)	Insolúveis (g HCL/100g de amostra)
1	4,15 ± 0,01 <sub>D</sub>	0,437 ± 0,02 <sub>E</sub>	1,036 ± 0,01 <sub>D</sub>
2	5,85 ± 0,05 <sub>B</sub>	0,971 ± 0,01 <sub>A</sub>	1,173 ± 0,03 <sub>C</sub>
3	4,16 ± 0,03 <sub>D</sub>	0,419 ± 0,02 <sub>E</sub>	1,188 ± 0,02 <sub>BC</sub>
4	6,20 ± 0,05 <sub>AB</sub>	0,865 ± 0,01 <sub>B</sub>	1,361 ± 0,09 <sub>A</sub>
5	5,33 ± 0,05 <sub>C</sub>	0,608 ± 0,01 <sub>D</sub>	1,355 ± 0,02 <sub>A</sub>
6	5,31 ± 0,01 <sub>C</sub>	0,635 ± 0,01 <sub>D</sub>	1,359 ± 0,03 <sub>A</sub>
7	5,33 ± 0,01 <sub>C</sub>	0,609 ± 0,01 <sub>D</sub>	1,355 ± 0,04 <sub>A</sub>
8	3,87 ± 0,02 <sub>D</sub>	0,309 ± 0,01 <sub>F</sub>	1,185 ± 0,01 <sub>BC</sub>
9	6,69 ± 0,04 <sub>A</sub>	0,994 ± 0,01 <sub>A</sub>	1,344 ± 0,02 <sub>A</sub>
10	5,25 ± 0,05 <sub>C</sub>	0,625 ± 0,01 <sub>D</sub>	1,222 ± 0,08 <sub>BC</sub>
11	5,22 ± 0,05 <sub>C</sub>	0,667 ± 0,01 <sub>C</sub>	1,278 ± 0,05 <sub>AB</sub>

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

## Cinzas

Os resultados mostram, como era de se esperar, que o menor teor de cinzas (3,87%) corresponde ao ensaio n.º 8, que não sofreu processo de alcalinização, não diferindo estatisticamente das amostras 1 e 3, cujas condições de processo foram: concentração alcalina de 0,45% e tempo de 27, 5 minutos. Por outro lado, o ensaio n.º 9 (concentração de álcali igual a 3% e tempo de 45 minutos) apresentou o teor mais alto (6,69%), não diferindo do ensaio 4 (concentração de álcali igual a 2,55% e tempo de 62,5 minutos).

Nota-se que o aumento da concentração alcalina proporciona o incremento do teor de cinzas.

### **Alcalinidade de cinzas solúveis (ACS)**

Segundo os resultados da Tabela 21, o ensaio n.º 8, sem processo alcalino, apresentou a menor alcalinidade para as cinzas solúveis (0,309g de HCl/100g de amostra). Por outro lado, a maior alcalinidade (0,993g de HCl/100g de amostra) está presente no ensaio n.º 9 (concentração alcalina igual a 3% e tempo de processo de 45 minutos), não diferindo da amostra 2 (concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de processo de 27,5 minutos).

Segundo Minifie (1989), a alcalinidade das cinzas solúveis aumenta com o aumento da quantidade de álcali utilizada no processo. Este fato foi observado neste estudo do processo de alcalinização. Portanto, os resultados obtidos neste estudo encontram-se condicentes com a literatura.

### **Alcalinidade de cinzas insolúveis (ACI)**

Os valores médios da alcalinidade das cinzas insolúveis para os diferentes ensaios estão na Tabela 21. Observa-se que o maior valor da alcalinidade de cinzas insolúveis é o do ensaio n.º 4 (1,361g de HCl/100g de amostra) cujas condições de processo foram: concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos. Este resultado não diferiu estatisticamente dos ensaios 5, 6 e 7 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 45 minutos) e do ensaio n.º 9 (concentração alcalina de 3% e tempo de 45 minutos). O menor valor observado é o do ensaio n.º 1 (concentração alcalina de 0,45% e tempo de 27,5 minutos) e corresponde a 1,036g de HCl/100g de amostra.

Minifie (1989) relata que os valores da alcalinidade de cinzas insolúveis dependem de alguns fatores como: constituintes minerais insolúveis existentes no pó e contaminantes metálicos provenientes do desgaste dos equipamentos utilizados durante as várias etapas do processamento.

### 7.2.1.3. Proteínas e Fenóis Totais

Os resultados encontrados para os teores de proteínas e fenóis totais, em base seca, encontram-se na Tabela 22.

**Tabela 22.** Valores médios do teor de proteínas e fenóis totais nos pós de cupuaçu.

Ensaio	Proteína (%)	Fenóis Totais (mg fenóis/100g amostra)
1	16,50 ± 0,10 B	25,96 ± 0,47 AB
2	15,52 ± 0,28 DE	15,64 ± 0,27 F
3	16,30 ± 0,15 BC	25,13 ± 0,27 B
4	15,25 ± 0,36 E	15,84 ± 0,37 F
5	15,72 ± 0,04 DE	20,98 ± 0,18 E
6	15,70 ± 0,04 DE	20,92 ± 0,32 E
7	15,70 ± 0,10 DE	20,95 ± 0,26 E
8	17,08 ± 0,23 A	26,73 ± 0,16 A
9	14,72 ± 0,20 F	14,23 ± 0,26 G
10	15,92 ± 0,01 CD	23,83 ± 0,36 C
11	15,83 ± 0,08 CD	22,76 ± 0,43 D

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

Segundo a Tabela 22, observa-se que maior valor encontrado para o teor de proteínas é de 17,08% para o ensaio n.º 8, que não foi submetido ao processo de alcalinização. O ensaio n.º 9 (condições de processo: concentração de álcali de 3% e tempo de reação de 20 minutos) apresentou o menor teor de proteínas, equivalente a 14,72%.

Os teores de fenóis totais, responsáveis pelo amargor e adstringência do produto, variaram de 26,73mg de fenóis/100g de amostra para o ensaio n.º 8, que não foi submetido ao processo de alcalinização, até 14,23mg de fenóis/100g de amostra para o ensaio n.º 9 (condições de processo: concentração de álcali de 3% e tempo de reação de 20 minutos).

A influência das variáveis independentes (concentração alcalina e tempo de reação) sobre os teores de proteínas e compostos fenólicos totais dos 11 experimentos foi analisada estatisticamente através da metodologia de superfície de resposta. Os resultados obtidos estão na Tabela 23.

**Tabela 23.** Estimativa dos efeitos sobre o valor do teor de proteínas e fenóis totais.

Variáveis dependentes	Fator	Efeito	t(2)	Erro puro	p
Proteínas	Int. principal	15,70669	0,012018	1306,905	0,000001
	Concent. (L)	-1,33732	0,014690	-91,039	0,000121
	Concent. (Q)	0,19371	0,017423	11,118	0,007993
	Tempo (L)	-0,14635	0,014690	-9,963	0,009925
	Tempo (Q)	0,16891	0,017423	9,695	0,010473
	C x t*	-0,04000*	0,020817*	-1,922*	0,194613*
Fenóis totais	Int. principal	20,94321	0,017320	1209,184	0,000001
	Concent. (L)	-9,30186	0,021170	-439,392	0,000005
	Concent. (Q)	-1,07551	0,025109	-42,833	0,000545
	Tempo (L)	-0,53516	0,021170	-25,279	0,001561
	Tempo (Q)	1,72651	0,025109	68,760	0,000211
	C x t	0,51500	0,030000	17,167	0,003376

\* Indicam variáveis não significativas ( $p \geq 0,05$ ).

De acordo com as observações dos efeitos das variáveis independentes sobre o teor de proteínas e de compostos fenólicos totais (Tabela 23), nota-se que: a interação das variáveis tempo e concentração não foi significativa a  $p \leq 0,05$ . As demais variáveis foram estatisticamente significativas, porém, a concentração linear foi a variável mais representativa, exercendo maior influência no comportamento do teor de proteínas, nas condições do processo de alcalinização estudado. No caso do teor de fenóis totais, pode-se observar que todas as variáveis foram estatisticamente significativas a  $p \leq 0,05$ , porém, a concentração linear foi a variável mais representativa, exercendo maior influência no teor de fenóis totais, nas condições do processo de alcalinização estudado.

Após a retirada dos parâmetros não significativos, um novo modelo ajustado foi proposto e a sua capacidade preditiva foi analisada (Tabela 24).

**Tabela 24.** Análise de variância (ANOVA) para o teor de proteínas e fenóis totais.

Variável dependente	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F (calc.)	F (tab.)	R <sup>2</sup>
Proteínas	Regressão	3,707453	4	0,92686	24,19	4,53	0,9416
	Resíduo	0,229838	6	0,03830			
	Falta de Ajuste	0,228971	4	0,05724			
	Erro Puro	0,000867	2	0,0004335			
	Total	3,937291	10				
Fenóis totais	Regressão	182,8129	5	36,56258	49,21	5,05	0,9800
	Resíduo	3,7144	5	0,74288			
	Falta de Ajuste	3,7126	3	1,2375			
	Erro Puro	0,0018	2	0,0009			
	Total	186,5273	10				

Conforme os dados mostrados na Tabela 24, os coeficientes de correlação (R<sup>2</sup>) para cada modelo foram altos, ambos acima de 94%. O F calculado para a regressão foi maior que o F tabelado, em todos os casos. Tais observações revelam a capacidade preditiva dos modelos.

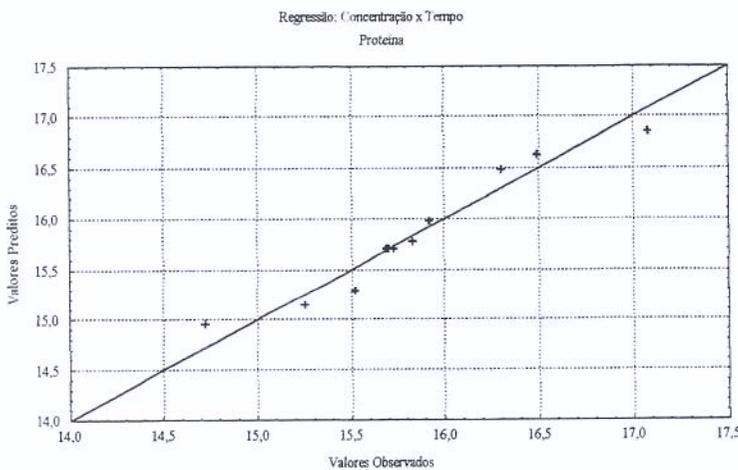
### Proteínas

Após a retirada do parâmetro não significativo, um novo modelo foi ajustado e através da análise de variância ANOVA, apresentada na Tabela 24, obteve-se um coeficiente de correlação R<sup>2</sup>= 0,9416 e valor de F significativo a 5%. Isto explica alta validade e poder discriminativo do modelo ajustado.

O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor do teor de proteínas em função do tempo (T) e da concentração de álcali (C) é:

$$\% \text{ Proteínas} = 15,70 - 0,67 C + 0,09 C^2 - 0,07 T + 0,08 T^2$$

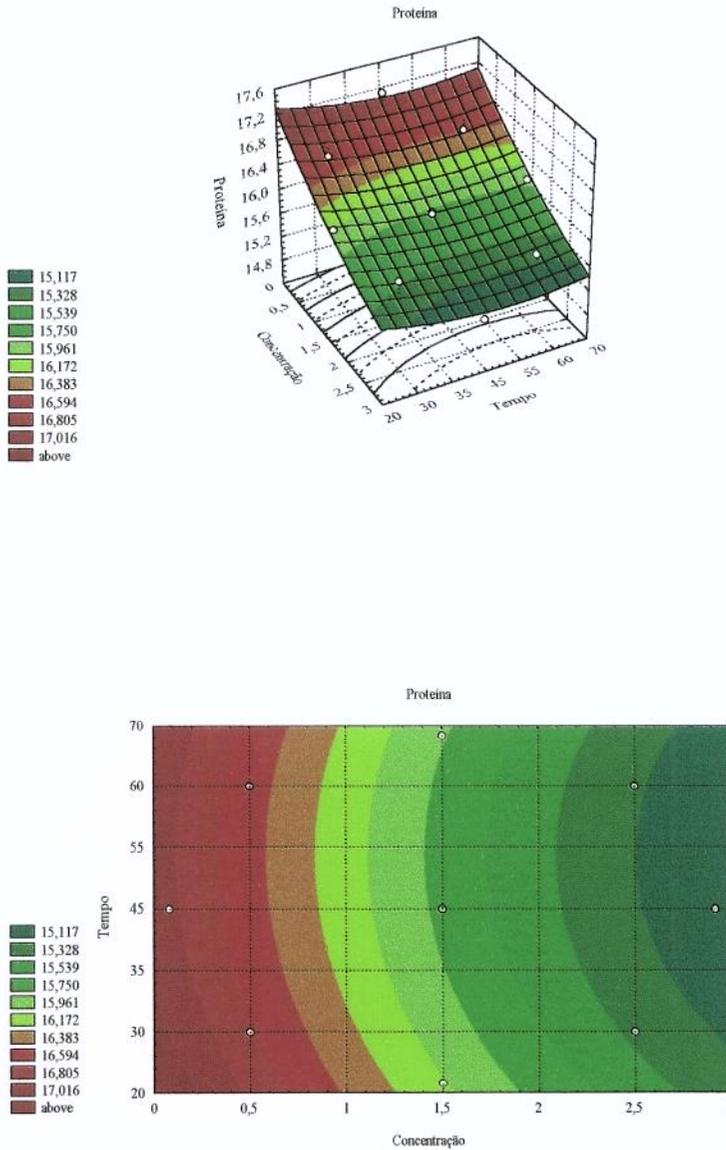
A Figura 7 apresenta os valores observados nos experimentos versus os valores preditos. Os pontos observados encontram-se, praticamente, sobre a reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação ajustada. Este fato confirma que não existe região onde o modelo da regressão não pode ser aplicado.



**Figura 7.** Valores observados vs preditos para o teor de proteínas.

A Figura 8 ilustra os efeitos das variáveis tempo e concentração de álcali no teor de proteínas do produto. Os parâmetros lineares do tempo e da concentração tiveram efeito negativo sobre o teor de proteínas. Isto indica que o aumento no tempo de processo e na concentração alcalina levam à queda do teor protéico. Por outro lado, os parâmetros quadráticos de ambas as variáveis apresentaram efeito positivo. Através da figura, percebe-se que o aumento da concentração e do tempo geram uma queda mais acentuada do teor de proteínas nos primeiros 55 minutos do processo. A partir deste ponto, esta queda é menos

acentuada. De acordo com o gráfico, observa-se que o maior efeito foi o da concentração de álcali e que o tempo exerceu menor influência.



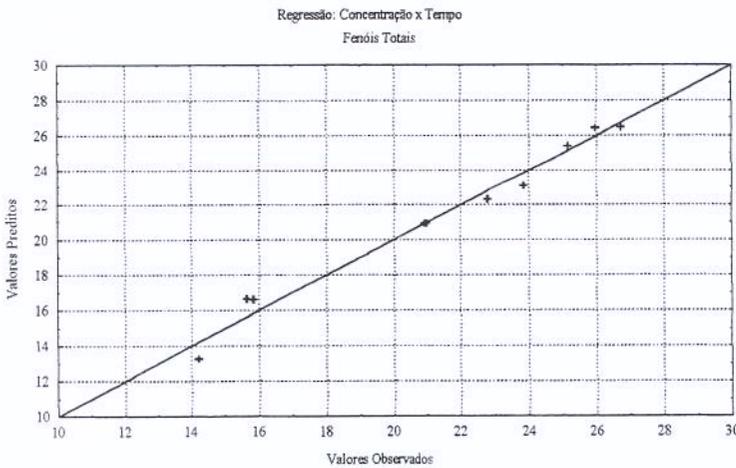
**Figura 8.** Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o valor do teor de proteínas dos pós de cupuaçu alcalinizados.

## Fenóis totais

O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor do teor de fenóis totais em função do tempo (T) e da concentração de álcali (C) é:

$$\text{Fenóis totais} = 20,94 - 4,65 C - 0,54 C^2 - 0,27 T + 0,86 T^2 + 0,26 CT$$

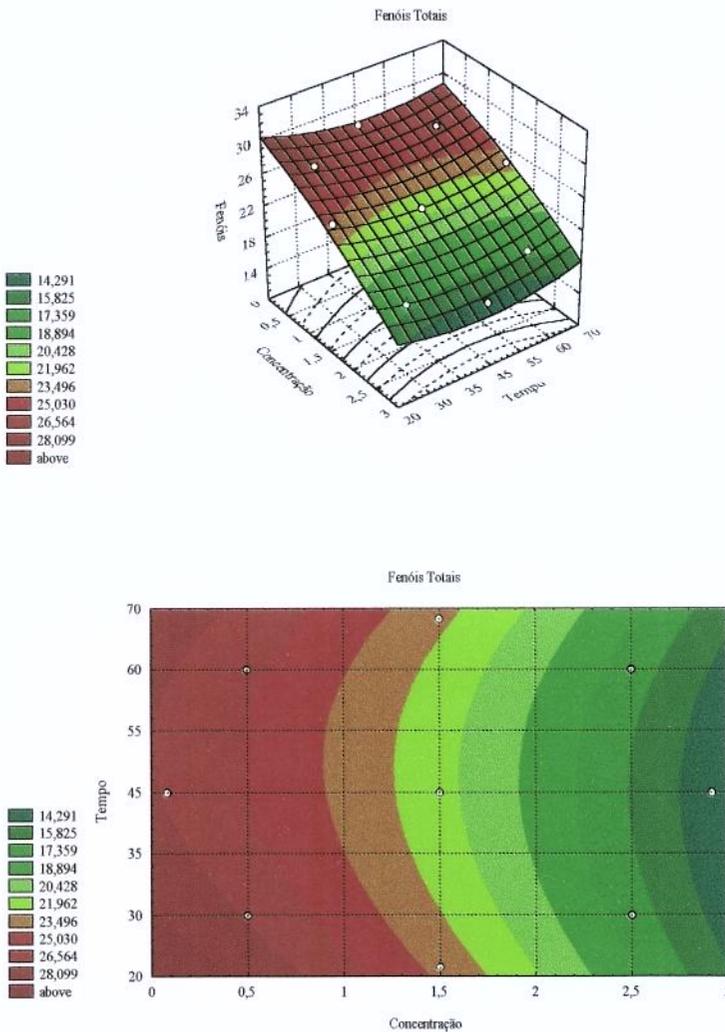
A Figura 9 apresenta os valores observados nos experimentos versus os valores preditos. Os pontos observados encontram-se, praticamente, sobre a reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação ajustada, confirmando que não existe região onde o modelo da regressão não pode ser aplicado.



**Figura 9.** Valores observados vs preditos para o teor de fenóis totais.

A Figura 10 ilustra os efeitos das variáveis tempo e concentração de álcali no teor de fenóis totais do produto. De acordo com o gráfico, observa-se que o maior efeito foi o da concentração de álcali e que o tempo exerceu pouca influência.

Os parâmetros linear e quadrático da concentração exercem efeito negativo sobre a variável dependente, indicando que o aumento desta variável acarreta queda do teor de fenóis totais. O termo linear do tempo apresenta efeito negativo, indicando que o aumento desta variável acarreta na queda de compostos fenólicos. O termo quadrático desta mesma variável exerce efeito positivo, mostrando que, até aproximadamente 50 minutos de processo, ocorre uma queda mais acentuada do teor fenólico. Após este intervalo, a queda torna-se menos acentuada.



**Figura 10.** Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o valor do teor de fenóis totais dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Através da figura acima, pode-se notar uma queda mais acentuada do teor de fenóis totais em concentrações de até 1,5% e em, aproximadamente, 50 minutos de processo. Fato semelhante ocorre com o teor de proteína dos pós alcalinizados.

Segundo Sgarbieri (1996), as substâncias fenólicas são muito ativas. Quando oxidadas, seus produtos de oxidação, as quinonas, formam ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas. Em pH neutro ou básico, os compostos fenólicos oxidados reagem com as proteínas formando complexos moleculares com diferentes proporções de proteínas e de substâncias fenólicas. Segundo Forsyth et al. (1958) citado por Lajus (1982), estes complexos moleculares são insolúveis o que contribui para a queda da adstringência do produto.

Por outro lado, o método utilizado na determinação do teor de proteínas foi o de Kjeldahl. Segundo Sgarbieri (1996), esta metodologia determina o teor de nitrogênio total incluindo o nitrogênio que forma a estrutura da proteína (nitrogênio protéico) mas também o nitrogênio proveniente de substâncias nitrogenadas não protéicas como bases purínicas e pirimidínicas, creatina, vitaminas, uréia, aminas e amidas. O método não determina o nitrogênio presente nos grupos nitrato, nitroso, azo, hidrazo e ciano, a não ser que sejam introduzidas modificações na metodologia.

Neste estudo, percebe-se que o aumento da concentração alcalina resultou na queda dos teores de proteína e fenóis totais simultaneamente, indicando uma possível reação entre eles. Possivelmente, o produto da reação entre proteínas e compostos fenólicos (pertencente ao grupo ciano) não entra na determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (Sgarbieri, 1996), o que evidencia a diferença nos resultados obtidos entre os tratamentos.

#### **7.2.1.4. Solubilidade**

Os ensaios n.º 1 (concentração de 0,45% e tempo de 27,5 minutos), n.º 2 (concentração de 2,55% e tempo de 27,5 minutos), n.º 6 (concentração de 1,5% e tempo de

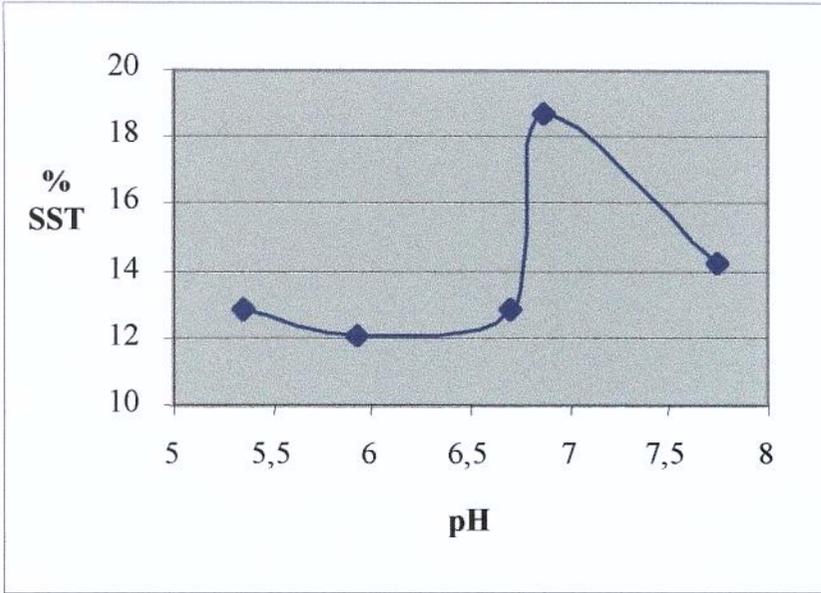
45 minutos), n.º 8 (não submetido ao processo de alcalinização) e n.º 10 (concentração de 1,5% e tempo de 20 minutos) foram submetidos à análise de solubilidade, expressa em porcentagem de sólidos solúveis totais presente na amostra. O maior valor encontrado (18,71%) pertence ao ensaio n.º 10, que se difere estatisticamente dos demais. O ensaio n.º 1 apresenta o menor valor (12,12%) e se diferiu dos demais ao nível de 5%. Os resultados estão apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25.** Valores médios de solubilidade para os pós de cupuaçu alcalinizados.

Ensaio	pH	Solubilidade (% de sólidos solúveis totais)
1	5,91	12,12 ± 0,13 D
2	7,75	14,27 ± 0,13 B
6	6,71	12,86 ± 0,02 C
8	5,36	12,89 ± 0,33 C
10	6,87	18,71 ± 0,01 A

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

A solubilidade encontrada para estes ensaios e os seus respectivos valores de pH foram plotados, como ilustra a Figura 11.



**Figura 11.** Curva de solubilidade dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Segundo Schenkel (1973) citado por Bispo (1999), a alcalinização promove a ruptura de estruturas celulares compostas de proteínas, pectinas, celulose e hemicelulose, que são hidrossolúveis, fato que contribui para o aumento da solubilidade. Por outro lado, a redução nas diferenças de densidade entre as partículas do cacau e do solvente contribuem para o aumento da dispersibilidade.

A Figura 11 ilustra o comportamento da solubilidade do pó de cupuaçu alcalinizado. Pode-se perceber uma queda da solubilidade ao redor do pH 6,0. A partir deste ponto, nota-se o aumento da mesma até o pH 6,87, onde ela adquire o valor máximo (18,71%). Porém, com o aumento do pH a solubilidade sofre uma queda. Sgarbieri (1996) reporta que tratamentos ácidos e alcalinos acarretam alterações nas estruturas da proteína, podendo ocorrer mudança no seu ponto isoelétrico e nas características de solubilidade. A solubilidade também pode ser reduzida quando os valores para o pH estão mais próximos de valores extremos.

### 7.2.1.5. Fibras

Os valores médios do teor de fibras, em base seca, para os diferentes ensaios estão apresentados na Tabela 26.

**Tabela 26.** Valores médios para os teores de fibras dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Ensaio	Fibras
1	15,44 ± 0,40 A
2	13,56 ± 0,20 B
3	15,07 ± 0,43 A
4	13,48 ± 0,46 B
5	13,11 ± 0,13 B
6	13,10 ± 0,37 B
7	13,09 ± 0,38 B
8	15,91 ± 0,13 A
9	12,59 ± 0,30 B
10	13,33 ± 0,18 B
11	13,26 ± 0,44 B

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

Os ensaios n.º 1 (concentração de 0,45% e tempo de 27,5 minutos), n.º 3 (concentração de 0,45% e tempo de 62,5 minutos) e n.º 8 (não sofreu o processo de alcalinização) não diferiram entre si, ao nível de 5% de probabilidade. Apresentaram teores de fibras bem similares (ao redor de 15%), sendo que o maior teor é o do ensaio n.º 8. Os demais ensaios também não diferiram entre si, apresentando teor de fibras ao redor de 13%. O menor teor de fibras é o do ensaio n.º 9 (12,59%), que sofreu o processo com maior concentração de álcali (3%) e tempo de 45 minutos.

Martin (1987), relata que durante o processo de alcalinização, ocorre uma degeneração de estruturas celulares, que é evidente através da formação de substâncias que sugerem sabor de baunilha e de substâncias com coloração marrom avermelhada e sabor de caramelo. Este fato pode ser confirmado através do resultado obtido na análise sensorial, onde alguns provadores conseguiram detectar sabor de caramelo e visualizar a coloração mais avermelhada dos pós provenientes dos ensaios que utilizaram maior concentração de álcali. Por outro lado, o aumento da concentração alcalina promove o escurecimento do pó e torna-o mais avermelhado, como mostra os resultados obtidos para os parâmetros de cor  $L$  e  $a^*$ .

#### 7.2.1.6. Lipídeos

O pó de cupuaçu utilizado no processo de alcalinização passou, primeiramente, pela etapa de prensagem para a retirada parcial da manteiga. Com isto, o resultado encontrado para o teor de lipídeos dos pós alcalinizados, em base seca, é de 31,28%.

Segundo o CODEX ALIMENTARIUS (1994), o teor de lipídeos do pó de cacau deve estar entre 8 e 20%. Por outro lado, Minifie (1989) relata que o pó de cacau pode ser classificado, segundo seu teor de gordura, em:

- Alto teor de gordura: teor de lipídeos superior a 20%
- Médio teor de gordura: teor de lipídeos entre 10 e 20%
- Baixo teor de gordura: teor de lipídeos menor que 10%

O resultado mostra que o pó de cupuaçu alcalinizado pode ser classificado como de alto teor de gordura.

### 7.2.1.7. Cor L, Cor a\* , Cor b\* , Relação b\*/a\*

A Tabela 27 apresenta os valores obtidos na análise de cor dos pós de cupuaçu submetidos ao estudo do processo de alcalinização. Foram avaliados os parâmetros de luminosidade (L), intensidade de vermelho (a\*), intensidade de amarelo (b\*) e a relação b\*/a\* , parâmetro utilizado para caracterizar a cor do pó alcalinizado.

**Tabela 27.** Valores médios da análise de cor dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Ensaio	Cor L	Cor a*	Cor b*	b*/a*
1	36,75 ± 0,16 <sub>B</sub>	11,36 ± 0,13 <sub>D</sub>	16,98 ± 0,17 <sub>AB</sub>	1,49 ± 0,00 <sub>A</sub>
2	31,32 ± 0,13 <sub>DE</sub>	12,33 ± 0,14 <sub>AB</sub>	14,27 ± 0,38 <sub>E</sub>	1,53 ± 0,02 <sub>C</sub>
3	36,52 ± 0,18 <sub>B</sub>	11,44 ± 0,17 <sub>D</sub>	16,84 ± 0,19 <sub>AB</sub>	1,47 ± 0,01 <sub>A</sub>
4	31,78 ± 0,15 <sub>D</sub>	12,24 ± 0,24 <sub>AB</sub>	14,54 ± 0,09 <sub>DE</sub>	1,19 ± 0,01 <sub>C</sub>
5	34,39 ± 0,36 <sub>C</sub>	11,77 ± 0,30 <sub>BCD</sub>	16,06 ± 0,38 <sub>BC</sub>	1,36 ± 0,02 <sub>B</sub>
6	34,86 ± 0,35 <sub>C</sub>	12,07 ± 0,21 <sub>ABC</sub>	16,65 ± 0,60 <sub>AB</sub>	1,38 ± 0,02 <sub>B</sub>
7	34,76 ± 0,29 <sub>C</sub>	11,83 ± 0,26 <sub>BCD</sub>	16,26 ± 0,41 <sub>BC</sub>	1,37 ± 0,00 <sub>B</sub>
8	37,86 ± 0,18 <sub>A</sub>	11,63 ± 0,10 <sub>CD</sub>	17,44 ± 0,25 <sub>A</sub>	1,50 ± 0,02 <sub>A</sub>
9	30,76 ± 0,10 <sub>E</sub>	12,51 ± 0,35 <sub>A</sub>	13,53 ± 0,60 <sub>E</sub>	1,08 ± 0,02 <sub>D</sub>
10	34,53 ± 0,13 <sub>C</sub>	11,55 ± 0,08 <sub>CD</sub>	15,52 ± 0,10 <sub>CD</sub>	1,34 ± 0,00 <sub>B</sub>
11	34,87 ± 0,45 <sub>C</sub>	11,93 ± 0,22 <sub>ABCD</sub>	16,17 ± 0,29 <sub>BC</sub>	1,35 ± 0,00 <sub>B</sub>

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

A influência das variáveis independentes (concentração alcalina e tempo de reação) sobre os parâmetros de cor dos 11 experimentos foi analisada estatisticamente através da metodologia de superfície de resposta. Os resultados obtidos estão na Tabela 28.

**Tabela 28.** Estimativa dos efeitos sobre os parâmetros de cor do pó de cupuaçu alcalinizado.

Variáveis dependentes	Fator	Efeito	t(2)	Erro puro	p
Cor L	Int. principal	34,66775	0,142942	242,5301	0,000017
	Concent. (L)	-5,04233	0,174714	-28,8605	0,001198
	Concent. (Q)*	-0,55883*	0,207224*	-2,6968*	0,114388*
	Tempo (L)*	0,18101*	0,174714*	1,0360*	0,409031*
	Tempo (Q)*	-0,17697*	0,207224*	-0,8540*	0,483080*
	C x t*	0,34500*	0,247588*	1,3934*	0,298144*
Cor a*	Int. principal	11,88967	0,091649	129,7298	0,000059
	Concent. (L)	0,74828	0,112020	6,6799	0,021685
	Concent. (Q)*	0,14420*	0,132865*	1,0853*	0,391191*
	Tempo (L)*	0,13186*	0,112020*	1,1771*	0,360268*
	Tempo (Q)*	-0,17816*	0,132865*	-1,3409*	0,311953*
	C x t*	-0,08500*	0,158745*	-0,5354*	0,645910*
Cor b*	Int. principal	16,32326	0,173233	94,2270	0,000113
	Concent. (L)	-2,63226	0,211738	-12,4317	0,006408
	Concent. (Q)*	-0,83783*	0,251138*	-3,3361*	0,079307*
	Tempo (L)*	0,25615*	0,211738*	1,2098*	0,349962*
	Tempo (Q)*	-0,48572*	0,251138*	-1,9341*	0,192779*
	C x t*	0,20000*	0,300056*	0,6665*	0,573663*
Relação b*/a*	Int. principal	1,370052	0,005773	237,3053	0,000018
	Concent. (L)	-0,300368	0,007057	-42,5655	0,000551
	Concent. (Q)	-0,074654	0,008370	-8,9196	0,012337
	Tempo (L)*	0,006025*	0,007057*	0,8539*	0,483137*
	Tempo (Q)*	-0,020101*	0,008370*	-2,4017*	0,138295*
	C x t*	0,025000*	0,010000*	2,5000*	0,129612*

\* Indicam variáveis não significativas ( $p \geq 0,05$ ).

De acordo com a observação dos efeitos das variáveis independentes sobre o parâmetro de cor L, cor a\* e cor b\* mostrados na Tabela 28, nota-se que somente a concentração linear foi significativa a  $p \leq 0,05$ . Para o parâmetro de cor L o efeito foi

negativo, indicando que o aumento da concentração alcalina acarreta em queda do valor de L, tornando a coloração do pó mais escura. Para o parâmetro de cor  $a^*$ , o efeito foi positivo, indicando que o aumento da concentração alcalina fornece pó com coloração mais avermelhada. A concentração alcalina apresentou um efeito negativo sobre o parâmetro de cor  $b^*$ , indicando queda da intensidade da coloração amarela com o aumento da concentração de álcali utilizada no processo. As demais variáveis não foram estatisticamente significativas. Os parâmetros lineares e quadráticos da variável concentração apresentaram efeito significativo somente para a relação  $b^*/a^*$ . Ambos foram negativos e indicam que o aumento na concentração alcalina reflete na queda do valor desta relação.

Após a retirada dos parâmetros não significativos, um novo modelo ajustado foi proposto e a sua capacidade preditiva foi analisada (Tabela 29).

Conforme os dados mostrados na Tabela 29, os coeficientes de variação ( $R^2$ ) para cada modelo foram altos, ambos acima de 80%. O F calculado para a regressão foi maior que o F tabelado, em todos os casos. Tais observações revelam a capacidade preditiva dos modelos.

**Tabela 29.** Análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de cor.

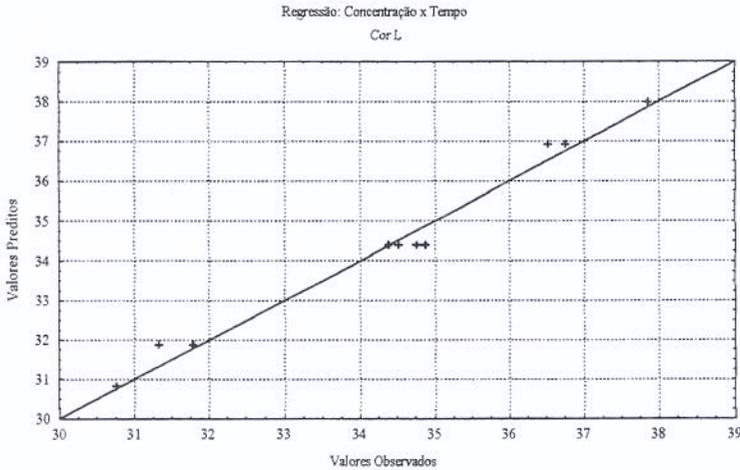
Variável dependente	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F (calc.)	F (tab.)	R <sup>2</sup>
Cor L	Regressão	51,0586	1	51,0586	415,5	5,12	0,9788
	Resíduo	1,10689	9	0,12298			
	Falta de Ajuste	0,98429	7	0,1406			
	Erro Puro	0,12260	2	0,0613			
	Total	52,16549	10				
Cor a*	Regressão	1,124443	1	1,124443	36,06	5,12	0,8003
	Resíduo	0,280575	9	0,031175			
	Falta de Ajuste	0,230175	7	0,0328			
	Erro Puro	0,0504	2	0,0252			
	Total	1,405018	10				
Cor b*	Regressão	13,91437	1	13,91437	80,89	5,12	0,8998
	Resíduo	1,54803	9	0,1720			
	Falta de Ajuste	1,36796	7	0,1654			
	Erro Puro	0,18007	2	0,090035			
	Total	15,4624	10				
Relação b*/a*	Regressão	0,188569	2	0,0942845	442,65	4,46	0,9910
	Resíduo	0,001704	8	0,000213			
	Falta de Ajuste	0,001504	6	0,00025			
	Erro Puro	0,0002	2	0,0001			
	Total	0,190273	10				

### Cor L

O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor do parâmetro de cor L em função concentração de álcali (C) é obtida da equação:

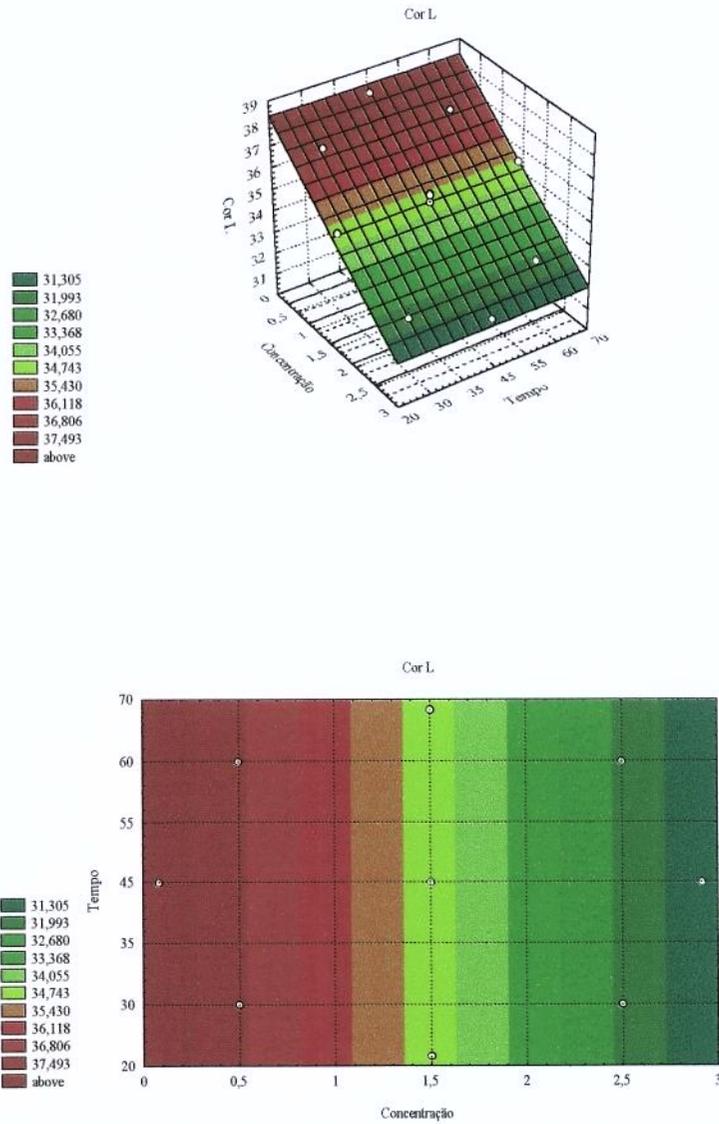
$$\text{Cor L} = 34,39 - 2,52 C$$

Para melhor visualizar o modelo obtido, a Figura 12 apresenta os valores observados nos experimentos versus os valores preditos. Os pontos observados estão, praticamente, sobre a reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação ajustada, confirmando que não existe região onde o modelo da regressão não pode ser aplicado.



**Figura 12.** Valores observados vs. preditos para o parâmetro de cor L.

A Figura 13 ilustra os efeitos das variáveis tempo e concentração de álcali no parâmetro de cor L do produto. De acordo com o gráfico, observa-se que a única variável a exercer efeito foi a concentração de álcali e que o tempo não foi significativo. Observa-se, ainda, que o efeito foi linear e quanto maior a concentração, menor a luminosidade do pó obtida.



**Figura 13.** Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre o parâmetro de cor L dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Quanto ao parâmetro de luminosidade (L), que varia de 0 (preto) até 100 (branco), observa-se que o menor valor encontrado é 30,76 que corresponde ao ensaio n.º 9 (concentração alcalina de 3% e tempo de 45 minutos). Isto indica uma coloração mais escura. Por outro lado, o ensaio n.º 8 (não sofreu a alcalinização) apresenta o maior valor

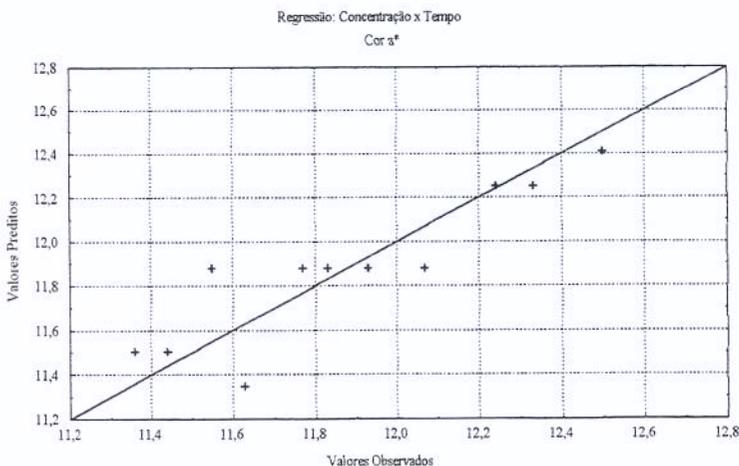
para L, que corresponde a 37,86 e o pó apresenta coloração mais clara. Contudo, os pós obtidos neste estudo possuem coloração marrom.

### Cor a\*

O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor do parâmetro de cor a\* em função da concentração de álcali (C) é dado pela equação:

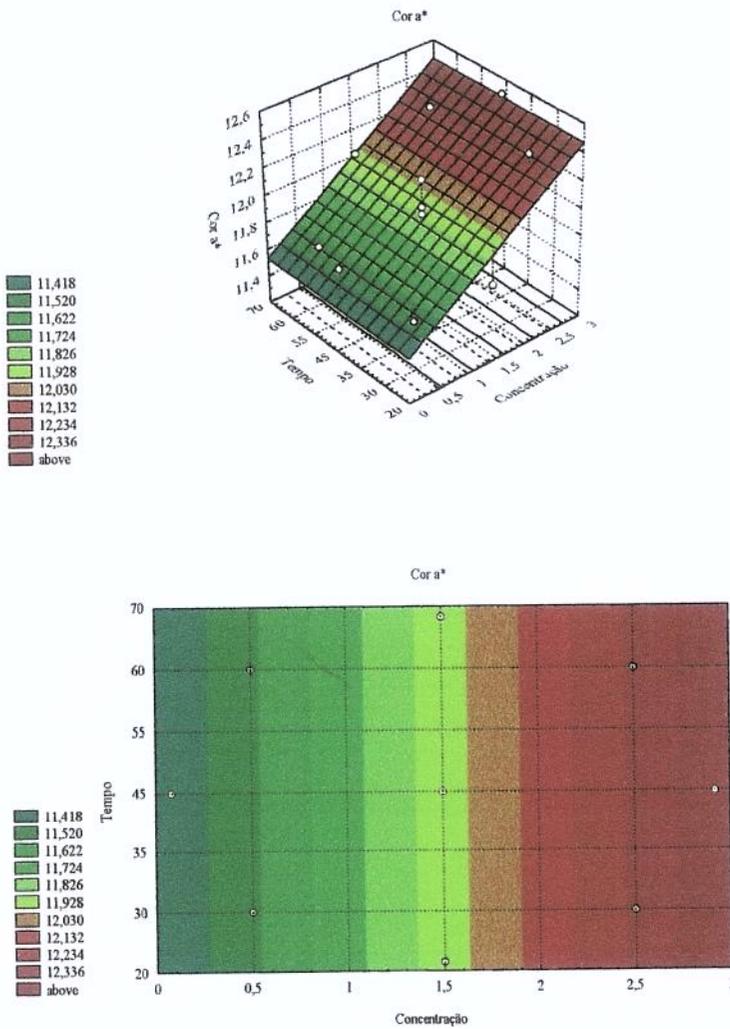
$$\text{Cor } a^* = 11,88 + 0,37 C$$

Para uma melhor visualização do modelo obtido, a Figura 14 apresenta os valores observados versus os valores preditos. A maior parte dos pontos observados se encontram sobre a reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação.



**Figura 14.** Valores observados vs. preditos para o parâmetro de cor a\*.

A Figura 15 mostra que a única variável a exercer efeito, no parâmetro de cor a\*, foi a concentração de álcali linear, sendo que a variável tempo não exerceu influência. Com o auxílio do gráfico, torna-se mais fácil visualizar que o efeito foi positivo, portanto, quanto maior a concentração, maior a intensidade da cor vermelha do pó de cupuaçu alcalinizado.



**Figura 15.** Efeito das variáveis tempo e concentração de álcali sobre o parâmetro de cor  $a^*$  dos pós de cupuacu alcalinizados.

Analisando o parâmetro de intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ), pode-se observar que o menor valor encontrado é 11,36, correspondente ao ensaio n.º 1 (concentração alcalina de 0,45% e tempo de 27,5 minutos) que não diferiu do ensaio n.º 8 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 45 minutos). Por outro lado, o ensaio n.º 9 (concentração alcalina de 3% e

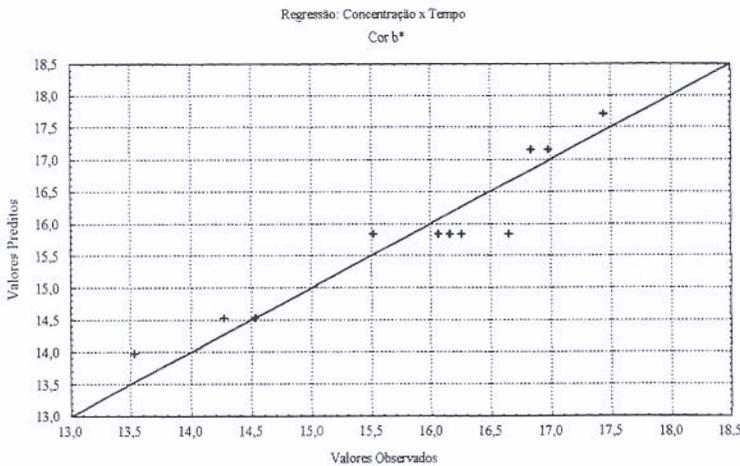
tempo de 45 minutos) apresentou o maior valor para  $a^*$ , que corresponde a 12,50, caracterizando o pó como o que apresenta coloração mais avermelhada.

### Cor $b^*$

O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor do parâmetro de cor  $b^*$  em função da concentração de álcali (C) pode ser visto através da equação:

$$\text{Cor } b^* = 13,91 - 1,32 C$$

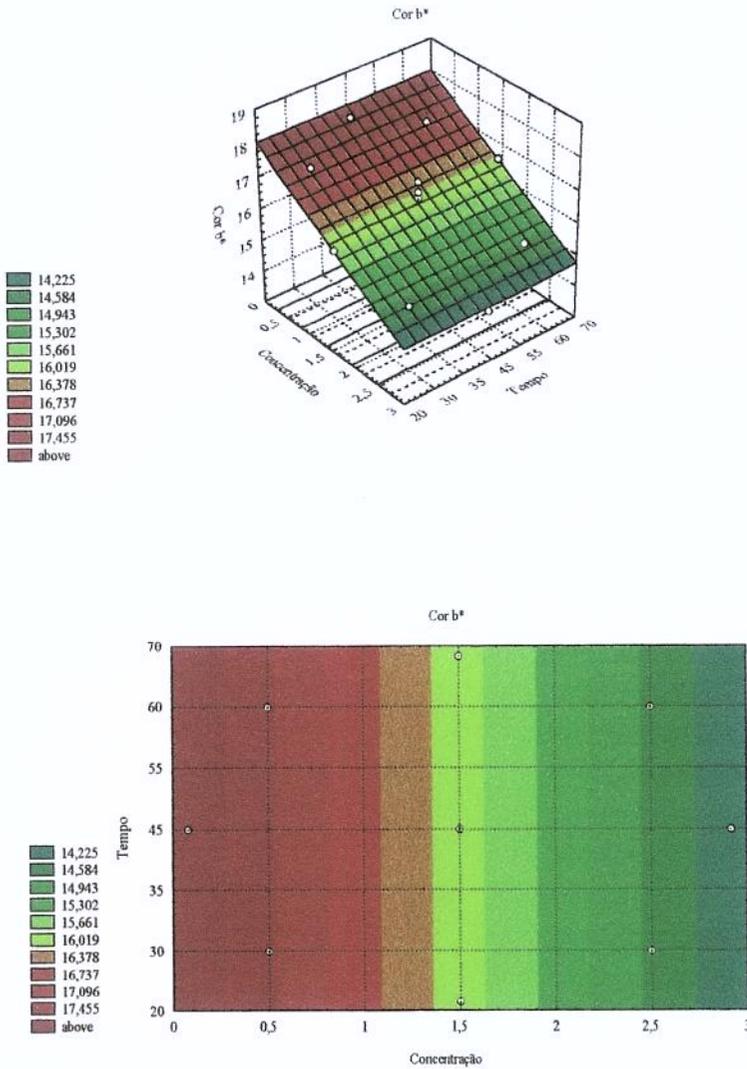
Os valores observados nos experimentos versus os valores preditos podem ser observados na Figura 16. Os pontos observados encontram-se próximos à reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação ajustada.



**Figura 16.** Valores observados vs. preditos para o parâmetro de cor  $b^*$ .

A Figura 17 fornece os efeitos das variáveis tempo e concentração de álcali no parâmetro de cor  $b^*$  do produto. Segundo o gráfico, a única variável a exercer efeito foi a

concentração de álcali linear. O tempo não exerceu influência, nas condições avaliadas. Observa-se, ainda, que quanto maior a concentração, menor a intensidade da cor amarela do produto, indicando o efeito negativo desta variável.



**Figura 17.** Efeito das variáveis tempo e concentração de álcali sobre o parâmetro de cor  $b^*$  dos pós de cupuaçu alcalinizados.

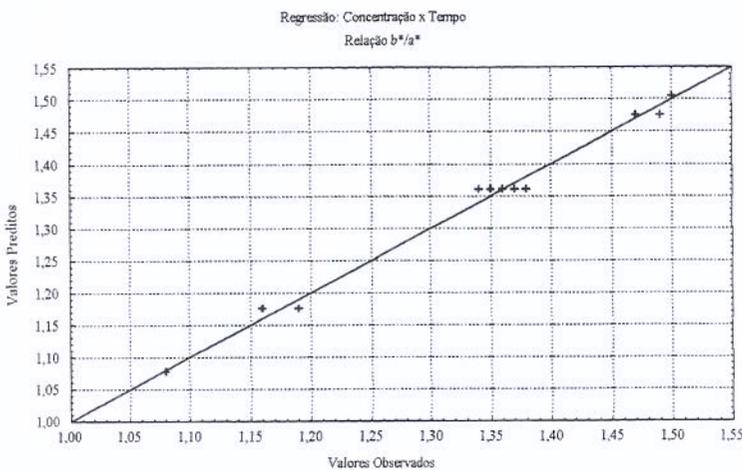
Quanto ao parâmetro de intensidade da cor amarela ( $b^*$ ), observa-se que o menor valor encontrado é 13,53 que corresponde ao ensaio n.º 9 (concentração alcalina de 3% e tempo de 45 minutos). Por outro lado, o ensaio n.º 8, que não sofreu processo de alcalinização, apresenta o maior valor para  $b^*$ , que corresponde a 17,44, caracterizando o pó com uma coloração mais amarelada.

### Relação $b^*/a^*$

O modelo final obtido pela regressão e que correlaciona o valor da relação  $b^*/a^*$  em função da concentração de álcali (C) é:

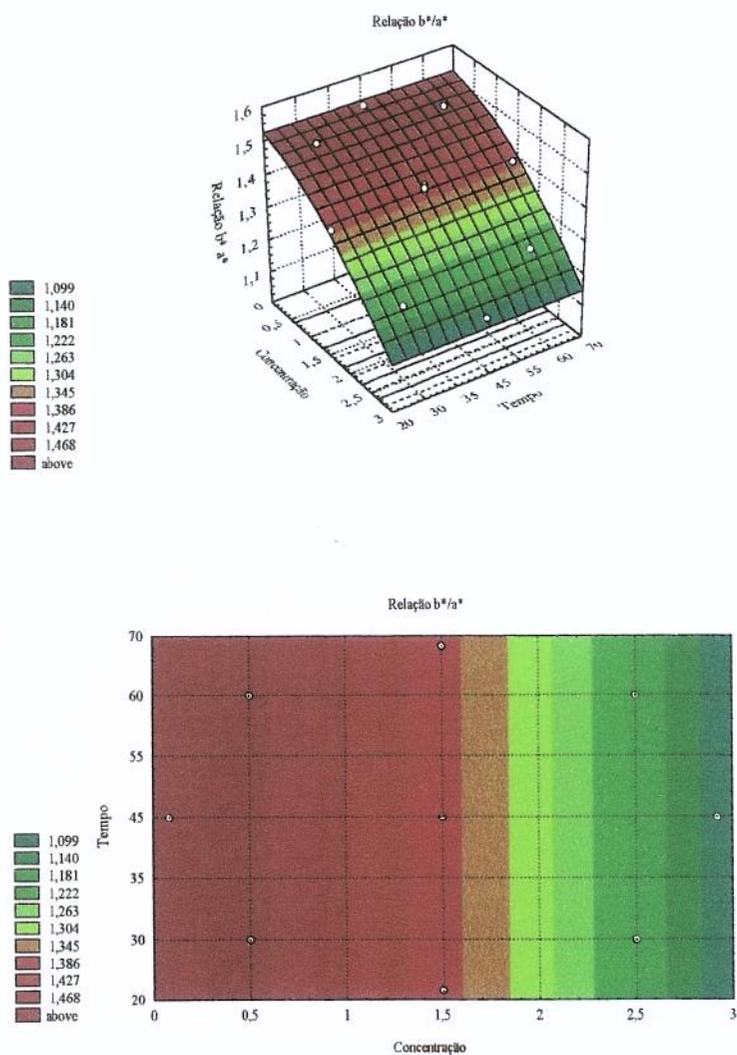
$$\text{Relação } b^*/a^* = 1,36 - 0,15 C - 0,034 C^2$$

A Figura 18 apresenta os valores observados nos experimentos versus os valores preditos. Os pontos observados encontram-se, praticamente, sobre a reta da função, o que indica um bom poder preditivo da equação ajustada, confirmando que não existe região onde o modelo da regressão não pode ser aplicado.



**Figura 18.** Valores observados vs. preditos para a relação  $b^*/a^*$ .

A Figura 19 ilustra os efeitos das variáveis tempo e concentração de álcali na relação  $b^*/a^*$ . De acordo com o gráfico, observa-se que a única variável a exercer efeito foi a concentração de álcali e que o tempo não exerceu influência.



**Figura 19.** Efeito das variáveis independentes tempo e concentração de álcali sobre a relação  $b^*/a^*$  dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Apesar de ambos os efeitos, linear e quadrático da concentração de álcali, serem significativos, observa-se que o efeito de maior impacto foi o linear. A variável quadrática, neste estudo, é mais significativa em baixas concentrações. Com isto, percebe-se que quanto maior a concentração, menor a relação  $b^*/a^*$  do produto.

A relação  $b^*/a^*$  é utilizada para caracterizar o grau de alcalinização e a cor do pó alcalinizado. Quando seu valor é maior que 0,7, a tonalidade é marrom alaranjada. Valores menores que 0,6 apresentam coloração mais avermelhada (Terink, 1984; citado por Bispo, 1999).

Pode-se observar que o menor valor encontrado é 1,08, correspondente ao ensaio n.º 9 (concentração alcalina de 3% e tempo de 45 minutos). Por outro lado, o ensaio n.º 8, que não foi submetido ao processo de alcalinização, apresenta o maior valor para este parâmetro, que corresponde a 1,50. Neste caso, pode-se perceber que o pó de cupuaçu apresenta coloração mais alaranjada, pois os valores encontrados são superiores a 1,0.

Neste estudo, a cor tornou-se mais escura e avermelhada. A única variável independente a exercer efeito foi a concentração de álcali.

Martin (1987) reporta que a reação de Maillard está presente no processo de alcalinização. Neste caso, o grupo amino ( $-NH_2$ ) das proteínas reage com os grupo carbonila ( $-CHO$ ) ou cetônico ( $-CO-$ ) dos carboidratos redutores mesmo quando a temperatura é relativamente baixa, em virtude da elevada energia de ativação deste tipo de reação. Esta reação é altamente dependente da temperatura, do pH e da atividade de água do sistema ( $a_w$ ) (Sgarbieri, 1996). A velocidade da reação cresce linearmente com o aumento da temperatura e do pH. A velocidade é lenta a baixas temperaturas e praticamente duplica a cada aumento de  $10^\circ C$  entre  $40^\circ C$  e  $70^\circ C$ . Em pH próximo da neutralidade, 6 e 7, a velocidade da reação é máxima. Em pH ácido, a reação entre os grupos  $-NH_2$  do aminoácido e carbonila do açúcar são fortemente retardadas. Em meio alcalino há rápida degradação dos carboidratos independente da presença de aminoácidos, o que torna

impróprio considerar que neste caso o escurecimento seja devido somente à reação de Maillard (Bobbio & Bobbio, 1995). O resultado final é a formação de compostos com coloração mais escura (Sgarbieri, 1996).

Neste estudo, apesar do alto teor de umidade, pode-se dizer que as condições dos outros parâmetros importantes são satisfatórias para que ocorra a reação de Maillard, pois a temperatura é de 60°C e a faixa do valor do pH, para a maioria dos ensaios, está entre 6 e 7.

Este fato pode ser observado quando comparamos os resultados obtidos para a análise do parâmetro L da cor (Tabela 21). O ensaio n.º8, que não sofreu o processo de alcalinização, possui o maior valor (37,86), caracterizando o pó como o mais claro. O aumento da concentração alcalina acarretou o aumento do pH e, também, o escurecimento do pó. Os ensaios n.º 5, 6 e 7 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 45 minutos), ensaios n.º10 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 20 minutos) e o n.º 11 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 70 minutos) apresentaram pH ao redor de 6,7 e 6,9, próximos da neutralidade. Também apresentaram o escurecimento da cor, indicando a possível ocorrência da reação de Maillard. O ensaios n.º 9 (concentração alcalina de 3% e tempo de 45 minutos) apresentou a coloração mais escura (30,76) e o maior pH do estudo (8,15), indicando que em pH básico também é possível observar o escurecimento da cor porém, outros fatores além da reação de Maillard podem ter contribuído para este resultado, como por exemplo a condensação de quinonas.

Por outro lado, Beckett (1994) relata que a formação e intensificação da cor é baseada nos polihidroxifenóis que durante a alcalinização sofrem oxidação, originando as quinonas que se polimerizam e reagem com outros constituintes produzindo compostos de cor marrom. Segundo Fincke (1965) citado por Lajus (1982), as quinonas podem sofrer condensação originando produtos de cor marrom, que apresentam alto peso molecular, características de adstringência e baixa solubilidade. A diversidade e a intensidade da cor irão variar de acordo com as condições de processo utilizadas.

### 7.2.1.8. Sedimentação e Densidade Aparente Acomodada

As médias dos resultados encontrados para sedimentação e densidade aparente acomodada são apresentados na Tabela 30.

**Tabela 30.** Valores médios de sedimentação e densidade aparente acomodada dos pós de cupuaçu alcalinizados.

Ensaio	Sedimentação (ml/500ml)	Densidade Aparente Acomodada (g/cm <sup>3</sup> )
1	3,22 ± 0,10 <sub>B</sub>	0,545 ± 0,002 <sub>D</sub>
2	3,30 ± 0,00 <sub>B</sub>	0,568 ± 0,002 <sub>C</sub>
3	2,70 ± 0,10 <sub>CD</sub>	0,530 ± 0,001 <sub>DE</sub>
4	3,30 ± 0,10 <sub>B</sub>	0,520 ± 0,010 <sub>EF</sub>
5	3,17 ± 0,06 <sub>B</sub>	0,601 ± 0,005 <sub>A</sub>
6	3,30 ± 0,10 <sub>B</sub>	0,592 ± 0,003 <sub>AB</sub>
7	3,45 ± 0,05 <sub>B</sub>	0,580 ± 0,004 <sub>BC</sub>
8	6,94 ± 0,06 <sub>A</sub>	0,539 ± 0,010 <sub>D</sub>
9	2,80 ± 0,00 <sub>C</sub>	0,539 ± 0,003 <sub>D</sub>
10	2,85 ± 0,05 <sub>C</sub>	0,512 ± 0,007 <sub>F</sub>
11	2,50 ± 0,10 <sub>D</sub>	0,521 ± 0,000 <sub>EF</sub>

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

#### Sedimentação

Observa-se, com o auxílio da Tabela 30, que o ensaio n.º8 (que não sofreu o processo de alcalinização) apresentou o maior valor de sedimentação, com 6,94ml de pó de cupuaçu sedimentado em 500ml de água destilada a 82°C transcorrido o tempo de 5 minutos de repouso. Este resultado é estatisticamente diferente, ao nível de 5% de probabilidade, dos demais ensaios, sendo eles menores e mais próximos entre si. Nota-se que não houve diferença estatística entre os ensaios n.º 1 (concentração alcalina de 0,45% e

tempo de 27,5 minutos), n.º 2 e 4 (concentração alcalina de 2,55% e tempo de 27,5 minutos e 62,5 minutos, respectivamente), n.º 5, 6 e 7 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 45 minutos) cujos volumes observados encontram-se entre 3,17ml/500ml (ensaio n.º5) e 3,45ml/500ml (ensaio n.º7). Para os ensaios n.º 3 (concentração alcalina de 0,45% e tempo de 62,5 minutos), n.º 9 (concentração alcalina de 3% e tempo de 45 minutos), n.º 10 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 20 minutos) e n.º 11 (concentração alcalina de 1,5% e tempo de 70 minutos), os resultados encontram-se entre 2,50ml/500ml (ensaio n.º11) e 2,85ml/500ml (ensaio n.º10).

Apesar da considerável queda da sedimentação do pó que sofreu o processo de alcalinização em relação ao que não sofreu (ensaio n.º8), eles ainda não apresentam índice de sedimentação  $\leq 0,25\text{ml}$  e, portanto, ainda não se encontram adequados para o uso em bebidas, segundo Minifie (1989). O mesmo autor afirma que esta metodologia é bastante empírica e não apresenta nenhum resultado com relação ao tamanho da partícula.

### **Densidade Aparente Acomodada**

Quando um sistema que contém pó seco é submetido a agitação com a finalidade de compactar o seu conteúdo, ocorrerá a diminuição do volume e da porosidade (fração de volume total que está ocupada pelo ar e que é afetada por fatores como a geometria e o tamanho das partículas e, também, com as propriedades de superfície do produto), até que o sistema alcance um equilíbrio. Nestas condições, a densidade do produto é conhecida como densidade aparente, parâmetro bastante útil na especificação de embalagens, transporte e armazenamento. (Lewis, 1993; citado por Miranda, 1998).

Na Tabela 30, apesar dos ensaios apresentarem diferenças estatísticas entre si, pode-se perceber que não há grande diferença entre os resultados apresentados pela maioria das amostras, sendo eles muito próximos. Fato semelhante ocorreu com os resultados obtidos por Bispo (1999), no estudo do processo de alcalinização dos “nibs” de cacau.

Provavelmente, esta pequena diferença nos resultados pode estar relacionada com a geometria e o tamanho das partículas do pó de cupuaçu, muito similares entre si.

#### 7.2.1.9. Distribuição do Tamanho de Partículas

Na Tabela 31 encontram-se os tamanhos médios e a distribuição dos tamanhos de partículas, expressos em porcentagem acumulada (Q) menores que 95%, 90%, 80%, 50% e 10%, para cada ensaio. Estes resultados foram obtidos a partir dos gráficos de distribuição acumulada gerado pelo equipamento Lumosed, que se encontram no Anexo 3.

**Tabela 31.** Tamanho médio das partículas e intervalos da curva de distribuição do tamanho das partículas dos pós alcalinizados de cupuaçu.

ENSAIO	Média ( $\mu\text{m}$ )	Q				
		95%	90%	80%	50%	10%
1	29,0	57,2	52,5	45,2	29,5	5,4
2	26,9	50,9	47,0	42,1	27,1	6,7
3	27,3	53,7	48,1	42,3	27,5	2,5
4	27,7	55,4	50,0	41,8	28,4	5,5
5	23,0	44,2	40,6	35,6	25,2	2,4
6	20,5	46,0	41,7	34,7	19,4	2,0
7	28,9	55,8	51,3	44,7	30,3	2,0
8	23,5	47,4	43,5	36,9	25,2	2,1
9	27,5	55,2	50,4	42,8	27,2	4,5
10	24,5	46,3	43,1	38,0	26,1	2,1
11	25,7	51,8	46,8	40,8	26,1	3,3

Segundo Minifie (1989), a análise da distribuição do tamanho de partículas é importante na avaliação da fluência dos pós quando usados em produção de bebidas, sorvetes, coberturas e outros produtos. Por outro lado, indica a eficiência da etapa de

moagem, que deve fornecer tamanhos de partículas entre 10 e 50 microns ( $\mu\text{m}$ ) para o liquor.

O principal efeito acarretado pela alteração do tamanho da partícula é o da propriedade sensorial da textura. Os botões degustativos e as terminações nervosas do ser humano não distinguem diferenças nos tamanhos menores que  $10\mu\text{m}$ , que passam a ser percebidas quando o tamanho da partícula atinge  $20\mu\text{m}$ . Até esta faixa, a aspereza não é notada e o produto exibe características de maciez e ausência de arenosidade. Com o aumento do tamanho das partículas, a aspereza passa a ser identificada e o produto adquire textura arenosa (Urbanski, 1992).

Segundo Urbanski (1992), a percepção das características sensoriais sobre o sabor também sofre influência do tamanho das partículas do sistema. Quando a partícula é bem fina, torna-se mais difícil para as terminações nervosas distinguir e separar as várias sensações de sabor presentes no produto.

Por outro lado, após o processo de alcalinização e secagem do produto obtido, as partículas estão fortemente aglomeradas pela ação de polissacarídeos como amido e pectina, o que dificulta a obtenção de partículas muito finas. Segundo Kattenberg (1995), seria necessário utilizar um sistema de moagem diferente do convencional.

Os resultados obtidos para os pós de cupuaçu alcalinizados (média de  $25,8\mu\text{m}$ ,  $Q=95\% \leq 51,3$ ,  $Q=90\% \leq 46,8$ ,  $Q=80\% \leq 40,5$ ,  $Q=50\% \leq 26,5\%$  e  $Q=10\% \leq 3,5\%$ ), apesar de apresentarem tamanhos de partículas um pouco mais elevados, são semelhantes aos valores encontrados para os pós de cacau comercial analisados por BISPO (1999), que apresentaram média de  $21,2\mu\text{m}$ ,  $Q=95\% \leq 44,7$ ,  $Q=90\% \leq 41,1$ ,  $Q=80\% \leq 36,2$  e  $Q=50\% \leq 18,30\%$ . Pode-se concluir, então, que o processo de moagem empregado apresentou uma distribuição satisfatória do tamanho das partículas.

## 7.2.2. Análise Sensorial

### 7.2.2.1. Teste de Aceitação

As bebidas formuladas a base de pós de cupuaçu alcalinizados, provenientes dos ensaios n.º 1 (concentração de álcali igual a 0,45% e tempo de 27,5 minutos), n.º 2 (concentração de álcali igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos), n.º 6 (concentração de álcali igual a 1,5% e tempo de 45 minutos), n.º 8 (não alcalinizado) e n.º 10 (concentração de álcali igual a 1,5% e tempo de 20 minutos) foram submetidas ao teste de aceitação com uma equipe de 30 provadores não treinados, como descrito no item 7.2.2. Os resultados obtidos estão na Tabela 32.

**Tabela 32.** Resultados obtidos na análise sensorial.

Ensaio	Cor	Aroma	Sabor	Impressão global	Intenção de compra
1	6,80 <sub>A</sub>	6,41 <sub>A</sub>	7,08 <sub>A</sub>	7,04 <sub>A</sub>	4,03 <sub>A</sub>
2	6,65 <sub>A</sub>	5,72 <sub>A</sub>	6,30 <sub>A</sub>	6,27 <sub>A</sub>	3,53 <sub>A</sub>
6	6,78 <sub>A</sub>	5,46 <sub>A</sub>	6,50 <sub>A</sub>	6,56 <sub>A</sub>	3,53 <sub>A</sub>
8	6,56 <sub>A</sub>	6,55 <sub>A</sub>	6,57 <sub>A</sub>	6,80 <sub>A</sub>	3,53 <sub>A</sub>
10	6,24 <sub>A</sub>	5,60 <sub>A</sub>	6,70 <sub>A</sub>	6,66 <sub>A</sub>	3,87 <sub>A</sub>

Valores médios com subscritos diferentes indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), segundo o Teste de Tukey.

A análise dos dados mostra que não há diferença estatística entre os ensaios, para todos os atributos avaliados e também para a intenção de compra.

De um modo geral, os produtos obtiveram boa aceitação, alcançando notas entre 6 e 7, escala que se encontra entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente.

## Cor

Com relação a cor, o ensaio n.º 1 (concentração alcalina igual a 0,45% e tempo de 27,5 minutos) apresentou a maior nota correspondente a 6,80, seguido pelo ensaio n.º 6 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 45 minutos) com 6,78. Por outro lado, o ensaio n.º 10 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 20 minutos) alcançou a menor nota, 6,24. A cor foi considerada clara para todas as amostras avaliadas. Porém, esta característica foi mais observada na amostra n.º 1, através dos comentários de 15% dos provadores contra 11% alcançado para a amostra n.º 10. Apesar de não possuir a maior nota e ocupar o 3º lugar na preferência dos provadores, a cor da amostra n.º 2 (concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos) foi caracterizada como a de tonalidade marrom mais escura e, também, avermelhada. Estas características não foram observadas nas demais amostras.

Este dado reforça o resultado obtido para a análise do parâmetro de cor  $a^*$ . Para este atributo, a única variável a exercer efeito é a concentração de álcali utilizada no processo, sendo que quanto maior a concentração, mais escuro e avermelhado será o pó obtido. Dentre as amostras que participaram da análise sensorial, a n.º 2 foi obtida utilizando-se a maior concentração alcalina.

## Aroma

O aroma foi o atributo que adquiriu as menores notas, sendo caracterizado como fraco. Foi a característica menos apreciada pelos provadores, para todas as amostras avaliadas. Porém, o ensaio n.º 8, não submetido ao processo de alcalinização, apresentou a maior nota para este atributo (6,55), seguido pelos ensaios n.º 1 (concentração alcalina igual a 0,45% e tempo de 27,5 minutos) e n.º 2 (concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos). O ensaio n.º 6 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 45 minutos), cuja nota equivale a 5,46, foi o menos apreciado.

## Sabor

Quanto ao sabor, a amostra n.º 1 (concentração alcalina igual a 0,45% e tempo de 27,5 minutos) apresentou a maior nota (7,08), sendo moderadamente apreciada. As amostras provenientes dos ensaios n.º 10 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 20 minutos) e n.º 8 (não alcalinizado) ocuparam o 2º e 3º lugar na preferência do consumidor, respectivamente. A amostra n.º 2 (concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos) adquiriu a menor nota (6,30), sendo caracterizado como amarga.

Em todas as amostras, o sabor de chocolate foi percebido pelos provadores. Porém, as amostras n.º 2 (concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos), n.º 6 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 45 minutos) e n.º 8 (não alcalinizada) apresentaram sabor de amêndoas. As amostras n.º 6 e 10 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 20 minutos) tiveram seu sabor caracterizado com notas de caramelo, nozes, sabor frutal e característico de cupuaçu. O sabor de mel foi percebido na amostra n.º 6. Estas características, possivelmente desenvolvidas durante o processo de torração, tornaram-se mais evidentes nas amostras n.º 6 e 10, que sofreram processos de alcalinização com concentração intermediária de álcali (1,5%). Segundo o resultado obtido para o teor de fenóis totais, quanto maior a concentração alcalina utilizada no processo de alcalinização, menor o teor destes compostos responsáveis pela adstringência do produto. E, com a queda da adstringência, torna-se mais fácil a identificação de outras características de sabor.

A adstringência foi notada com maior intensidade na amostra n.º 8, que não sofreu o processo de alcalinização, e com menor intensidade na amostra n.º 10 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 20 minutos). O sabor amargo também foi citado pelos provadores, em todas as amostras, sendo mais intenso na amostra n.º 1 (concentração alcalina igual a 0,45% e tempo de 27,5 minutos) e menos na amostra n.º 6 (concentração alcalina igual a 1,5% e tempo de 45 minutos). O sabor residual foi percebido nas amostras n.º 2 (concentração alcalina igual a 2,55% e tempo de 27,5 minutos), 6 e 8. Amostras n.º 6 e 8 foram caracterizadas como de sabor artificiais, sendo que a primeira apresentou nota

---

metálica. Este resultado pode ter ocorrido pela presença de álcali na amostra. As amostras n.º 1, 6, 8 e 10 apresentaram notas de sabor torrado.

### **Aparência global**

Características de viscosidade e sedimentação foram citadas para todas as amostras, com relação à aparência global. A primeira delas está relacionada com a textura das amostras e foi mais apreciada na amostra n.º 1 (concentração alcalina igual a 0,45% e tempo de 27,5 minutos). Por outro lado, os provadores relacionaram a sedimentação como uma característica negativa, sendo observada com maior intensidade na amostra n.º 8, que não foi submetida ao processo de alcalinização. Este dado também vem confirmar o resultado obtido na análise de sedimentação dos pós alcalinizados.

---

## 8. CONCLUSÃO

- Segundo a Resolução n.º42 do CONCEX com algumas modificações para o cupuaçu, as amêndoas utilizadas neste estudo foram classificadas como do Tipo I, indicando que a fermentação foi bem conduzida, originando amêndoas de qualidade industrial e próprias para a pesquisa.
- O processo de torração a 150°C por 40 minutos mostrou-se suficiente para o desenvolvimento de sabor de análogo ao chocolate, segundo os resultados obtidos no teste sensorial de ordenação-preferência.
- O processo utilizado de quebra das amêndoas e separação dos componentes (cotilédones, testa e gérmen), mostrou um rendimento de 76,93% em relação à massa total de cotilédones. Os *nibs* obtidos apresentaram um teor de casca de 1,7% e isentos de gérmen.
- O processo de extração da manteiga de cupuaçu utilizado, com o aumento gradual da força até 50 ton. em um período de tempo de 50 minutos, mostrou uma redução de 45,32% e a torta obtida apresentou teor de 31,28%, em base seca.
- No processo de alcalinização, a faixa de pH compreendida entre 6,8 e 7,2 pode ser obtida com concentrações de álcali entre 1,2 e 2,1%. O tempo exerceu pouca influência nesta resposta, porém notou-se maiores alterações do pH até, aproximadamente, 45 minutos de processo.
- Os teores de cinzas obtidos nas condições estudadas do processo de alcalinização, encontraram-se dentro do padrão determinado pela legislação, ou seja, não mais do que 14% (CODEX ALIMENTARUS, 1994).

- No caso dos teores de proteínas e compostos fenólicos, ambos foram influenciados pela concentração alcalina e pelo tempo de processo, sendo a 1ª variável a que provocou o maior efeito nos resultados obtidos. O aumento do álcali acarreta queda dos teores de proteínas e fenóis totais. Estas alterações são mais rápidas e intensas até, aproximadamente, 50 minutos de processo.
- Após o processo de alcalinização, observou-se o aumento da solubilidade o qual pode ter sido ocasionado pelas rupturas celulares compostas de proteínas, pectinas, celulose e hemicelulose. Este fato carreta a redução nas diferenças de densidade entre as partículas do cupuaçu e do solvente, o que contribui também para o aumento da dispersibilidade.
- Os parâmetros de cor foram influenciados pela concentração alcalina e não pelo tempo. Os parâmetros L (luminosidade), b\* (intensidade de amarelo) e a relação b\*/a\* mostraram queda de seus valores, enquanto o parâmetro a\* (intensidade de vermelho) teve um aumento dos seus valores com o incremento da concentração alcalina. A coloração dos pós de cupuaçu alcalinizados tornou-se mais escura e avermelhada com o aumento da concentração.
- A alcalinização reduz consideravelmente o índice de sedimentação, que passou de 6,90ml, para o pó que não sofreu alcalinização, para 2,50ml no pó alcalinizado, em 500ml de água.
- Os resultados da densidade aparente acomodada mostraram-se muito próximos entre si e estão relacionados com o tamanho e a geometria do pó, influenciados pelo processo de refino. Por outro lado, a distribuição do tamanho das partículas mostrou que o processo de refino foi uniforme e que a granulometria dos pós provenientes dos diferentes ensaios é bem similar.

- 
- De acordo com os resultados obtidos através da análise sensorial, os pós de cupuaçu foram caracterizados como de coloração clara. Porém, o pó proveniente do ensaio n.º 2, com concentração alcalina de 2,55% e tempo de 27,5 minutos de processo, apresentou coloração mais escura e avermelhada, segundo os provadores.
  - O aroma das amostras foi caracterizado como fraco. Este atributo é bastante difícil de ser avaliado, contudo isto pode ter sido devido a uma concentração insuficiente de pó de cupuaçu na formulação.
  - As concentrações intermediárias de álcali utilizadas no processo (1,5%), mostraram uma redução da adstringência e do amargor, permitindo a percepção de características de sabor desenvolvidas durante a torração.
  - O ensaio n.º2, que utilizou a concentração de álcali igual a 2,55%, apresentou sabor amargo mais acentuado em relação às outras amostras inclusive da amostra sem tratamento alcalino.
  - Para que alcançar a faixa de valores de pH compreendida entre 6,8 e 7,2 e boas características sensoriais, são necessários concentrações do álcali ao redor de 1,2 a 2,1% e tempos de 40 a 50 minutos.
  - De um modo geral, tempos acima de 50min pouco influenciaram as reações estudadas, sendo a concentração do álcali a variável de maior impacto no processo de alcalinização do pó de cupuaçu, nas condições estudadas.

---

## 9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Methods for Analysis of Musts and Wines**. 2º ed. New York. Vydewiley E. Sons. Inc. s.d. 337p.
2. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: edited Ig W. Horwitz 13ª ed. Washington, 850p., 1984.
3. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: edited Ig W. Horwitz 16ª ed. Washington, 850p., 1997. v. 2.
4. ARAGÃO, C.G. **Mudanças físicas e químicas da semente do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) durante o processo fermentativo**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas, 1992. 115p. Dissertação (Mestrado)
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. **Compêndio da legislação de alimentos: consolidação das normas e padrões para alimentos**. São Paulo: ABIA, 1999.
6. BECKETT, S.T. **Industrial chocolate manufacture and use**. Edited by S. T. Beckett, 2.ed. Imp. London: Blackei Academic, 1994; 408 p.
7. BERBERT, P.R.F. determinação do teor, ácidos graxos e características físicas das gorduras das sementes do *Theobroma grandiflora* L. e do *Theobroma bicolor* L. e comparação com a gordura do *Theobroma cacao* L. **Revista Theobroma**, 11(2) 91-98, 1981.

- 
8. BISPO, E.S. **Processo de alcalinização dos “nibs” do cacau (*Theobroma cacao L.*) e avaliação da qualidade do pó.** Campinas: UNICAMP, 1999. 206p. (Dissertação - Doutorado em Tecnologia de Alimentos).
9. BOBBIO, F.O. & BOBBIO, P.A. **Química do processamento de alimentos.** 2º ed., São Paulo : Livraria Varela, 1995, 151p.
10. CALZAVARA, B.B.G. Fruteiras: abieiro, abucozeiro, bacurizeiro, biribazeiro e cupuaçuzeiro. IPEAN. **Série culturas da Amazônia**, Belém, 1(2): 45-84, 1970.
11. CALZAVARA, B.B.G. ; MULLER, C. H. ; KAHWAGW, O. N.C. **Fruticultura Tropical: o cupuaçuzeiro, cultivo, beneficiamento e utilização do fruto.** EMBRAPA/CPATU. Belém, PA. 1984.
12. CHAAR, M.J. **A composição do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) e conservação de seu néctar por meios físicos e químicos.** Rio de Janeiro: URRJ, 1980. 87p. (Dissertação).
13. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, Joint FAO/WHO Food Standards Programme; **Codex Standards for Cocoa Products and Chocolate VII**, 1º ed., v. 11, 1994.
14. CONCEX - Conselho Nacional do Comércio Exterior (BRASIL). Resolução nº 42, Rio de Janeiro. 1968. 9p.
15. COOK, R.L. **Chocolate production and use.** 1ª ed. New York. Books for Industry, Inc., 1972. 503 p.

16. COUTINHO, R.B.S.; Industrialização das sementes de cupuaçu. **Revista de Farmácia Bioquímica da Amazônia**. Manaus-AM, 2(4): 7-10, 1969.
17. CUATRECASAS, J. Cocoa and its allies a taxonomic revision of the Genes *Theobroma*. *Bulletim of the United States National Museum*, Washington, v. 35, part 6, 613p., 1964.
18. EGGEN, B. I.; Societe D'Assistance Technique pour Produits Nestle S.A. ; Int. Cl. A23G 1/02 n. 1980000142123. Aug. 10, 1982.
19. ELLIS, D.L.; Consolidated Flavor Corporation. Int. Cl. A23G 1/00 n. 1990000616376. May 23, 1992.
20. FERNADÉZ BARBERY, S.D. **Estudo do melhoramento do sabor do cacau (*Theobroma cacao* L.) utilizando polifenoloxidase extraída da pinha (*Annona squamosa* L.) e tratamento térmico não convencional**. Campinas: UNICAMP, 1999, 76p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
21. FINCKE, H. *Handbuch der Kakauerzeugnisse*. 2<sup>a</sup> ed. Berlin Springer Verlag, 1965. 579 p.
22. FORSYTH, W.G.C.; QUESNEL, V.C.; ROBERTS, J.B. The interaction of poliphenols and proteins during cacao curing. **J. Sci. Food. Agric.** (9): 181-184, 1958.
23. GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. Forage fibre analysis. *Agri-handbook*: Agriculture Research Service, U. S. Dept. Agriculture, p.375, 1970.

- 
- 24.HANEY, E. J.; Frictional Forces in Preparing Dutched Cocoa. Societe D'Assistance Technique pour Produits Nestle S.A . A23G 1/00 n. 1972000308899. August 28, 1973.
- 25.KATTENBERG, R.H. The application of cocoa powder in chocolate confectionery. **The Manufacturing Confectioner**, 3:73-83, 1995.
- 26.KLEINERT, J. Cleaning, roasting and winnowing. In: BECKETT, S.T. **Industrial Chocolate Manufacture and Use**. Blackie A & P., 1998.
- 27.KOSTIC, J.M. Cocoa alkalization. **The Manufacturing Confectioner**, 6:128-130, 1997.
- 28.KRAMER, A. ;TWIGG, B. A. A quality control for the food industry. Westport, AV, 550 P. 1970.
- 29.LAJUS, B. **Estudo de alguns aspectos da tecnologia do cacau**. São Paulo: USP, 1982. 81p. Dissertação (Mestrado Faculdade de Ciências Farmacêuticas).
- 30.LIMA, H.C.; MIRANDA, R.M.; DELLA MODESTA, R.C. Estudo para a melhoria tecnológica do Cupulate em pó in: I Encontro Norte/Nordeste da SBCTA, 1995.
- 31.LOPES, A. S. **Estudo químico e nutricional de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* S.) em função do processamento**. Campinas: UNICAMP, 2000. 112p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos).

32. MARTIN, J.R. Chocolate. In: CHICHESTER, C.O.; MRAK, E.M.; SCAWEIGERT, B.S. (eds) **Advances in food research**. San Diego: Academic Press, 1987. v.31, p. 256-249.
33. MATTIETTO, R. A . **Estudo comparativo das transformações estruturais e físico-químicas durante o processo fermentativo de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* S.)**. Campinas: UNICAMP, 2001. 164p. Dissertação (Mestrado em tecnologia de Alimentos).
34. MEURSING, E.H.; **Cocoa products for industrial processing**. 3ed. Ver. Koogaam de zaan, cacaofabriek de Zaan B. V. 126p. 1983.
35. MINIFIE, B.W. **Chocolate, cocoa and confectionery science and technology**. 3.ed. New York, Na AVI Book published by Van Nostrand Reinhold, 1989. 904p.
36. MIRANDA, Z., M. **Efeito do tempo de germinação de trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional da farinha integral**. Campinas: UNICAMP, 1998, 216 p. Dissertação (Doutorado).
37. NAZARÉ, R.F.R. Processos agroindustriais para o desenvolvimento de produtos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) in: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-reino, 1, Belém, 1997.
38. OLIVEIRA, M.L.S. **Contribuição do aproveitamento industrial do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Fortaleza, 1981, 72 p. Tese (Mestrado). UFC.
39. PEZOA, G.N.H. **Contribution a l'étude d'un capteur por controler en continule procede de torrèfaction**. Paris, 1989, 170p. These (Docteur) Université de Technologie de Compiègne, France.

40. PRICE, M.; BUTLER, L. G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. **J. Agric. Food. Chem.**, 25 (6), 1268-1273, 1977.
41. QUEIROZ, M.B. **Estudo dos parâmetros de torração de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Campinas: UNICAMP, 1999. 104P. (Dissertação – Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
42. SCHENKEL, H.J. Colour formation in the dutch processing of cocoa. **The Manufacturing Confectioner**, 53 (8): 26-28, 30, 32-33, (10): 44, 1973.
43. SGARBIERI, V., C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo. Livraria Varela, 1996.
44. SHUFEN, L.; BERGER, J.E. & HARTLAND, S. LTV spectrophotometric determination of theobromine and caffeine in cocoa beans. **Anal. Chimi. Acta.** 232: 409-412, 1990.
45. TERINK, L. J.; BRANDON, J. M.; Alkalized cocoa powders and foodstuffs containing such powders. Cacaofabriek de Zaan B. V.; Int. Cl. A23G 1/00; A23G 1/02 n. 1982000358763. March 6, 1984.
46. THOMPSON, D. R. Response surface experimentation. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.6, n.3, p.155-188, 1982.
47. URBANSKI, J.J. Chocolate flavor: origins and descriptions, the effects of process and bean source. **The Manufacturing Confectionery**, 72(11):69-82, 1992.

48. VASCONCELOS, M.A.M. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).** Campinas: UNICAMP, 1999. 114p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
49. VASCONCELOS, M.N.L.; SILVA, M.L.; MAIA, J.G.S.; GOTTLIEB, O. R. Estudo químico das sementes de Cupuaçu. **Acta Amazônica**, 5(3): 293-295, 1975.
50. VENTURIERI, G.A. Cupuassu tree-typical fruit of Amazônia with the prospect for export. *Inf. Soc. Bras. Frutic.* 3(4) 7, 1984.
51. VENTURIERI, G.A.; AGUIAR, J.P.L. Composição do chocolate caseiro de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Acta Amazônica**, Manaus, v.18, n.1/2, p.3-8, 1988.
52. VENTURIERI, G.A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento.** Belém, Clube do Cupu. 1993, 103p.
53. WELCH, C; R. Dutched or Alkalized cocoa nib process. **The Manufacturing Confectionner** (3) p 52-53, 1981.
54. WIAANT, J. M.; LYNCH, R. W.; LE FRENIERE, C. R.; Method for producing deep red and black cocoa. Kraft General Foods Inc., Glenview, III; Int Cl. A23L 1/272; A23L 2/38 n. 1989000452188. April 23, 1991.
55. WISSGOT, U.; Process of alkalization of cocoa in aqueous phase Nestle S. A .; Int. Cl. A23G 1/00 n. 1986000914053. Nov. 15, 1988.

---

**ANEXOS**

**Anexo 1.** Ficha utilizada no teste sensorial de ordenação-preferência, para a determinação do tempo de torração.

Nome: _____	Data: _____		
Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e avalie-as quanto ao SABOR, ordenando-as em ordem crescente de sua preferência.			
_____	_____	_____	_____
- preferida			+ preferida
Comentários: _____			
_____			

**Anexo 2.** Ficha utilizada no teste sensorial de aceitação realizado no pó de cupuaçu alcalinizado.

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

No. da Amostra \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra de bebida elaborada a partir de amêndoas de cupuaçu. Por favor, observe, aspire e prove a amostra e marque na escala o que você achou:

Em relação à cor:

Desgostei extremamente

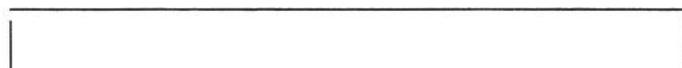
Gostei extremamente

A horizontal line with vertical end caps, representing a scale for color evaluation.

Em relação ao aroma:

Desgostei extremamente

Gostei extremamente

A horizontal line with vertical end caps, representing a scale for aroma evaluation.

Em relação ao sabor:

Desgostei extremamente

Gostei extremamente

A horizontal line with vertical end caps, representing a scale for taste evaluation.

Em relação à impressão global:

Desgostei extremamente

Gostei extremamente

A horizontal line with vertical end caps, representing a scale for overall impression evaluation.

---

O que você mais gostou nessa amostra? \_\_\_\_\_

O que você menos gostou nessa amostra? \_\_\_\_\_

Se este produto estivesse à venda nos mercados, qual seria sua atitude?

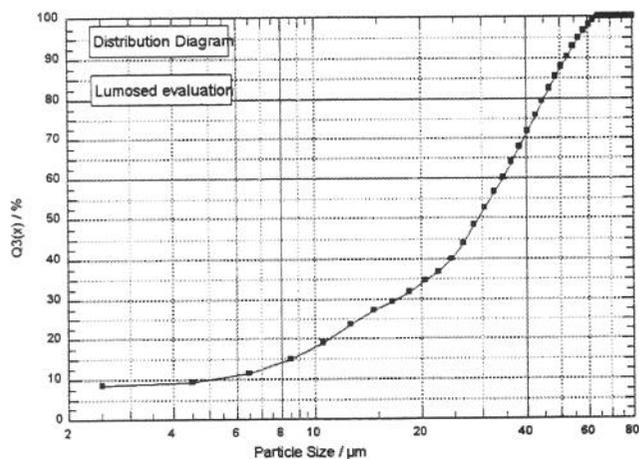
- ( ) Eu certamente não compraria
- ( ) Eu provavelmente não compraria
- ( ) Eu tenho dúvida se compraria ou não
- ( ) Eu provavelmente compraria
- ( ) Eu certamente compraria

Justifique: \_\_\_\_\_

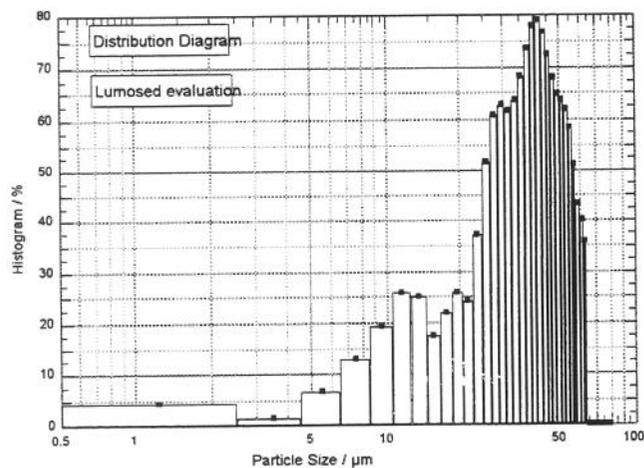
Comentários: \_\_\_\_\_

### Anexo 3. Análise de Granulometria do pó de cupuaçu alcalinizado

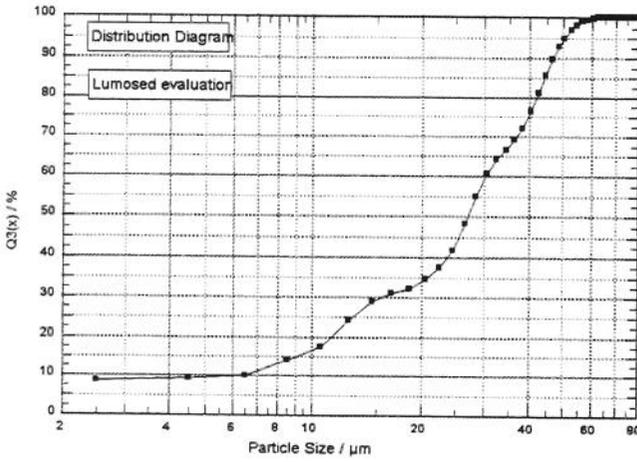
#### Ensaio n.º 1



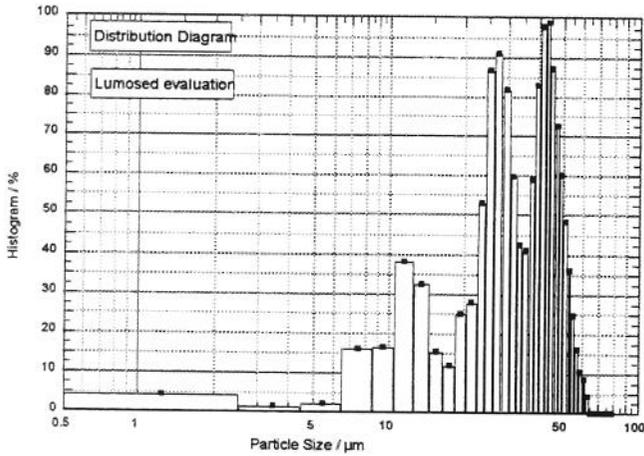
Tempo de leitura [s]	600
$x(Q=10.00\%) [\mu\text{m}]$	5,4
$x(Q=50.00\%) [\mu\text{m}]$	29,5
$x(Q=80.00\%) [\mu\text{m}]$	45,2
$x(Q=90.00\%) [\mu\text{m}]$	52,5
$x(Q=95.00\%) [\mu\text{m}]$	57,2
$x_m [\mu\text{m}]$	29,0
$S_m [\text{cm}^2/\text{g}]$	4905,58
$S_v [\text{cm}^2/\text{cm}^3]$	6578,38
Sauter diameter $[\mu\text{m}]$	9,1
Density $[\text{kg}/\text{m}^3]$	1341
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature $[\text{°C}]$	19,00
Fluid density $[\text{kg}/\text{m}^3]$	791
Fluid	acetona



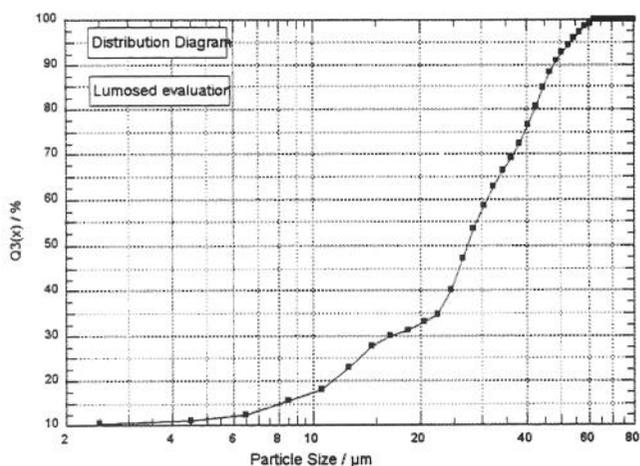
Ensaio n.º 2



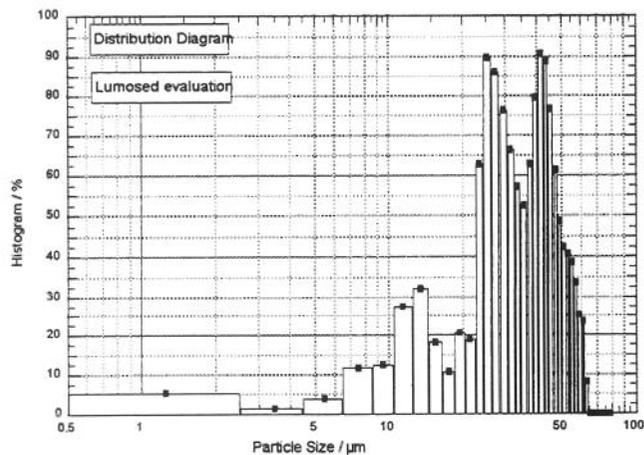
Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [μm]	6,7
x( Q=50.00 % ) [μm]	27,1
x( Q=80.00 % ) [μm]	42,1
x( Q=90.00 % ) [μm]	47,0
x( Q=95.00 % ) [μm]	50,9
xm [μm]	26,9
Sm [cm <sup>2</sup> /g]	4890,74
Sv [cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]	6622,06
Sauter diameter [μm]	9,1
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	1354
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [°C]	19,00
Fluid density [kg/m <sup>3</sup> ]	791
Fluid	acetona



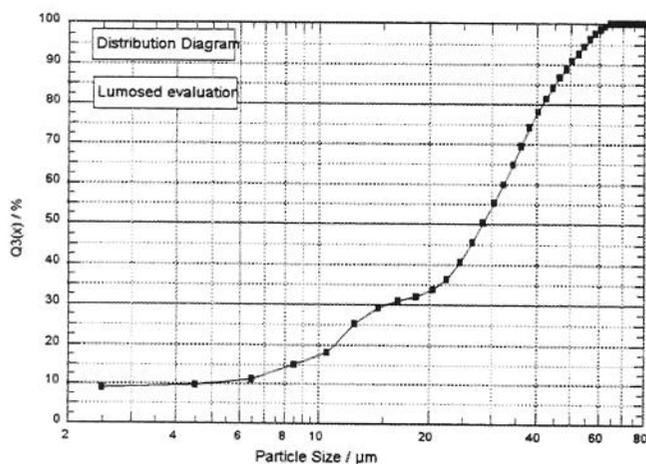
## Ensaio n.º 3



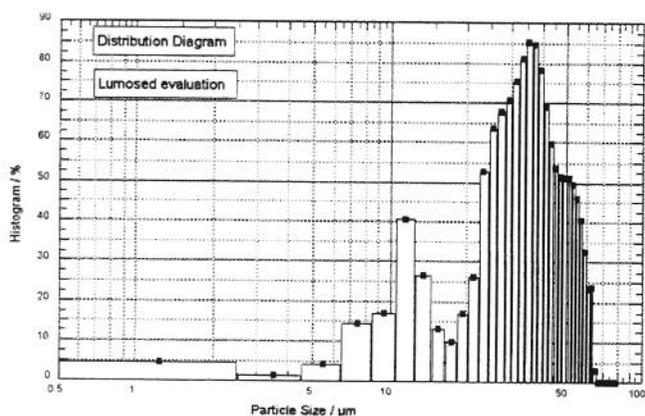
Tempo de leitura [s]	600
$x(Q=10.00\%)$ [ $\mu\text{m}$ ]	2,5
$x(Q=50.00\%)$ [ $\mu\text{m}$ ]	27,5
$x(Q=80.00\%)$ [ $\mu\text{m}$ ]	42,3
$x(Q=90.00\%)$ [ $\mu\text{m}$ ]	48,1
$x(Q=95.00\%)$ [ $\mu\text{m}$ ]	53,7
$x_m$ [ $\mu\text{m}$ ]	27,3
$S_m$ [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	5420,63
$S_v$ [ $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ]	7372,05
Sauter diameter [ $\mu\text{m}$ ]	8,1
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1360
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	19,00
Fluid density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	791
Fluid	acetona



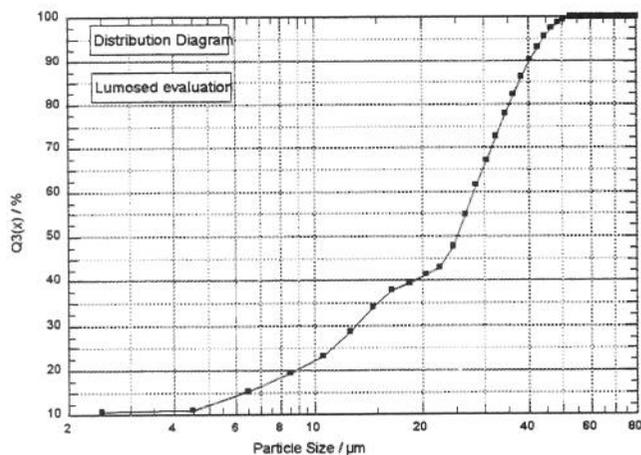
## Ensaio n.º 4



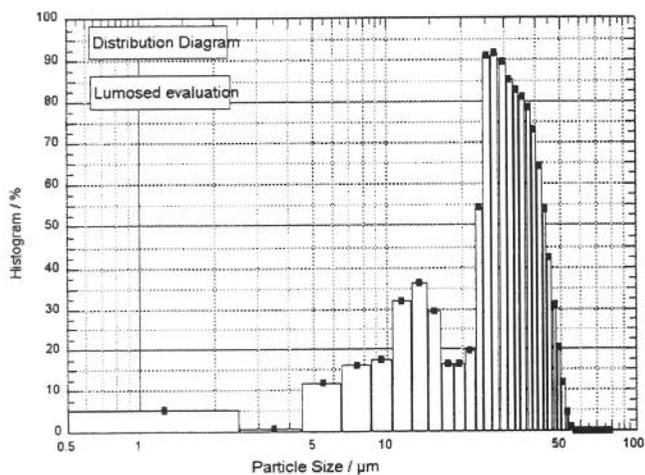
Tempo de leitura [s]	600
x(Q=10.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	5,5
x(Q=50.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	28,4
x(Q=80.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	41,8
x(Q=90.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	50,0
x(Q=95.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	55,4
xm [ $\mu\text{m}$ ]	27,7
Sm [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	5111,80
Sv [ $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ]	6814,02
Sauter diameter [ $\mu\text{m}$ ]	8,8
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1333
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	19,00
Fluid density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	791
Fluid	acetona



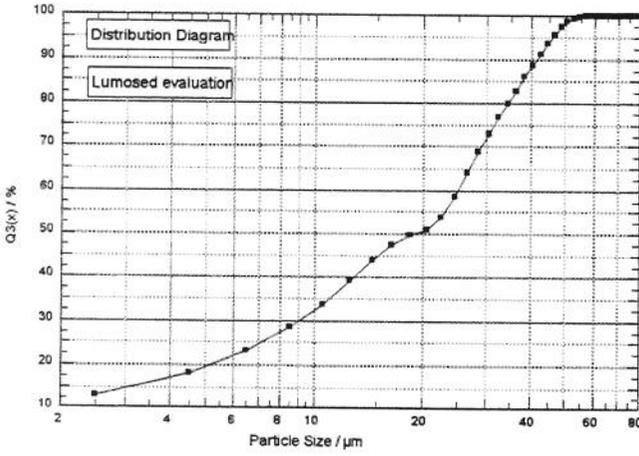
## Ensaio n.º 5



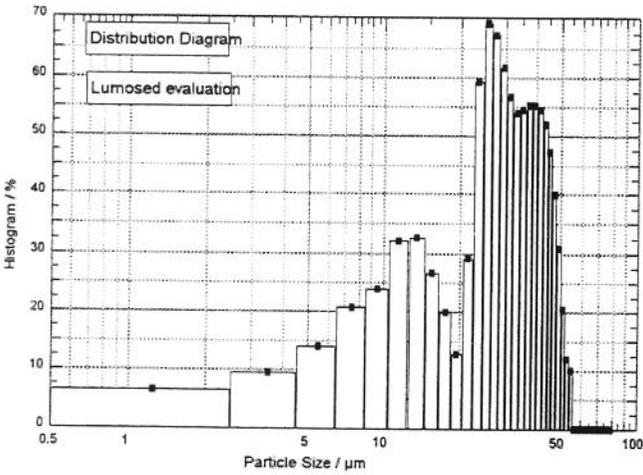
Tempo de leitura [s]	600
x(Q=10.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	2,4
x(Q=50.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	25,2
x(Q=80.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	35,6
x(Q=90.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	40,6
x(Q=95.00 %) [ $\mu\text{m}$ ]	44,2
xm [ $\mu\text{m}$ ]	23,0
Sm [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	5984,90
Sv [ $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ]	8049,70
Sauter diameter [ $\mu\text{m}$ ]	7,5
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1345
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	20,00
Fluid density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	791
Fluid	acetona



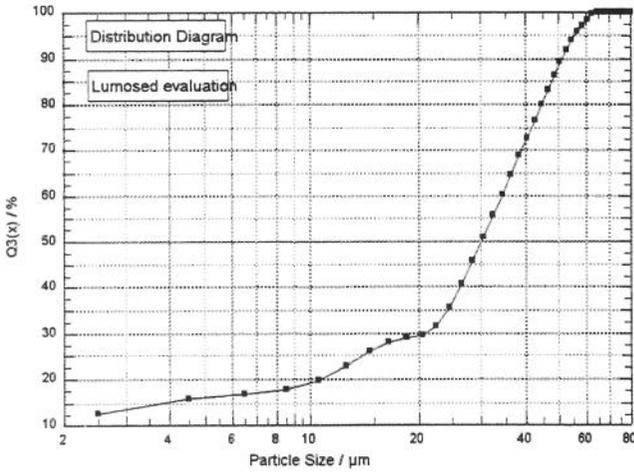
Ensaio n.º 6



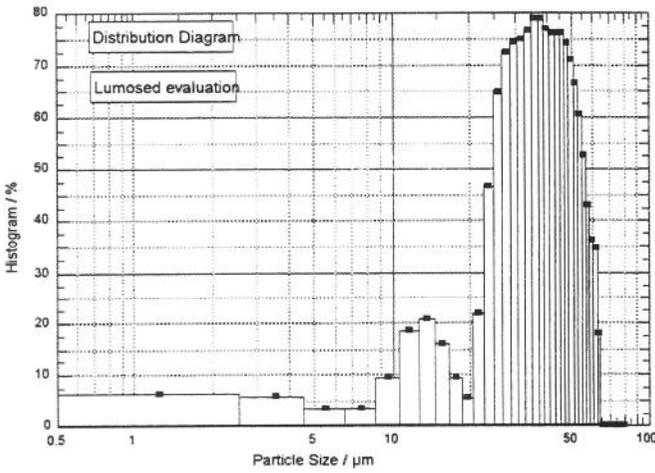
Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [µm]	2,0
x( Q=50.00 % ) [µm]	19,4
x( Q=80.00 % ) [µm]	34,7
x( Q=90.00 % ) [µm]	41,7
x( Q=95.00 % ) [µm]	46,0
xm [µm]	20,5
Sm [cm <sup>2</sup> /g]	7458,07
Sv [cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]	9956,53
Sauter diameter [µm]	6,0
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	1335
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [°C]	20,00
Fluid density [kg/m <sup>3</sup> ]	791
Fluid	acetona



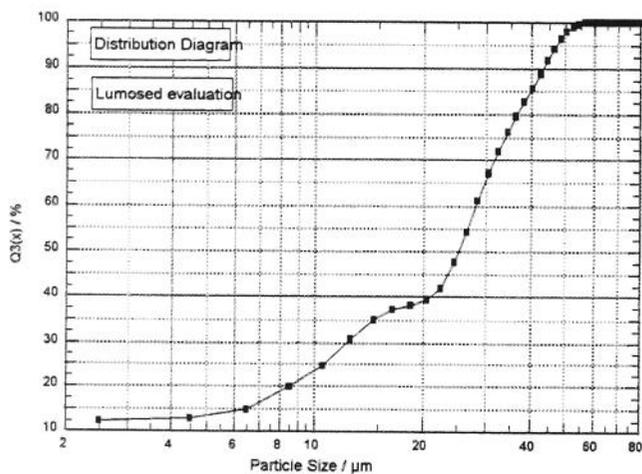
Ensaio n.º 7



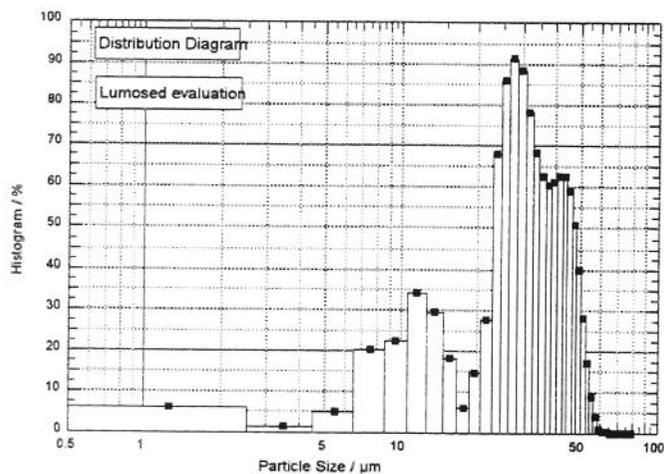
Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [µm]	2,0
x( Q=50.00 % ) [µm]	30,3
x( Q=80.00 % ) [µm]	44,7
x( Q=90.00 % ) [µm]	51,3
x( Q=95.00 % ) [µm]	55,8
xm [µm]	28,9
Sm [cm <sup>2</sup> /g]	6202,79
Sv [cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]	8398,58
Sauter diameter [µm]	7,1
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	1354
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [°C]	20,00
Fluid density [kg/m <sup>3</sup> ]	791
Fluid	acetona



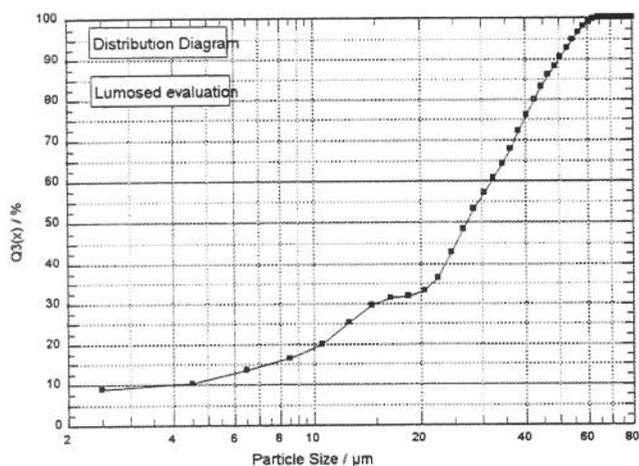
## Ensaio n.º 8



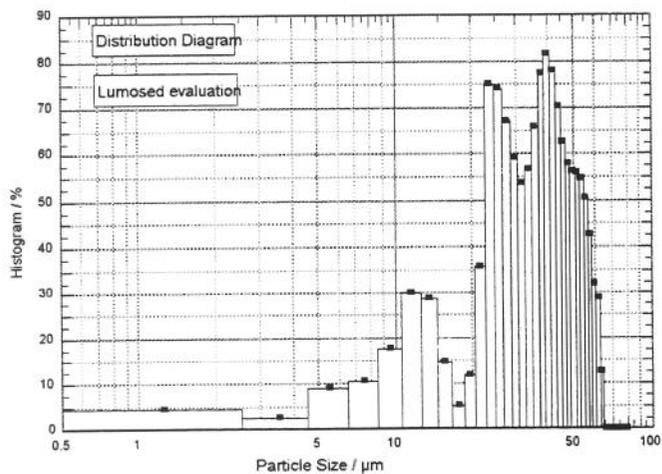
Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	2,1
x( Q=50.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	25,2
x( Q=80.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	36,9
x( Q=90.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	43,5
x( Q=95.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	47,4
xm [ $\mu\text{m}$ ]	23,5
Sm [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	6417,59
Sv [ $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ]	8625,24
Sauter diameter [ $\mu\text{m}$ ]	7,0
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1344
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	21,00
Fluid density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	791
Fluid	acetona



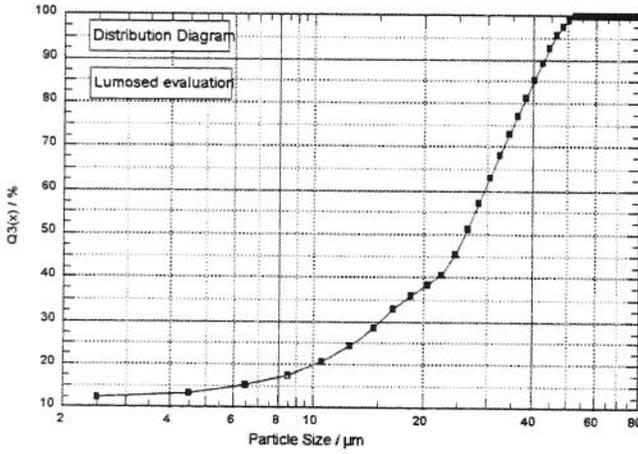
## Ensaio n.º 9



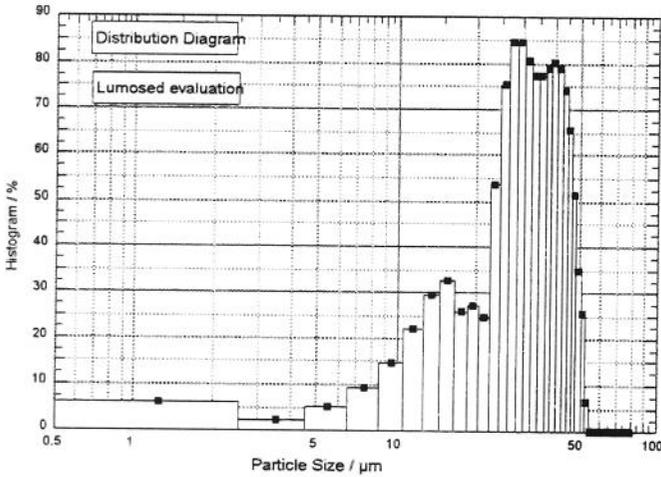
Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [μm]	4,5
x( Q=50.00 % ) [μm]	27,2
x( Q=80.00 % ) [μm]	42,8
x( Q=90.00 % ) [μm]	50,4
x( Q=95.00 % ) [μm]	55,2
xm [μm]	27,5
Sm [cm <sup>2</sup> /g]	5159,00
Sv [cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]	7000,76
Sauter diameter [μm]	8,6
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	1357
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [°C]	21,00
Fluid density [kg/m <sup>3</sup> ]	791
Fluid	acetona



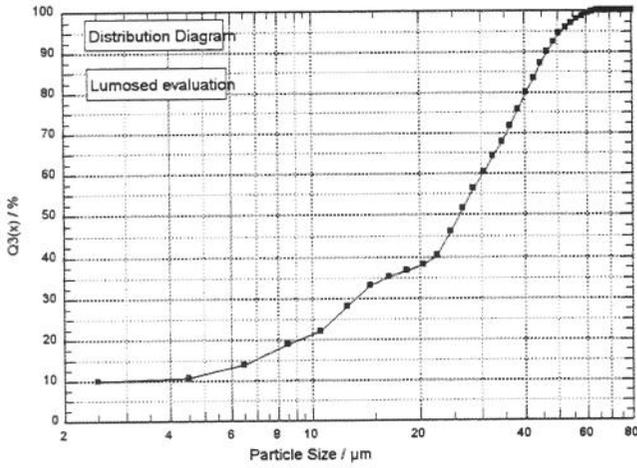
## Ensaio n.º 10



Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	2,1
x( Q=50.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	26,1
x( Q=80.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	38,0
x( Q=90.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	43,1
x( Q=95.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	46,3
xm [ $\mu\text{m}$ ]	24,5
Sm [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	6257,78
Sv [ $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ]	8397,95
Sauter diameter [ $\mu\text{m}$ ]	7,1
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1342
Viscosidade [PaSec]	0,00033
Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	20,00
Fluid density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	791
Fluid	acetona



## Ensaio n.º 11



Tempo de leitura [s]	600
x( Q=10.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	3,3
x( Q=50.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	26,1
x( Q=80.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	40,8
x( Q=90.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	46,8
x( Q=95.00 % ) [ $\mu\text{m}$ ]	51,8
xm [ $\mu\text{m}$ ]	25,7
Sm [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	5636,94
Sv [ $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ]	7570,40
Sauter diameter [ $\mu\text{m}$ ]	7,9
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1343
Viscosity [PaSec]	0,00033
Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	20,00
Fluid density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	791
Fluid	acetona

